

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Электроснабжение микрорайона №10 г.Нягань

Студент

И.М. Комарова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н. О.В. Самолина

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

Тольятти 2021

## Аннотация

Выпускная квалификационная работа (далее по тексту ВКР) по специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» содержит 67 страниц, включая схемы, таблицы и приложения.

Пояснительная записка к ВКР выполнена в соответствии с полученным заданием: «Электроснабжение микрорайона №10 г. Нягань».

В теоретической части преддипломной работы были рассмотрены электрические нагрузки многоквартирных жилых домов, нежилых помещений и учебных центров. На схемах нанесено ориентировочное расположение проектируемых потребителей. Определено номинальное напряжение для сети напряжением 10 кВ для питания подстанций, а также сети напряжением 0,4 кВ, для питания потребителей микрорайона. Для категории потребителей проектируемой сети, определили количество и мощность трансформаторов, а для существующих линий произвели проверочный расчет.

Для строительства сетей определена марка кабеля, а также рассчитано сечение для каждой линии напряжением 10 кВ и 0,4 кВ. По полученным данным произведена проверка по потерям напряжения в кабельных линиях.

## Содержание

Введение .....	5
1 Краткая характеристика города Нягань и микрорайона №10 .....	6
1.1 Существующая схема электроснабжения микрорайона .....	7
1.2 Проектируемая схема электроснабжения микрорайона .....	10
2 Расчет электрических нагрузок микрорайона №10 .....	13
2.1 Расчет существующих электрических нагрузок МКД и нежилых помещений.....	13
2.2 Расчет проектируемых электрических нагрузок МКД и нежилых помещений.....	22
3 Выбор номинальных значений напряжений, количества и мощности силовых трансформаторов.....	30
4 Расчет кабельных линий микрорайона .....	37
4.1 Выбор марки и сечений кабелей .....	37
4.2 Практический расчет кабельных линий.....	39
5 Проверка КЛ по потере напряжения .....	54
Заключение .....	62
Список используемой литературы и используемых источников .....	63
Приложение А Удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир жилых зданий, кВт/квартиру .....	66
Приложение Б Коэффициенты спроса лифтовых установок жилых домов <b>к<sub>С</sub></b> .....	67
Приложение В Коэффициенты спроса электродвигателей санитарно-технических устройств <b>к<sub>С</sub></b> .....	68
Приложение Г Расчетные коэффициенты реактивной мощности.....	69
Приложение Д Ориентировочные расчеты электрических нагрузок общественных зданий .....	71
Приложение Е Коэффициент мощности для расчета силовых сетей общественных зданий .....	73
Приложение Ж Допустимые токовые нагрузки четырехжильных кабелей ...	74

Приложение И Допустимые токовые нагрузки трехжильных кабелей .....	75
Приложение К_Активные и реактивные сопротивления кабелей до 10 кВ ....	76

## Введение

Без электроэнергии невозможна современная жизнь. Каждый потребитель, от жилых домов до крупных предприятий, должен быть обеспечен качественной и надежной электроэнергией. Качество – соответствие определенных показателей качества поставляемой электроэнергии требованиям ГОСТ (частота, провалы напряжения, отклонения напряжения, несинусоидальность напряжения, доза фликера и прочее). Надежность это – свойство обеспечивать непрерывность процесса передачи электроэнергии, в случае технологического нарушения обеспечить скорейшее восстановление электроснабжения и сократить количество отключений на определенном промежутке времени.

Оба этих свойства систем электроснабжения закладываются еще на этапе проектирования, поэтому для инженера-энергетика очень важно обладать навыками проектирования электрических сетей, удовлетворяющих требованиям НТД и ГОСТ.

Целью задания к выпускной квалификационной работе является:

- изучить существующую схему электроснабжения микрорайона,
- изучить проектируемую схему электроснабжения микрорайона,
- рассчитать электрические нагрузки микрорайона,
- определить номинальное значение напряжения,
- определить количество и мощность трансформаторов,
- определить марку и произвести расчет сечения КЛ,
- произвести проверку по потере напряжения в линиях.

При расчетах будет учитываться имущество сетевой организации Акционерного общества «Югорской территориальной энергетической компании – Региональные сети» (АО «ЮТЭК-Региональные сети»).

## **1 Краткая характеристика города Нягань и микрорайона №10**

Город Нягань находится на территории Ханты-Мансийского автономного округа-Югры. Статус города присвоен в 1985 году (прежнее название поселок Нях с 1965 года). Численность населения на 2021 год составляет 58 733 человек.

В 2013 году в городе была построена Няганская ГРЭС (конденсационная тепловая электрическая станция) электрической мощностью 1361 МВт и тепловой мощностью 59,7 Гкал/ч. Она выдает электроэнергию классом напряжения 220 кВ и 500 кВ. Электроэнергия поступает в энергосистему ХМАО, юга Тюменской области, Урала. 7,3 % энергии от общей выработки Няганской ГРЭС получает Тюмень.

Климат города приравнен к районам Крайнего Севера (континентальный, с продолжительной зимой и коротким теплым летом). «Среднегодовая температура воздуха-(-1,4) °С, Относительная влажность воздуха-75,0%, средняя скорость ветра – 3,0 м/с, среднегодовое количество осадков-535 мм» [5].

Так как город молодой (36 лет), он с каждым годом активно развивается в сфере строительства. Население города увеличивается, а это значит, что увеличивается потребность в многоквартирных домах для проживания и инфраструктуре.

Строительство микрорайона №10 началось относительно недавно. Поэтому, на территории находится не так много жилых комплексов. Но в планах администрации города построить школу, детский сад, парк и т.д. Микрорайон находится в центре города, общая площадь составляет 36 534,00 м<sup>2</sup>. Он ограничен ул. Ленинградской, ул. Ленина, ул. Загородных, ул. Сергинской. Сейчас на территории находятся и сторонние трансформаторные подстанции (далее по тексту ТП), но в данной пояснительной записке мы будем рассматривать имущество сетевой организации: АО «ЮТЭК-Региональные сети».

## 1.1 Существующая схема электроснабжения микрорайона

Для начала рассмотрим уже существующую схему электроснабжения микрорайона №10. На 2021 год на территории микрорайона расположены пять жилых многоквартирных домов (далее по тексту МКД), одно нежилое помещение (офис), Няганский технологический колледж и студенческое общежитие. Шесть МКД находятся на этапе строительства. В данном микрорайоне для всех потребителей используется напряжение 0,4 кВ и категория надежности II. II категория потребляет мощность от двух КЛ, которые в свою очередь запитаны от разных трансформаторов в подстанции. Это дает возможность равномерно распределить нагрузку по вводам и фазам. Информация о потребителях электроэнергии предоставлена в таблице 1.

Таблица 1-Потребители электрической энергии на территории микрорайона №10

<b>Потребитель</b>	<b>Кол-во квартир</b>	<b>Кол-во этажей</b>	<b>Категория надежности</b>
Жилой дом №17	108	9	II
Жилой дом №16	144	9	II
Жилой дом №15	108	9	II
Нежилое помещение	60	2	II
Жилой дом №11	167	9	II
Жилой дом №11А	167	9	II
Колледж	1000	3	II
Общежитие (учебное)	199	8	II

На рисунке 1 отмечены три существующие ТП, от которых запитаны определенные жилые дома, помещения и учебные центры.





Подробнее распишем данные по существующим сетям микрорайона. Известны марка и сечение проложенных КЛ и от таких ТП запитан каждый потребитель.

Трансформаторная подстанция (далее по тексту ТП) №10-01 (2х1000 кВА), питает Няганский технологический колледж и общежитие к нему. Ориентировочная протяженность КЛ-0,4 кВ и марка кабеля:

- общежитие-60 м, марка кабеля-АВБбШв,
- колледж-320 м, марка кабеля-АВБбШв.

ТП №10-02 (630 кВА) снабжает электроэнергией многоквартирные жилые дома №17, №16, №15 и нежилое помещение (офис).

Ориентировочная протяженность КЛ-0,4 и марка кабеля:

- дом №17-210 м, марка кабеля АВБШвнг,
- дом №16-300 м, марка кабеля АВБШвнг,
- дом №15-320 м, марка кабеля АВБШвнг,
- офисное помещение-400 м, марка кабеля АВБШвнг.

Дома №11, №11А запитаны от ТП №10-03 (2х1000 кВА).

Ориентировочная протяженность КЛ-0,4 и марка кабеля:

- дом №11-100 м, марка кабеля АВБШвнг,
- дом №11А-100 м, марка кабеля АВБШвнг.

В свою очередь каждая ТП питается от распределительной подстанции (далее по тексту РП) №23, которая запитана от двух понизительных подстанций (далее по тексту ПС):

- ПС 110/04 кВ «Чульчам» (АО Россети Тюмень) мощностью 2х40МВА,
- ПС 110/04 кВ «Чара» (АО Югорская региональная энергетическая компания) мощностью 2х25МВА.

Каждый потребитель электроэнергии в микрорайоне запитан от ТП двумя кабельными линиями, категория надежности энергопринимающих устройств для всех вторая.

## 1.2 Проектируемая схема электроснабжения микрорайона

Микрорайон развивается достаточно быстро. В этом году будет достроен еще один МКД, два дома на подготовке к строительству. Так же в проекте постройка школы на 1100 мест и еще трех МКД.

Для электроснабжения потребителей потребуется построить как минимум одну подстанцию. Точное количество, мощность, тип и местонахождение ТП будут определены в пояснительной записке к ВКР.

Исходя из приблизительного проекта строительства, определим данные для проектируемых потребителей электрической энергии на территории микрорайона №10 и внесем в таблицу 2.

Таблица 2-Проектируемые потребители электрической энергии на территории микрорайона №10

<b>Потребители</b>	<b>Кол-во квартир</b>	<b>Кол-во этажей</b>	<b>Категория надежности</b>
МКД №12	108	9	II
МКД №13	108	9	II
МКД №14	108	9	II
Школа	1100	3	II
МКД №20	48	5	II
МКД №19	167	9	II
МКД №18	108	9	II

На рисунке 2 размещено ориентировочное расположение потребителей.

Исходя из расчетов, в дальнейшем на схему нанесем кабельные линии (далее по тексту КЛ) и их ориентировочную протяженность, а также расположение ТП.

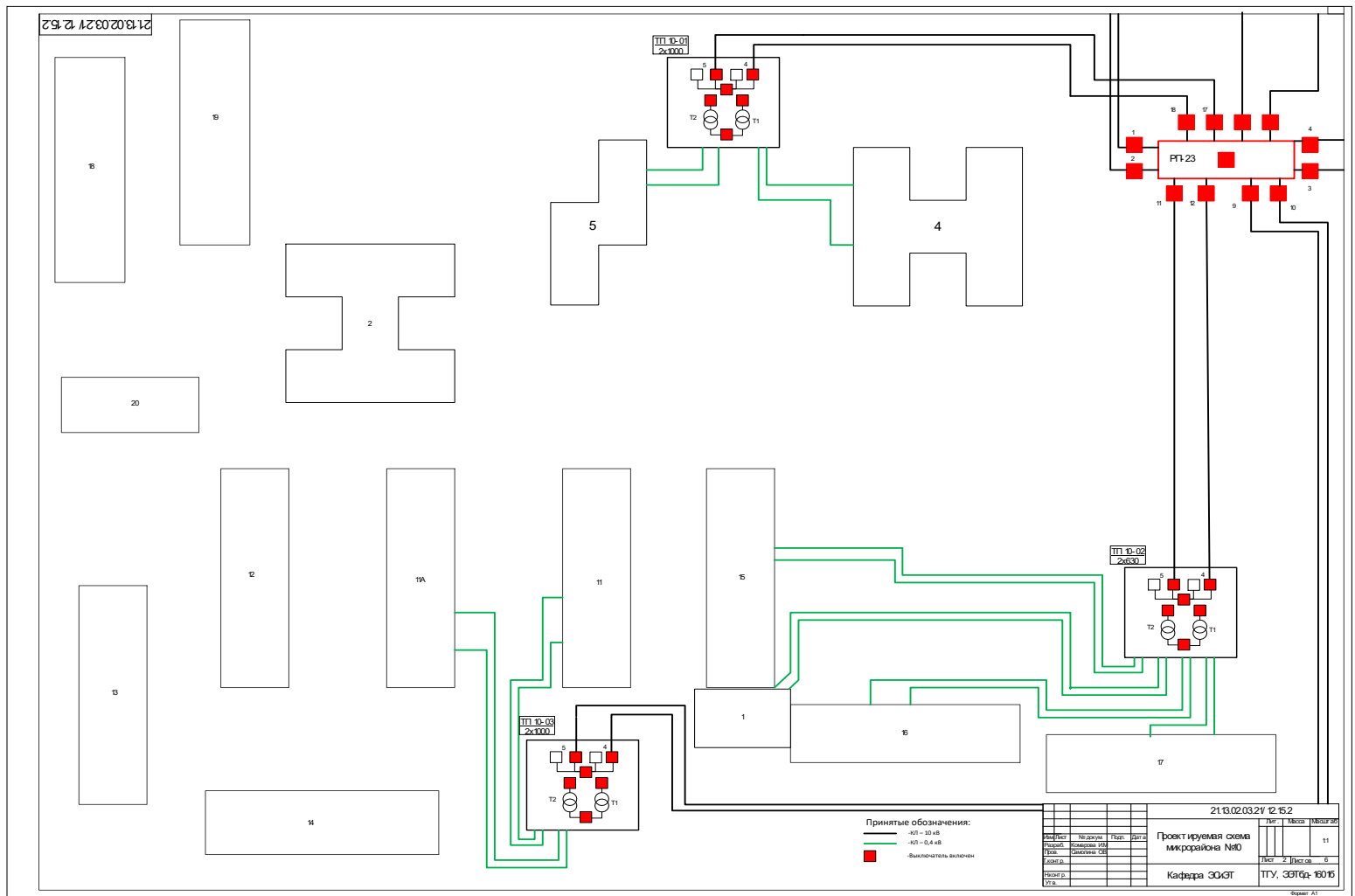


Рисунок 2-Проектируемая схема электроснабжения микрорайона №10 г.Нягани

Вывод. В данном разделе была рассмотрена существующая схема электроснабжения, а также проектируемая схема для потребителей микрорайона №10. Исходя из таблицы 1 и таблицы 2 к выпускной квалификационной работе, можно сделать вывод, что основными потребителями электроэнергии являются многоквартирные дома и нежилые помещения (школа, колледж, общежитие, офис).

Для проектируемой схемы электроснабжения, данные приведены ориентировочно, основываясь на уже существующих потребителях микрорайона.

Для пяти жилых многоквартирных домов были выбраны 9 этажей, с количеством квартир 108 и 167. Для одного пятиэтажного дома-48 квартир. Школа рассчитана на 1100 мест. Категория надежности для всех проектируемых сетей потребителей устанавливается II, как и для уже существующих.

От существующей ТП №10-03 запроектировано присоединить три проектируемых дома №12, 13, 14.

Для сети электроснабжения проектируемых домов №20, 19, 18 и школы нужно произвести расчеты для определения мощности и количества требуемых трансформаторов, а также определим кабельные линии.

## 2 Расчет электрических нагрузок микрорайона №10

### 2.1 Расчет существующих электрических нагрузок МКД и нежилых помещений

Основываясь на «рекомендации по расчету нагрузок жилых и общественных зданий СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий» [16] и «РД 34.20.185-94 Инструкция по проектированию городских электрических сетей» [15], с помощью формул определим нагрузку каждого потребителя электрической энергии. «В их число входят жилые дома (МКД), общественные здания, коммунально-бытовые предприятия и так далее. Так же, сюда входят элементы систем электроснабжения, такие как распределительные линии ТП, центры питания и так далее» [4].

Так как в нашем микрорайоне уже есть действующие потребители электрической энергии, будет проведена проверка по уже имеющимся данным из таблицы 1, а также произведем расчеты для проектируемых потребителей по данным таблицы 2.

Чтобы произвести расчет нагрузок для МКД, для начала необходимо определить общую нагрузку квартир в доме. Для этого будет использована следующая формула:

$$P_{\text{КВ}} = P_{\text{КВ.уд}} \cdot n, \quad (1)$$

где  $P_{\text{КВ.уд}}$ -удельная расчетная электрическая нагрузка квартир;

$n$ -число квартир.

Коэффициент  $P_{\text{КВ.уд}}$  определим из Таблицы А.1-Удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир жилых зданий в Приложении А.

Так как в приложении А указано количество квартир с определённым промежутком 100-200 квартир, а по нашим данным количество квартир находится в промежутке, то промежуточное число нужно рассчитать путем интерполяции по формуле:

$$P_{\text{КВ.УД}(N_{\text{КВ}})} = P_{\text{КВ.УД}(N_1)} - \frac{P_{\text{КВ.УД}(N_1)} - P_{\text{КВ.УД}(N_2)}}{N_2 - N_1} \cdot (P_{\text{КВ}} - N_1) \quad (2)$$

В нашем случае, во всех МКД установлены электрические плиты мощностью 8,5 кВт. Теперь, когда нам известны все данные из формулы (2), произведем расчеты для существующих потребителей электрической энергии:

Жилой дом №17:

$$P_{\text{КВ.УД}\text{№}17} = 1,5 - \frac{1,5 - 1,36}{200 - 100} \cdot (108 - 100) = 1,4888 \text{ кВт/кв},$$

$$P_{\text{КВ}\text{№}17} = 1,4888 \cdot 108 = 160,79 \text{ кВт}.$$

Жилой дом №16:

$$P_{\text{КВ.УД}\text{№}16} = 1,5 - \frac{1,5 - 1,36}{200 - 100} \cdot (144 - 100) = 1,4384 \text{ кВт/кв},$$

$$P_{\text{КВ}\text{№}16} = 1,4384 \cdot 144 = 207,13 \text{ кВт}.$$

Жилой дом №15:

$$P_{\text{КВ.УД}\text{№}15} = 1,5 - \frac{1,5 - 1,36}{200 - 100} \cdot (108 - 100) = 1,4888 \text{ кВт/кв},$$

$$P_{\text{КВ}\text{№}15} = 1,4888 \cdot 108 = 160,79 \text{ кВт}.$$

Жилой дом №11:

$$P_{\text{КВ.УД№11}} = 1,5 - \frac{1,5 - 1,36}{200 - 100} \cdot (167 - 100) = 1,4062 \text{ кВт/кв},$$

$$P_{\text{КВ№11}} = 1,4062 \cdot 167 = 234,83 \text{ кВт}.$$

Жилой дом №11А:

$$P_{\text{КВ.УД№11А}} = 1,5 - \frac{1,5 - 1,36}{200 - 100} \cdot (167 - 100) = 1,4062 \text{ кВт/кв},$$

$$P_{\text{КВ№11А}} = 1,4062 \cdot 167 = 234,83 \text{ кВт}.$$

По формуле (3) рассчитаем расчетную нагрузку силовых электроприемников, подведенных к вводу каждого МКД:

$$P_C = P_{\text{Л.У.}} + P_{\text{Ст.У}} \quad (3)$$

По данным таблицы 1 количество этажей в каждом многоквартирном доме не превышает 9. Это значит, что на каждый подъезд рассчитана одна лифтовая установка (один электродвигатель). Номинальная мощность каждого ЭД равна 3 кВт. Чтобы использовать для расчета формулу (3), нужно определить мощность лифтовых установок. Для этого используем формулу:

$$P_{\text{Л.У.}} = k_C \cdot \sum_1^n P_{\text{Л.У.}} \quad (4)$$

Известное количество ЭД внесем в таблицу 3, чтобы в дальнейшем использовать эти данные при расчетах.

Коэффициенты спроса лифтовых установок, указанные в правилах РД 34.20.185-94, определим по Таблице Б.1 в Приложении Б, согласно количеству этажей в доме и количеству ЭД.

А также нам известна сама максимальную мощность ЭД, которая равно 3 кВт.

Таблица 3-Количество ЭД на каждый МКД

Количество квартир в домах	Количество лифтовых установок на жилой дом
108	3
144	4
108	3
167	5
167	5

МКД № 17 имеет 108 квартир, 3 ЭД мощностью 3 кВт каждый.  
Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{Л.У.№17} = 0,8 \cdot (4 \cdot 3) = 7,2 \text{ кВт}$$

МКД № 16 имеет 144 квартиры, 4 ЭД мощностью 3 кВт каждый.  
Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,7:

$$P_{Л.У.№16} = 0,7 \cdot (4 \cdot 3) = 8,4 \text{ кВт}$$

МКД № 15 имеет 108 квартир, 3 ЭД мощностью 3 кВт каждый.  
Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{Л.У.№15} = 0,8 \cdot (4 \cdot 3) = 7,2 \text{ кВт}$$

МКД № 11 имеет 167 квартир, 5 ЭД мощностью 3 кВт каждый.  
Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{Л.У.№11} = 0,8 \cdot (5 \cdot 3) = 12 \text{ кВт}$$

МКД № 11А имеет 167 квартир, 5 ЭД мощностью 3 кВт каждый.



Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{Л.У.№11А} = 0,8 \cdot (5 \cdot 3) = 12 \text{ кВт}$$

Так же в каждом доме установлены электродвигатели санитарно-технические устройства, рассчитать их мощность можно по формуле:

$$P_{СТ.У} = k''_c \cdot \sum_1^n P_{СТ.У} \quad (5)$$

Коэффициент спроса электродвигателей санитарно-технических устройств определим по таблице В.1 из Приложения В. Так же, на 10 квартир приходится один электродвигатель санитарно-технических устройств, мощность которого 1 кВт. Получившиеся при расчетах количества ЭД на МКД, полученные числа округляются в большую сторону.

В доме №17-108 квартир, при этом на каждые 10 квартир рассчитан 1 электродвигатель санитарно-технических устройств. При расчете по формуле (2) на дом приходится 11 ЭД. А коэффициент спроса ЭД устройств равен 0,7:

$$P_{СТ.У№17} = 0,7 \cdot (11 \cdot 1) = 7,7 \text{ кВт}$$

Таким же способом узнаем остальные значения по всем МКД.

МКД №16-144 квартиры, 15 ЭД санитарно-технических устройств, а коэффициент спроса электродвигателей равен 0,65, согласно таблице В.1 Приложение В.

$$P_{СТ.У№16} = 0,65 \cdot (15 \cdot 1) = 9,75 \text{ кВт}$$

Дом №15-108 квартир, 11 ЭД, коэффициент спроса-0,7.

$$P_{СТ.У№15} = 0,7 \cdot (11 \cdot 1) = 7,7 \text{ кВт}$$

МКД №11-167 квартир, 17 электродвигателей санитарно-технических устройств, коэффициент спроса ЭД санитарно-технических устройств-0,65:

$$P_{\text{СТ.У}}^{\text{№11}} = 0,65 \cdot (17 \cdot 1) = 11,05 \text{ кВт}$$

МКД №11А-167 квартир, 17 электродвигателей, коэффициент спроса электродвигателей санитарно-технических устройств равен 0,65:

$$P_{\text{СТ.У}}^{\text{№11А}} = 0,65 \cdot (17 \cdot 1) = 11,05 \text{ кВт}$$

Теперь нужно определить расчетную нагрузку на каждый дом. Для этого используем формулу:

$$P_{\text{С}} = P_{\text{Л.У}} + P_{\text{СТ.У}} \quad (6)$$

Подставим в формулу (6) данные:

$$\begin{aligned} P_{\text{С}}^{\text{№17}} &= 7,2 + 7,7 = 14,9 \text{ кВт}, \\ P_{\text{С}}^{\text{№16}} &= 8,4 + 9,75 = 18,15 \text{ кВт}, \\ P_{\text{С}}^{\text{№15}} &= 7,2 + 7,7 = 14,9 \text{ кВт}, \\ P_{\text{С}}^{\text{№11}} &= 12 + 11,05 = 23,05 \text{ кВт}, \\ P_{\text{С}}^{\text{№11А}} &= 12 + 11,05 = 23,05 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

Для того, чтобы получить расчетную электрическую нагрузку на каждый жилой дом (квартир и силовых электроприемников) используем формулу:

$$P_{\text{Р.Ж.Д.}} = P_{\text{КВ}} + k_{\text{У}} \cdot P_{\text{С}} \quad (7)$$

Подставим в формулу (7) полученные ранее данные:

$$\begin{aligned}
P_{P.Ж.Д.№17} &= 160,79 + 0,9 \cdot 14,9 = 174,20 \text{ кВт}, \\
P_{P.Ж.Д.№16} &= 207,13 + 0,9 \cdot 18,15 = 223,46 \text{ кВт}, \\
P_{P.Ж.Д.№15} &= 160,79 + 0,9 \cdot 14,9 = 174,20 \text{ кВт}, \\
P_{P.Ж.Д.№11} &= 234,83 + 0,9 \cdot 23,05 = 255,57 \text{ кВт}, \\
P_{P.Ж.Д.№11A} &= 234,83 + 0,9 \cdot 23,05 = 255,57 \text{ кВт}.
\end{aligned}$$

Полную мощность нагрузки МКД и питающей его линии рассчитаем по формуле:

$$S_{\text{расч}} = \frac{P_{P.Ж.Д.}}{\cos\varphi} \quad (8)$$

Расчетные коэффициенты реактивной мощности жилых домов  $\cos\varphi$  определим по таблице Г.1 из Приложения Г:

$$\begin{aligned}
S_{\text{расч.№17}} &= \frac{174,20}{0,98} = 177,75 \text{ кВА}, \\
S_{\text{расч.№16}} &= \frac{223,46}{0,98} = 228,02 \text{ кВА}, \\
S_{\text{расч.№15}} &= \frac{174,20}{0,98} = 177,75 \text{ кВА}, \\
S_{\text{расч.№11}} &= \frac{255,57}{0,98} = 260,78 \text{ кВА}, \\
S_{\text{расч.№11A}} &= \frac{255,57}{0,98} = 260,78 \text{ кВА}.
\end{aligned}$$

И в заключении рассчитаем расчетное значение силы тока для каждого МКД. Для этого используем формулу:

$$S_{\text{расч}} = \frac{S_{\text{расч}}}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (9)$$

И подставим наши значения:

$$I_{\text{№17}} = \frac{177,75}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 256,56 \text{ A,}$$

$$I_{\text{№16}} = \frac{228,02}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 329,11 \text{ A,}$$

$$I_{\text{№15}} = \frac{177,75}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 256,56 \text{ A,}$$

$$I_{\text{№11}} = \frac{260,78}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 376,40 \text{ A,}$$

$$I_{\text{№11A}} = \frac{260,78}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 376,40 \text{ A.}$$

Расчеты для МКД произведены, теперь приступим к расчетам нагрузок нежилых помещений и учебных центров по таблице Д.1 из Приложения Д.

Так же, как и для домов рассчитаем нагрузку по формуле (10):

$$P_{\text{расч}} = P_{\text{уд}} \cdot n \quad (10)$$

Из таблицы Е.1-Коэффициент мощности для расчета силовых сетей общественных зданий, используем коэффициент  $P_{\text{уд}}$ .

Для офисного помещения используем коэффициент 0,054:

$$P_{\text{расч№1}} = 0,54 \cdot 60 = 32,4 \text{ A}$$

Для колледжа используем коэффициент 0,46:

$$P_{\text{расч№4}} = 0,46 \cdot 1000 = 460 \text{ A}$$

Для студенческого общежития используем коэффициент 0,46:

$$P_{\text{расч№5}} = 0,46 \cdot 300 = 138 \text{ А}$$

Как и для многоквартирных домов, рассчитаем полную мощность нагрузки общественных зданий по формуле:

$$S_{\text{расч}} = \frac{P_{\text{расч}}}{\cos\varphi}, \quad (11)$$

Коэффициент допустимых токовых нагрузок для четырехжильных кабелей определим в таблице Ж.1 из Приложение Ж:

Для офисного помещения 0,85:

$$S_{\text{№1}} = \frac{32,4}{0,85} = 38,11 \text{ кВА}$$

Для колледжа 0,9:

$$S_{\text{№4}} = \frac{460}{0,9} = 511,11 \text{ кВА}$$

Для общежития 0,85:

$$S_{\text{№5}} = \frac{138}{0,85} = 162,35 \text{ кВА}$$

Расчетное значение силы тока рассчитаем по формуле (9):

$$I_{\text{№1}} = \frac{32,4}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 46,76 \text{ А,}$$

$$I_{\text{№4}} = \frac{460}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 663,95 \text{ A,}$$

$$I_{\text{№5}} = \frac{162,35}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 234,33 \text{ A.}$$

Все полученные данные внесем в таблицу 4.

Таблица 4-Результаты расчетов

Потребитель	n	P <sub>уд</sub> , кВт	P <sub>расч</sub> , кВт	cosφ	S <sub>расч</sub> , кВА	I, А
МКД №17	108	1,4888	174,20	0,98	177,75	256,56
МКД №16	144	1,4384	223,46	0,98	228,02	329,11
МКД №15	108	1,4888	174,20	0,98	177,75	256,56
Нежилое помещение (офис)	60	0,054	32,4	0,85	38,11	46,76
МКД №11	167	1,4062	255,57	0,98	260,78	376,40
МКД №11А	167	1,4062	255,57	0,98	260,78	376,40
Колледж	1000	0,46	460	0,9	511,11	663,95
Общежитие	300	0,46	138	0,85	162,35	234,33

В результате мы узнали значения для каждого потребителя существующей схемы электроснабжения.

## 2.2 Расчет проектируемых электрических нагрузок МКД и нежилых помещений

Для расчета проектируемых электрических нагрузок проектируемой сети электроснабжения микрорайона, будут использоваться те же способы расчетов, что и для существующей.

Данные для расчета проектируемой сети, указаны в таблице 2, к выпускной работе.

Определяем расчетную электрическую нагрузку квартир и расчетную электрическую нагрузку силовых электроприемников:

Жилой дом №12:

$$P_{\text{КВ.УД№12}} = 1,5 - \frac{1,5 - 1,36}{200 - 100} \cdot (108 - 100) = 1,4888 \text{ кВт/кв},$$

$$P_{\text{КВ№12}} = 1,4888 \cdot 108 = 160,79 \text{ кВт}.$$

Жилой дом №13:

$$P_{\text{КВ.УД№13}} = 1,5 - \frac{1,5 - 1,36}{200 - 100} \cdot (108 - 100) = 1,4888 \text{ кВт/кв},$$

$$P_{\text{КВ№13}} = 1,4888 \cdot 108 = 160,79 \text{ кВт}.$$

Жилой дом №14:

$$P_{\text{КВ.УД№14}} = 1,5 - \frac{1,5 - 1,36}{200 - 100} \cdot (108 - 100) = 1,4888 \text{ кВт/кв},$$

$$P_{\text{КВ№14}} = 1,4888 \cdot 108 = 160,79 \text{ кВт}.$$

Жилой дом №20:

$$P_{\text{КВ.УД№20}} = 1,95 - \frac{1,95 - 1,7}{60 - 40} \cdot (48 - 40) = 1,85 \text{ кВт/кв},$$

$$P_{\text{КВ№20}} = 1,85 \cdot 48 = 160,79 \text{ кВт}.$$

Жилой дом №19:

$$P_{\text{КВ.УД№19}} = 1,5 - \frac{1,5 - 1,36}{200 - 100} \cdot (167 - 100) = 1,4062 \text{ кВт/кв},$$

$$P_{\text{КВ№19}} = 1,4062 \cdot 167 = 234,83 \text{ кВт}.$$

Определить расчётную нагрузку силовых электроприемников, подведенных к ВРУ каждого МКД, можно следующими действиями.

В таблице 5 указано количество ЭД лифтовых установок для потребителей проектируемой схемы электроснабжения. Опираясь на эти данные, будет рассчитана нагрузка силовых электроприемников.

Таблица 5-Количество ЭД на каждый МКД

Количество квартир в МКД	Количество ЭД лифтовых установок
108	3
108	3
108	3
48	нет
167	5
108	3

МКД № 12 имеет 108 квартир, 3 ЭД мощностью 3 кВт каждый. Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{Л.У.№12} = 0,8 \cdot (4 \cdot 3) = 7,2 \text{ кВт}$$

МКД № 13 имеет 108 квартир, 3 ЭД мощностью 3 кВт каждый. Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{Л.У.№13} = 0,8 \cdot (4 \cdot 3) = 7,2 \text{ кВт}$$

МКД № 14 имеет 108 квартир, 3 ЭД мощностью 3 кВт каждый. Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{Л.У.№14} = 0,8 \cdot (4 \cdot 3) = 7,2 \text{ кВт}$$



Для МКД №20 расчет производится не будет, так как в доме всего 5 этажей, и установка лифта в данном МКД не требуется.

МКД № 19 имеет 167 квартир, 5 ЭД мощностью 3 кВт каждый. Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{Л.У.№19} = 0,8 \cdot (5 \cdot 3) = 12 \text{ кВт}$$

МКД № 18 имеет 108 квартир, 3 ЭД мощностью 3 кВт каждый. Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{Л.У.№18} = 0,8 \cdot (4 \cdot 3) = 7,2 \text{ кВт}$$

Рассчитаем мощность электродвигателей санитарно-технических устройств:

Дом №12 - 108 квартир, 11 электродвигателей санитарно-технических устройств, коэффициент спроса электродвигателей санитарно-технических устройств равен 0,7:

$$P_{СТ.У№12} = 0,7 \cdot (11 \cdot 1) = 7,7 \text{ кВт}$$

В доме №13 108 квартир, 11 ЭД, коэффициент спроса - 0,7:

$$P_{СТ.У№13} = 0,7 \cdot (11 \cdot 1) = 7,7 \text{ кВт}$$

МКД №14 имеет 108 квартир, 11 электродвигателей санитарно-технических устройств, коэффициент спроса электродвигателей санитарно-технических устройств равен 0,7:

$$P_{СТ.У№14} = 0,7 \cdot (11 \cdot 1) = 7,7 \text{ кВт}$$

МКД №20 - 48 квартир, 5 электродвигателей санитарно-технических устройств, коэффициент спроса равен 0,8:

$$P_{\text{СТ.УН}^{\#20}} = 0,8 \cdot (5 \cdot 1) = 4 \text{ кВт}$$

Дом №19 - 167 квартир, 17 электродвигателей, коэффициент спроса устройств равен 0,65:

$$P_{\text{СТ.УН}^{\#19}} = 0,65 \cdot (17 \cdot 1) = 11,05 \text{ кВт}$$

МКД №18 имеет 108 квартир. Исходя из того, что на 10 квартир приходится 1 ЭД, то на 108 квартир будет приходится 11 электродвигателей санитарно-технических устройств. Тогда коэффициент спроса электродвигателей санитарно-технических устройств равен 0,7:

$$P = 0,7 \cdot (11 \cdot 1) = 7,7 \text{ кВт}$$

Определим расчетную нагрузку силовых электроприемников для каждого жилого дома по формуле (6):

$$P_{\text{СН}^{\#12}} = 7,2 + 7,7 = 14,9 \text{ кВт},$$

$$P_{\text{СН}^{\#13}} = 7,2 + 7,7 = 14,9 \text{ кВт},$$

$$P_{\text{СН}^{\#14}} = 7,2 + 7,7 = 14,9 \text{ кВт},$$

$$P_{\text{СН}^{\#20}} = 4 \text{ кВт},$$

$$P_{\text{СН}^{\#19}} = 12 + 11,05 = 23,05 \text{ кВт},$$

$$P_{\text{СН}^{\#18}} = 7,2 + 7,7 = 14,9 \text{ кВт}.$$

По формуле (7) рассчитаем расчетную электрическую нагрузку для каждого жилого дома, по полученным ранее данным:

$$P_{P.Ж.Д.№12} = 160,79 + 0,9 \cdot 14,9 = 174,20 \text{ кВт},$$

$$P_{P.Ж.Д.№13} = 160,79 + 0,9 \cdot 14,9 = 174,20 \text{ кВт},$$

$$P_{P.Ж.Д.№14} = 160,79 + 0,9 \cdot 14,9 = 174,20 \text{ кВт},$$

$$P_{P.Ж.Д.№20} = 88,8 + 0,9 \cdot 4 = 92,47 \text{ кВт},$$

$$P_{P.Ж.Д.№19} = 234,83 + 0,9 \cdot 23,05 = 255,57 \text{ кВт},$$

$$P_{P.Ж.Д.№18} = 160,79 + 0,9 \cdot 14,9 = 174,20 \text{ кВт}.$$

Для расчета полной мощности нагрузки для каждого потребителя используем формулу (8):

$$S_{\text{расч.№12}} = \frac{174,20}{0,98} = 177,75 \text{ кВА},$$

$$S_{\text{расч.№13}} = \frac{174,20}{0,98} = 177,75 \text{ кВА},$$

$$S_{\text{расч.№13}} = \frac{174,20}{0,98} = 177,75 \text{ кВА},$$

$$S_{\text{расч.№20}} = \frac{92,47}{0,98} = 94,35 \text{ кВА},$$

$$S_{\text{расч.№19}} = \frac{255,57}{0,98} = 260,78 \text{ кВА},$$

$$S_{\text{расч.№18}} = \frac{174,20}{0,98} = 177,75 \text{ кВА}.$$

Рассчитаем расчетное значение силы тока для каждого МКД. Для этого используем формулу (9):

$$I_{\text{№12}} = \frac{177,75}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 256,56 \text{ А},$$

$$I_{\text{№13}} = \frac{177,75}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 256,56 \text{ А},$$

$$I_{\text{№14}} = \frac{177,75}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 256,56 \text{ А},$$

$$I_{\text{№20}} = \frac{94,35}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 136,18 \text{ A,}$$

$$I_{\text{№19}} = \frac{260,78}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 376,40 \text{ A,}$$

$$I_{\text{№18}} = \frac{177,75}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 256,56 \text{ A.}$$

Для каждого дома нагрузки произведены в соответствии с формулами. По полученным данным будут рассчитываться остальные значения. Теперь нужно рассчитать электрические нагрузки для нежилых помещений. В нашем случае это школа с количеством мест-1100.

Для расчета используем формулу (10).

Для школы с электрифицированными столовыми и спортзалами, согласно приложению Д, коэффициент составит 0,25:

$$P_{\text{расч№2}} = 0,25 \cdot 1100 = 275 \text{ A}$$

Для расчета полной мощности нежилых помещений используем формулу (11):

$$S_{\text{№1}} = \frac{275}{0,95} = 289,47 \text{ кВА}$$

Расчетное значение силы тока рассчитаем по формуле 9:

$$I_{\text{№1}} = \frac{275}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 396,92 \text{ A}$$

И так, для проектируемой сети электроснабжения для потребителей жилых домов и общественных зданий расчеты произведены.

Используемые для формул указанных выше, значения, а так же полученные результаты в ходе произведенных расчетов внесем в таблицу 6, для дальнейшего использования в работе.

Подведем итоги по значениям для проектируемой сети электроснабжения.

Таблица 6-Результаты расчетов для проектируемых потребителей

Наименование	n	$P_{уд}$ , кВт	$P_{расч}$ , кВт	cosφ	$S_{расч}$ , кВА	I, А
Жилой дом №12	108	1,4888	174,20	0,98	177,75	256,56
Жилой дом №13	108	1,4888	174,20	0,98	177,75	256,56
Жилой дом №14	108	1,4888	174,20	0,98	177,75	256,56
Школа	1100	0,25	275	0,95	289,47	396,92
Жилой дом №20	48	1,85	92,47	0,98	94,35	136,18
Жилой дом №19	167	1,4062	255,57	0,98	260,78	376,40
Жилой дом №18	108	1,488	174,20	0,98	177,75	256,56

Вывод. В ходе исследования был произведен проверочный расчет электрических нагрузок для существующей схемы электроснабжения. В итоге данные совпали с запрашиваемой мощностью потребителей (уже присоединенных к электрическим сетям). Общая мощность составила 1816,65 кВА.

А также, произвели расчет по данным для проектируемой схемы электроснабжения. Общая номинальная мощность для всех потребителей составила 1355,6 кВА.

### **3 Выбор номинальных значений напряжений, количества и мощности силовых трансформаторов**

При выборе количества и мощности трансформаторов, нужно учитывать, что микрорайон развивается, увеличивается потребляемая мощность. В будущем планируется постройка культурно-развлекательных центров, школ, нежилых помещений, а также новых МКД. «Вся система городского электроснабжения, представляет собой единую систему, поэтому построение этой системы очень важная часть в проектировании» [14]. Нужно рассмотреть схему электроснабжения микрорайона с перспективой развития, как минимум на 5 лет.

«Согласно требованиям разделов ПУЭ, надежность электроснабжения, обеспечиваемая электрической сетью микрорайона, должна находиться в пределах указанных правил, где устанавливается объем резервных элементов системы для питания потребителей города на полную мощность при различных режимах ее работы. При выборе расчетных режимов, нужно учесть плановые и аварийные отключения отдельных элементов системы, отключения одновременно нескольких элементов при авариях» [18]. Система электроснабжения микрорайона №10 запитана от двух источников питания электроэнергии ПС 110/04 кВ «Чульчам» (АО Россети Тюмень) мощностью 2x40МВА и ПС 110/04 кВ «Чара» (АО ЮРЭСК) мощностью 2x25МВА. Это нужно для того, чтобы при аварийной ситуации оперативно-диспетчерская служба произвела переключение питания с одного источника на другой.

«Чтобы определить число и мощность трансформаторов, нужно учесть следующие немаловажные факторы, такие как: категории надежности потребителей, потребность в компенсации реактивной мощности низковольтных нагрузок; перегрузочная способность трансформаторов в нормальном и аварийном режимах; шкала стандартных мощностей трансформаторов; экономичные режимы работы трансформаторов в зависимости от графиков нагрузки» [19].

«Задача выбора количества и мощности трансформаторов в микрорайоне считается оптимизационной. Нужно произвести некоторые расчеты, чтобы верно определить количество и номинальную мощность, необходимую для бесперебойного и качественного электроснабжения потребителей. При этом, возможно достичь минимального количества расходов при обеспечении данной степени надежности электроснабжения» [6].

«В системах электроснабжения в основном применяются одно и двух трансформаторные подстанции. Трехтрансформаторные подстанции используются реже, т.к. с их установкой затраты на строительство сильно увеличиваются. Для их установки требуется веское обоснование» [12].

«Однотрансформаторные подстанции напряжением 6-10/0,4-0,23 кВ, может применяться для питания нагрузок потребителей, где допускается прерывание электроснабжения на время не более одних суток. В это время проводится ремонт или замена поврежденных элементов. Их применяют для питания III категории и для II категории, при условии резервирования мощности по переключкам на вторичном напряжении или при наличии «складского» резерва трансформаторов» [2].

«Так же, стоит учесть, что однотрансформаторные подстанции выгодны для предприятия тем, что если работа предприятия сопровождается периодами малых нагрузок, то за счет наличия переключек между ТП на вторичном напряжении можно отключать часть трансформаторов, создавая этим экономически целесообразный режим работы (происходят минимальные потери мощности в трансформаторе)» [17].

«Для двухтрансформаторных подстанций также необходим складской резерв для быстрого восстановления нормального питания потребителей в случае выхода из строя одного трансформатора на длительный срок. Оставшийся в работе трансформатор должен обеспечивать электроснабжение всех потребителей I категории на время замены поврежденного трансформатора» [14].

«В соответствии с ГОСТ 14209-85 и 11677-85 шкала номинальных мощностей силовых трансформаторов имеет значения: 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600, 2500 кВА» [11]. В случае с нашими данными, на территории микрорайона №10 установлены три ТП мощностью номиналом в 1000кВА, 630 кВА, 1000 кВА и планируется строительство ТП номинальной мощностью 630 кВА.

«В настоящее время значительная часть ТП выполняется комплектными (КТП) и во всех случаях, когда этому не препятствуют условия окружающей среды и обслуживания, устанавливаются открыто» [11].

Для электроснабжения жилых микрорайонов города чаще всего применяется двухлучевая схема распределительной сети. Как мы видим на Рисунке 3-Двухлучевая схема распределительной сети, питание ТП производится от двух линий.

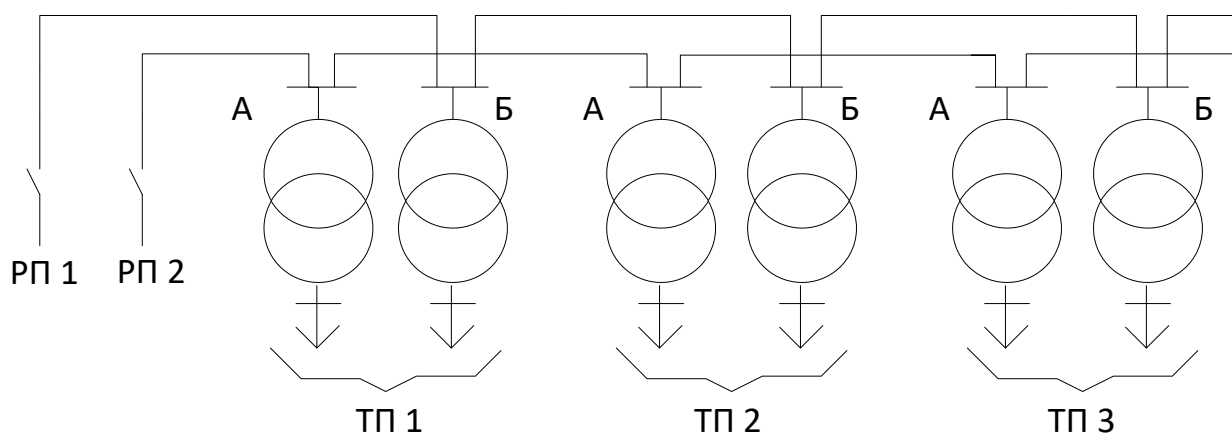


Рисунок 3-Двухлучевая схема распределительной сети

Каждая линия (А и Б) питает свой трансформатор, так что при исчезновении на какой либо линии, нагрузка автоматически переключается благодаря контакторам. Это позволяет обеспечить бесперебойную подачу электроэнергии на подстанцию.



Основными потребителями электроэнергии являются потребители II категории надежности. Это значит, что число трансформаторов будет равно двум. Коэффициент загрузки для II категории будет равен 0,85.

Суммируем полученную полную расчетную мощность из таблицы 4 по всем строениям в микрорайоне и получим суммарную полную расчетную мощность – 1816,65 кВА.

Для этой категории потребителей уже установлены три ТП №10-01 мощностью 2х1000 кВА, №10-02 мощностью 2х630 кВА и №10-03 мощностью 2х1000 кВА. От ТП №10-03 запитаны дома 11 и 11А, так же, от неё планируют запитать еще три проектируемых дома 12, 13 и 14.

Для категории проектируемых домов из таблицы 5, суммарная полная расчетная мощность составила 1355,6 кВА.

Ориентировочный выбор числа и мощности трансформаторов произведем по удельной плотности нагрузки:

Для существующих:

$$\sigma = \frac{S_{\text{НАГР}}}{F} = \frac{1816,65}{36544} = 0,049$$

Для проектируемых:

$$\sigma = \frac{S_{\text{НАГР}}}{F} = \frac{1355,6}{36544} = 0,037$$

Произведем расчет номинальной мощности трансформатора для существующих ТП. На рисунке 1 указано расположение существующих подстанций.

ТП № 10-01 10/0,4 кВ:

От ТП № 10-01 10/0,4 кВ присоединяется нагрузка колледжа и студенческого общежития. Определим суммарную нагрузку:

$$S_{\text{НАГР}} = S_{\text{№4}} + S_{\text{№5}} = 511,11 + 162,35 = 673,46$$

Далее определим расчетную номинальную мощность трансформатора:

$$S_{\text{Т.НОМ.расч}} = \frac{S_{\text{НАГР}}}{n \cdot k_3} = \frac{673,46}{2 \cdot 0,85} = 396,15 \text{ кВА}$$

Для этой категории потребителей была построена ТП мощностью 1000 кВА.

Тип трансформаторов в ТП - ТМГ11-1000/10-У1.

ТП № 10-02:

К данной ТП подключается нагрузка МКД №17, 16, 15 и офисное помещение. Определим суммарную нагрузку:

$$\begin{aligned} S_{\text{НАГР}} &= S_{\text{№17}} + S_{\text{№16}} + S_{\text{№15}} + S_{\text{№1}} = 177,75 + 228,02 + 177,75 + 38,11 = \\ &= 621,63 \text{ кВА} \end{aligned}$$

Далее определим расчетную номинальную мощность трансформатора:

$$S_{\text{Т.НОМ.расч}} = \frac{S_{\text{НАГР}}}{n \cdot k_3} = \frac{621,63}{2 \cdot 0,85} = 365,66 \text{ кВА}$$

Мощность установленной ТП для этой категории потребителей, составляет 630 кВА.

Тип трансформаторов в ТП - ТМГ11-630/10.

К ТП № 10-03 10/0,4 кВ присоединяется нагрузка МКД №11, 11А, а также проектируемые жилые дома №12, 13, 14.

Определим суммарную нагрузку для этих домов.

Для этого понадобится полная мощность нагрузки для каждого потребителя из таблиц 4 и 6:

$$S_{\text{НАГР}} = S_{\text{№11}} + S_{\text{№11А}} + S_{\text{№12}} + S_{\text{№13}} + S_{\text{№14}} =$$

$$= 260,78 + 260,78 + 177,75 + 177,75 + 177,75 = 1054,81 \text{ кВА}$$

Исходя из результата определим расчетную номинальную мощность трансформатора:

$$S_{\text{Т.НОМ.расч}} = \frac{S_{\text{НАГР}}}{n \cdot k_3} = \frac{1054,81}{2 \cdot 0,85} = 620,47 \text{ кВА}$$

Из полученной номинальной расчетной мощности, ближайший номинал трансформатора 1000 кВА.

Тип трансформаторов в ТП-ТМГ11-1000/10.

ТП № 10-04:

К данной проектируемой ТП присоединяется нагрузка МКД №20, 19, 18, а также здание школы. Определим суммарную нагрузку:

$$S_{\text{НАГР}} = S_{\text{№20}} + S_{\text{№19}} + S_{\text{№18}} + S_{\text{№2}} = 94,35 + 260,78 + 177,75 + 289,47 =$$

$$= 822,35 \text{ кВА}$$

Расчетная номинальная мощность:

$$S_{\text{Т.НОМ.расч}} = \frac{822,35}{2 \cdot 0,85} = 483,73 \text{ кВА}$$

Из полученного результата, выберем трансформатор мощностью ближайшей большей к  $S_{\text{Т.НОМ.расч}}$  мощностью 630 кВА.

Тип трансформаторов, так же как и для других ТП определим-ТМГ.

Установленные трансформаторы рассчитаны на умеренный климат в городе и выдерживают температурный режим от плюс 40 до минус 45.

После того, как была осуществлена проверка номинальной мощности существующих трансформаторов в подстанции, а так же определена мощность трансформаторов для проектируемой подстанции, внесем результаты расчетов в таблицу 7.

Таблица 7-Выбор трансформаторов

<b>ТП</b>	<b>Потребитель</b>	<b>S<sub>расч</sub>, кВА</b>	<b>S<sub>нагр</sub>, кВА</b>	<b>S<sub>т.ном.расч</sub>, кВА</b>	<b>S<sub>т.ном</sub>, кВА</b>
10-01 10/0,4 кВ	Колледж	511,11	673,46	396,15	1000
	Общежитие	162,35			
10-02 10/0,4 кВ	Жилой дом № 17	177,75	621,63	365,66	630
	Жилой дом № 16	228,02			
	Жилой дом № 15	177,75			
	Офис	38,11			
10-03 10/0,4 кВ	Жилой дом № 11	260,78	1054,81	620,47	1000
	Жилой дом № 11А	260,78			
	Жилой дом № 12	177,75			
	Жилой дом № 13	177,75			
	Жилой дом № 14	177,75			
10-04 10/0,4 кВ	Жилой дом № 20	94,35	822,35	483,73	630
	Жилой дом № 19	260,78			
	Жилой дом № 18	177,75			
	Школа	289,47			

Вывод. Номинальное значение напряжение 10 кВ (для питания подстанций от РП) и напряжение 0,4 кВ для питания потребителей электрической энергии. Требуется проектирование одной ТП мощностью 630 кВА (для МКД 12, 13, 14 и школы). Для электроснабжения проектируемых домов №12, 13, 14, выбрана ТП №10-03 номинальной мощностью 1000 кВА.

## **4 Расчет кабельных линий микрорайона**

«Из-за ограниченного пространства в проектировании электроснабжения микрорайона, строительство ВЛ практически не происходит. При таких условиях, самым оптимальным вариантом для электроснабжения, будет КЛ, хоть и не самым простым и дешевым. Что уж говорить о том, что если произойдет повреждение кабеля, находящегося в земле. Больших трудов и затрат обойдет починка линии. Так же как и сама по себе прокладка этой линии. Для кабельных линий, существует необходимость создания резервных линий, так как определение места повреждения может занять продолжительное время» [3].

Но так же важно учесть и положительные преимущества. Для КЛ используется небольшая территория, и удовлетворяются необходимые градостроительные и экологические требования. А так же, подземные линии защищены от многочисленных случайных повреждений и атмосферных воздействий.

«Нужно учитывать при проектировании местные условия. Какие свойства у грунта, способ прокладки, в каком месте будет расположена КЛ, способ соединения, а так же заземление оболочек кабелей. Так же, может понадобиться замена грунта, если на участке окажется высокое сопротивление» [20].

### **4.1 Выбор марки и сечений кабелей**

Для сети электроснабжения микрорайона напряжением 0,4 кВ, был выбран кабель марки АВБбШв (рисунок 4).

Кабель АВБбШв состоит из:

- алюминиевой токопроводящей жилы,
- изоляции из ПВХ пластиката,
- заполнение из ПВХ пластиката или не вулканизированной резиновой смеси – для придания кабелю практически круглой

формы внутренние и наружные промежутки между изолированными жилами должны быть заполнены,

- внутренняя оболочка из ПВХ пластиката,
- броня из стальных оцинкованных лент,
- защитный шланг из ПВХ пластиката.



Рисунок 4-Кабель АВБШВ

Для передачи электроэнергии от ПС «Чульчам» через РП-23 и до каждой ТП, при напряжении 10 кВ, был выбран трёхжильный провод марки ААБл (рисунок 5). Состоит он из:

- трёх алюминиевых токопроводящих жил с площадью поперечного сечения 50 мм<sup>2</sup>,
- фазная бумажная изоляция, пропитанная вязким изоляционным пропиточным составом,
- заполнение из бумажных жгутов,
- поясная бумажная изоляция, пропитанная вязким изоляционным пропиточным составом,

- экран из электропроводящей бумаги,
- алюминиевая оболочка,
- подушка (битумный состав или битум, ленты полиэтилентерефталатные, крепированная бумага или кабельная пропитанная, битумный состав или битум, крепированная бумага или кабельная пропитанная, битумный состав или битум),
- Броня из стальных оцинкованных лент,
- Наружный покров (битумный состав или битум, или вязкий подклеивающий состав, пропитанная кабельная пряжа или стеклянная пряжа из штапелированного волокна, битумный состав или битум, или вязкий подклеивающий состав, покрытие, предохраняющее витки кабеля от слипания).
- 



Рисунок 5-Кабель ААБл

«Кабель предназначен для эксплуатации в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом» [8].

#### 4.2 Практический расчет кабельных линий

Основную часть потребителей в микрорайоне №10 составляют электроприемники второй категории надежности электроснабжения. Они

запитаны от двух независимых источников питания. Как в нашем случае РП-23 запитана от ПС «Чульчам» и ПС «Чара». В случае аварии на одной линии, оперативно-диспетчерская служба получает сигнал об аварии, и устраняет её.

Для того, чтобы определить расчетный ток в линии используем формулу:

$$I_{\text{расч}} = \frac{S_{\text{НАГР}}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}, \quad (12)$$

где  $S_{\text{НАГР}}$  – полная расчетная мощность на участке;

$n$  – число КЛ;

$U_{\text{НОМ}}$  - номинальное напряжение сети. В нашем случае это 10 кВ и 0,4 кВ.

Так же для определения сечения КЛ, необходимо знать значение тока в послеаварийном режиме. Для этого используем формулу:

$$I_{\text{АР}} = \frac{S_{\text{НАГР}}}{(n-1) \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}, \quad (13)$$

где  $S_{\text{НАГР}}$  – полная расчетная мощность на участке;

$n$  – число КЛ (послеаварийный режим предусматривает неисправность одной из КЛ);

$U_{\text{НОМ}}$  - номинальное напряжение сети.

«Немаловажно верно рассчитать длительно допустимую токовую нагрузку кабеля. При некорректно полученном значении, в процессе эксплуатации провод будет перегреваться, что может привести к короткому замыканию или повреждению изоляции и возгоранию» [1].

Длительно допустимую токовую нагрузку можно определить по формуле:

$$I_{\text{доп}} = \frac{I_{\text{АР}}}{k_{\text{пер}} \cdot k_{\text{сн}} \cdot k}, \quad (14)$$



где  $I_{AP}$  – значение тока в послеаварийном режиме;

$k_{пер}$  – коэффициент 1,13 – коэффициент перегрузки;

$k_{сн}$  – коэффициент 0,93 – коэффициент снижения;

$k$  – коэффициент (ПУЭ).

Согласно рисунку 1 и 2 к пояснительной записке, от ПС «Чульчам» и ПС «Чара» запитана РП №23, а от РП №23 распределяется электроэнергия до каждой ТП. Будет рассчитываться сеть напряжением 10 кВ от РП №23 до всех ТП. Для Потребителей, запитанных от ТП запроектирована сеть напряжением 0,4 кВ.

Для начала определим расчетный ток в линии РП-23-ТП №10-01 10/0,4 кВ, по формуле (12) указанной выше:

$$I_{расч} = \frac{3172,25}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 91,57 \text{ А}$$

Ток в линии при аварийном режиме рассчитывается по формуле (13):

$$I_{AP} = \frac{3172,25}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 183,15 \text{ А}$$

И формуле (14), определим длительно допустимую токовую нагрузку:

$$I_{доп} = \frac{183,15}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,92} = 189,43 \text{ А}$$

Выберем кабель сечением ААБл-3 х 192.

Определим расчетный ток линий для всех ТП таким же способом.

ТП №10-02:

$$I_{\text{расч}} = \frac{2498,79}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 72,13 \text{ А,}$$

$$I_{\text{АР}} = \frac{2498,79}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 144,26 \text{ А,}$$

$$I_{\text{доп}} = \frac{183,15}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,92} = 149,21 \text{ А.}$$

Выберем кабель сечением ААБл-3 х 70

ТП №10-03:

$$I_{\text{расч}} = \frac{1877,16}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 54,19 \text{ А,}$$

$$I_{\text{АР}} = \frac{1877,16}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 108,38 \text{ А,}$$

$$I_{\text{доп}} = \frac{183,15}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,92} = 112,10 \text{ А.}$$

Выберем кабель сечением ААБл-3 х 50

ТП №10-04:

$$I_{\text{расч}} = \frac{822,35}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 54,19 \text{ А,}$$

$$I_{\text{АР}} = \frac{822,35}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 108,38 \text{ А,}$$

$$I_{\text{доп}} = \frac{183,15}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,92} = 112,10 \text{ А.}$$

Выберем кабель сечением ААБл-3 х 16.

Для сети напряжением 10 кВ определили кабель и сечения, согласно расчетам.

Теперь для каждого потребителя, сети напряжением 0,4 кВ рассчитаем таким же способом:

КЛ проходящая от ТП 10-01 10/0,4 кВ до вводных распределительных установок Няганского колледжа, определим расчетный ток в линии и тока при аварийном режиме:

$$I_{\text{расч}} = \frac{511,11}{4 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 184,43 \text{ А,}$$
$$I_{\text{АР}} = \frac{511,11}{(4 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 245,90 \text{ А.}$$

Длительно допустимую токовую нагрузку так же определим:

$$I_{\text{доп}} = \frac{245,90}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,84} = 278,56 \text{ А}$$

Выберем кабель АВБбШв сечением-4х185 (Приложение Ж).

КЛ от ТП 10-01 до общежития к колледжу.

Расчетный ток в линии и при аварийном режиме:

$$I_{\text{расч}} = \frac{162,35}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 117,16 \text{ А,}$$
$$I_{\text{АР}} = \frac{162,35}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 234,33 \text{ А.}$$

И длительно допустимую токовую нагрузку:

$$I_{\text{доп}} = \frac{234,33}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,92} = 242,37 \text{ А}$$

Кабель АВБбШв-4 х 150.

КЛ отходящая от ТП №10-02 до ВРУ дома №17.

Определим расчетный ток в линии и при аварийном режиме:

$$I_{\text{расч}} = \frac{177,75}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 128,28 \text{ A,}$$

$$I_{\text{AP}} = \frac{177,75}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 256,56 \text{ A.}$$

Определим длительно допустимую токовую нагрузку:

$$I_{\text{доп}} = \frac{256,56}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,92} = 265,36 \text{ A}$$

Кабель АВБбШв-4 х 185.

От ТП 10-02 до дома №16 расчетный ток в линии и при аварийном режиме:

$$I_{\text{расч}} = \frac{228,02}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 164,56 \text{ A,}$$

$$I_{\text{AP}} = \frac{228,02}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 237,52 \text{ A.}$$

Длительно допустимая токовая нагрузка:

$$I_{\text{доп}} = \frac{237,52}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,92} = 245,66 \text{ A}$$

Кабель АВБбШв-4 х 150.

КЛ отходящая от ТП №10-02 до ВРУ дома №15

Определим расчетный ток в линии и при аварийном режиме:

$$I_{\text{расч}} = \frac{177,75}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 128,28 \text{ A,}$$

$$I_{AP} = \frac{177,75}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 256,56 \text{ A.}$$

Длительно допустимую токовую нагрузку:

$$I_{доп} = \frac{256,56}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,92} = 265,36 \text{ A}$$

Кабель АВБбШв-4 х 185.

КЛ от ТП 10-02 до нежилого помещения (Офис) определим расчетный ток в линии и при аварийном режиме:

$$I_{расч} = \frac{38,11}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 27,50 \text{ A,}$$

$$I_{AP} = \frac{38,11}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 55 \text{ A.}$$

Определим длительно допустимую токовую нагрузку:

$$I_{доп} = \frac{55}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,92} = 56,89 \text{ A}$$

Кабель АВБбШв-4 х 16.

КЛ от ТП 10-03 до дома №11 расчетный ток в линии и при аварийном режиме:

$$I_{расч} = \frac{260,78}{3 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 125,46 \text{ A,}$$

$$I_{AP} = \frac{260,78}{(3 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 188,20 \text{ A.}$$

Определим длительно допустимую токовую нагрузку:

$$I_{\text{доп}} = \frac{188,20}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,87} = 205,84 \text{ А}$$

Выберем кабель сечением АВБбШв - 4 х 120.

От ТП 10-03 до дома №11А

Определим расчетный ток в линии и при аварийном режиме:

$$I_{\text{расч}} = \frac{260,78}{3 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 125,46,$$
$$I_{\text{АР}} = \frac{260,78}{(3 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 188,20 \text{ А.}$$

Длительно допустимую токовую нагрузку:

$$I_{\text{доп}} = \frac{188,20}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,87} = 205,84 \text{ А}$$

Кабель АВБбШв - 4 х 120.

От ТП 10-03 до дома №12

Определим расчетный ток в линии и при аварийном режиме:

$$I_{\text{расч}} = \frac{177,75}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 128,28 \text{ А,}$$
$$I_{\text{АР}} = \frac{177,75}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 256,56 \text{ А.}$$

Длительно допустимую токовую нагрузку:

$$I_{\text{доп}} = \frac{256,56}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,92} = 265,36 \text{ А}$$

Кабель АВББШВ - 4 x 185.

От ТП 10-03 до №13

Определим расчетный ток в линии и при аварийном режиме:

$$I_{\text{расч}} = \frac{177,75}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 128,28 \text{ А,}$$
$$I_{\text{АР}} = \frac{177,75}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 256,56 \text{ А.}$$

Длительно допустимую токовую нагрузку:

$$I_{\text{доп}} = \frac{256,56}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,92} = 265,36 \text{ А}$$

Кабель АВББШВ - 4 x 185.

КЛ от ТП 10-03 до дома №14

Определим расчетный ток в линии и при аварийном режиме:

$$I_{\text{расч}} = \frac{177,75}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 128,28 \text{ А,}$$
$$I_{\text{АР}} = \frac{177,75}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 256,56 \text{ А.}$$

Определим длительно допустимую токовую нагрузку:

$$I_{\text{доп}} = \frac{256,56}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,92} = 265,36 \text{ А}$$

Кабель АВББШВ - 4 x 185.

КЛ от ТП 10-04 до дома №20

Определим расчетный ток в линии и при аварийном режиме:

$$I_{\text{расч}} = \frac{94,35}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 68,09 \text{ А,}$$

$$I_{\text{АР}} = \frac{94,35}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 137,62 \text{ А.}$$

Определим длительно допустимую токовую нагрузку:

$$I_{\text{доп}} = \frac{137,62}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,92} = 142,34 \text{ А}$$

Кабель АВБбШв - 4 х 70.

КЛ от ТП 10-04 до дома №19

Определим расчетный ток в линии и при аварийном режиме:

$$I_{\text{расч}} = \frac{260,78}{3 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 125,46 \text{ А,}$$

$$I_{\text{АР}} = \frac{260,78}{(3 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 188,20 \text{ А.}$$

Определим длительно допустимую токовую нагрузку:

$$I_{\text{доп}} = \frac{188,20}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,87} = 205,84 \text{ А}$$

Кабель АВБбШв - 4 х 120.

КЛ от ТП 10-04 до дома №18

Определим расчетный ток в линии и при аварийном режиме:

$$I_{\text{расч}} = \frac{177,75}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 128,28 \text{ А,}$$

$$I_{\text{АР}} = \frac{177,75}{(2 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 256,56 \text{ А.}$$



Определим длительно допустимую токовую нагрузку:

$$I_{\text{доп}} = \frac{256,56}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,92} = 265,36 \text{ А}$$

Кабель АВБбШв - 4 х 185.

ТП 10-04 - Школа

Определим расчетный ток в линии:

$$I_{\text{расч}} = \frac{289,47}{3 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 139,27 \text{ А}$$

Определим ток в линии при аварийном режиме:

$$I_{\text{АР}} = \frac{289,47}{(3 - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 208,90 \text{ А}$$

Определим длительно допустимую токовую нагрузку:

$$I_{\text{доп}} = \frac{208,90}{1,13 \cdot 0,93 \cdot 0,87} = 228,48 \text{ А}$$

Кабель АВБбШв-4 х 150.

В процессе проектирования важно определить способ прокладки КЛ, расположение каждой фазы, способ соединения и заземления кабелей.

Полученные значения внесем в таблицу 8-Выбор КЛ.

Таблица 8-Выбор КЛ

Участок	$S_{\text{нагр}}$ , кВА	n	$I_{\text{расч}}$ , А	$I_{\text{AP}}$ , А	$I_{\text{доп}}$ , А	Кабель
РП№23-ТП - № 10-01	3172,25	2	91,54	183,15	189,43	ААБл 3х192
РП№23-ТП - № 10-02	2498,79	2	72,13	144,26	149,21	ААБл 3х70
РП№23-ТП - № 10-03	1877,16	2	54,19	108,38	112,10	ААБл 3х50
РП№23-ТП - № 10-04	822,35	2	23,74	47,48	49,11	ААБл 3х16
ТП №10-01 - Колледж	511,11	4	184,43	245,90	278,56	АВБШВ-4 х 185
ТП №10-01 - Общежитие	162,35	2	117,16	234,33	242,37	АВБШВ-4 х 150
ТП №10-02-№17	177,75	2	128,28	256,56	265,36	АВБШВ-4 х 185
ТП №10-02-№16	228,02	2	164,56	237,52	245,66	АВБШВ-4 х 150
ТП №10-02-№15	177,75	2	128,28	256,56	265,36	АВБШВ-4 х 185
ТП №10-02- Офис	38,11	2	27,50	55	56,89	АВБШВ-4 х 16
ТП №10-03-№11	260,78	3	125,46	188,20	205,84	АВБШВ-4 х 120
ТП№10-03- №11А	260,78	3	125,46	188,20	205,84	АВБШВ-4 х 120
ТП №10-03-№12	177,75	2	128,28	256,56	265,36	АВБШВ-4 х 185
ТП №10-03-№13	177,75	2	128,28	256,56	265,36	АВБШВ-4 х 185
ТП №10-03-№14	177,75	2	128,28	256,56	265,36	АВБШВ-4 х 185
ТП №10-04-№20	94,35	2	68,09	137,62	142,34	АВБШВ - 4 х 70
ТП №10-04-№19	260,78	3	125,46	188,20	205,84	АВБШВ-4 х 120
ТП №10-04-№18	177,75	2	128,28	256,56	265,36	АВБШВ-4 х 185
ТП №10-04- Школа	289,47	3	139,27	208,90	228,48	АВБШВ-4 х 150

«Проектированию предшествует изучение тепловых свойств грунта вдоль предполагаемой трассы. Последнее позволяет установить характеристики грунта и выявить участки с высоким сопротивлением, на которых может потребоваться частичная замена грунта» [9].

В нашем случае кабельные линии уже проложены, марки проводов для 10 кВ и 0,4 кВ определены.

Для большей наглядности нанесем на рисунок 6 схему электроснабжения микрорайона проектируемую подстанцию, мощность которая была получена в ходе расчетов выше.

Также, запроектируем ориентировочную прокладку сетей напряжением 10 кВ от распределительной подстанции до проектируемой ТП. Как уже известно, дома №12, 13, 14 будут запитаны от ТП 10/0,4 кВ №10-03, и КЛ-0,4 кВ тоже уточним на схеме линиями.

«Кабели на всем протяжении должны быть защищены от механических повреждений путем покрытия при напряжении 35 кВ и выше железобетонными плитами толщиной не менее 50 мм; при напряжении ниже 35 кВ - плитами или глиняным обыкновенным кирпичом в один слой поперек трассы кабелей; при рытье траншеи землеройным механизмом с шириной фрезы менее 250 мм, а также для одного кабеля - вдоль трассы кабельной линии. Применение силикатного, а также глиняного пустотелого или дырчатого кирпича не допускается» [13].

Основной сложностью в прокладке кабеля на территории микрорайона №, стала болотистая местность. Для сети 0,4 кВ был выбран кабель с защитным покрытием из полихлорвинила.

Так же очень важно принять меры по защите линии от коррозии, так как такая почва действует разрушительно на незащищенные кабели.

В нашем случае, местами производилась замена грунта, а так же использовали прокладку линии в изолируемых трубах.

Способы избежание проблем с прокладкой, определяются проектом перед работой.

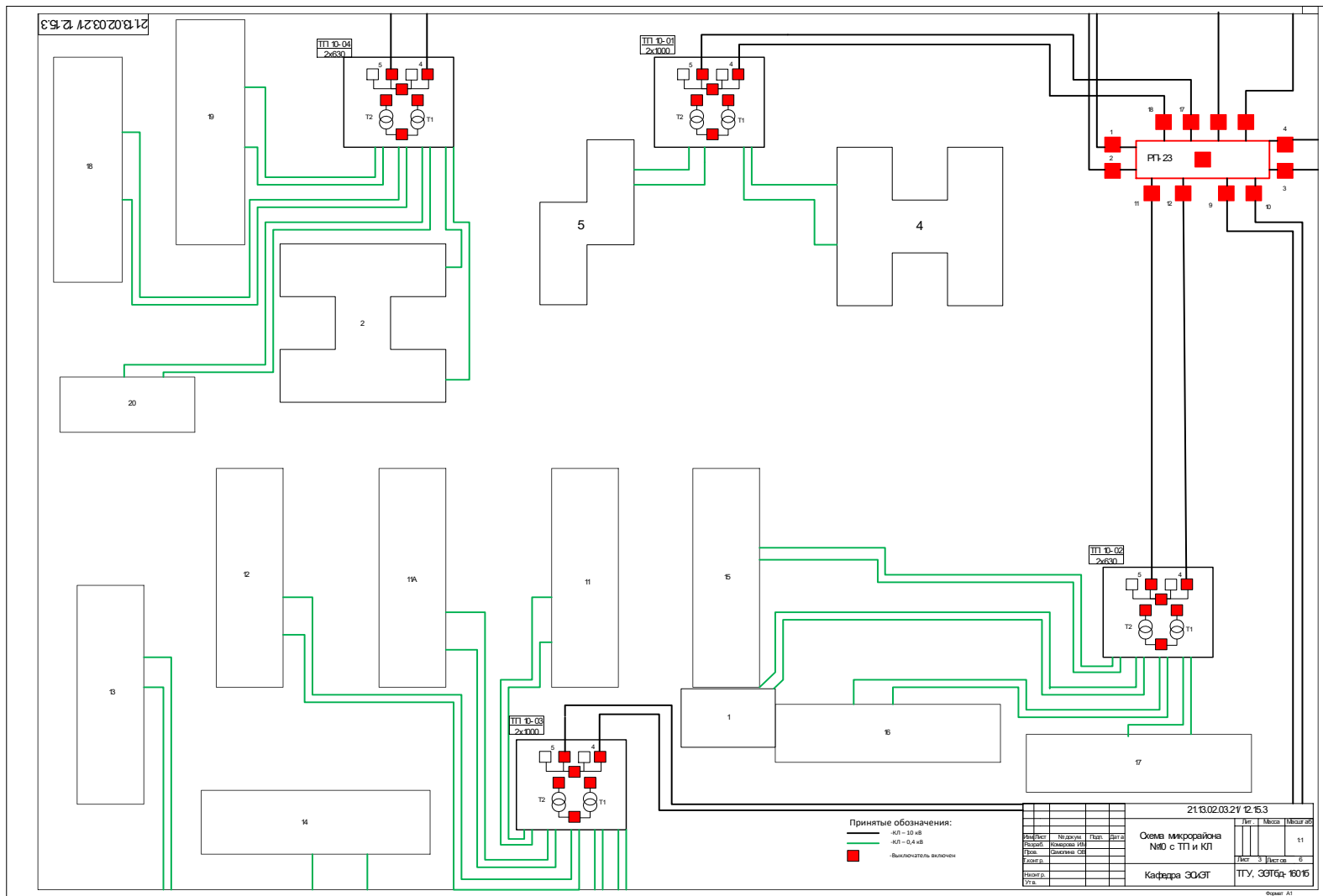


Рисунок 6-Схема микрорайона №10 с ТП и КЛ

Вывод. В ходе выполнения данного раздела, была определена марка КЛ:

- для напряжения 10 кВ-кабель марки ААБл,
- для напряжения 0,4 кВ-кабель марки АВБбШв.

«Выбранный кабель ААБл выдерживает температурный режим от -50 градусов, до +50 градусов» [10]. При условии климата, а в нашем случае это климат крайнего севера, это один из оптимальных вариантов для прокладки линий 10 кВ.

Также, были определены сечения для каждой кабельной линии, допустимая токовая нагрузка на линию, а также был рассчитан расчетный ток в линии. В случае выхода из строя одного из кабелей, рассчитали расчетный ток при аварийном режиме.

На рисунок 6 нанесли кабельные линии проектируемой схемы электроснабжения, а также указали ориентировочное расположение проектируемой ТП. Название для ТП определили, как №10-04.

## 5 Проверка КЛ по потере напряжения

Не маловажным является проверка КЛ по потере напряжения для сети 10 В и 0,4 кВ.

Как известно, сечение кабеля выбирается не только по его способности выдерживать без перегрева свой максимальный ток. Другой критерий выбора – его длина. От длины зависит такой важный параметр системы электропитания, как падение напряжения. Иначе говоря – потери на кабельной линии.

Согласно «ГОСТ 13109-97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» нормально допустимые установившиеся отклонения напряжения на выводах электроприемников должны быть в пределах плюс/минус 5 процентов от номинального напряжения (380/220 В; 6 и 10 кВ), а предельно допустимые установившиеся отклонения-плюс/минус 10 процентов (в ненормальных режимах работы сети)» [7].

В нормальном и аварийном режимах потеря напряжения определяется по формулам:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot I_{\text{расч}} \cdot \frac{l}{1000} \cdot (r_{\text{уд}} \cdot \cos\varphi + x_{\text{уд}} \cdot \sin\varphi), \quad (15)$$

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot I_{\text{AP}} \cdot \frac{l}{1000} \cdot (r_{\text{уд}} \cdot \cos\varphi + x_{\text{уд}} \cdot \sin\varphi). \quad (16)$$

Уточним известные нам данные, для использования этой формулы.

Коэффициент  $\cos\varphi$  определим из таблицы Е.1 Приложение Е. Сопротивления  $r_{\text{уд}}$  и  $x_{\text{уд}}$  даны в таблице К.1 Приложение К к квалификационной работе.

По плану микрорайона №10 определим примерное расстояние линий между РП и ТП, а так же от ТП для каждого потребителя.

Подставим в формулы (15) и (16) значения:

Линия 1:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 91,57 \cdot \frac{300}{1000} \cdot (0,130 \cdot 0,90 + 0,075 \cdot 0,436) = 7,12 \text{ В},$$
$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 183,15 \cdot \frac{300}{1000} \cdot (0,130 \cdot 0,90 + 0,075 \cdot 0,436) = 18,99 \text{ В}.$$

Линия 2:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 72,13 \cdot \frac{830}{1000} \cdot (0,447 \cdot 0,90 + 0,086 \cdot 0,436) = 45,60 \text{ В},$$
$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 144,26 \cdot \frac{830}{1000} \cdot (0,447 \cdot 0,90 + 0,086 \cdot 0,436) = 91,21 \text{ В}.$$

Линия 3:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 54,19 \cdot \frac{1000}{1000} \cdot (0,625 \cdot 0,90 + 0,09 \cdot 0,436) = 56,48 \text{ В},$$
$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 108,38 \cdot \frac{1000}{1000} \cdot (0,625 \cdot 0,90 + 0,09 \cdot 0,436) = 112,96 \text{ В}.$$

Линия 4:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 23,74 \cdot \frac{400}{1000} \cdot (1,95 \cdot 0,90 + 0,113 \cdot 0,436) = 29,67 \text{ В},$$
$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 183,15 \cdot \frac{400}{1000} \cdot (1,95 \cdot 0,90 + 0,113 \cdot 0,436) = 59,35 \text{ В}.$$

Линия 5:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 184,43 \cdot \frac{320}{1000} \cdot (0,169 \cdot 0,90 + 0,059 \cdot 0,436) = 18,18 \text{ В},$$
$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 245,90 \cdot \frac{320}{1000} \cdot (0,169 \cdot 0,90 + 0,059 \cdot 0,436) = 24,23 \text{ В}.$$

Линия 6:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 117,16 \cdot \frac{60}{1000} \cdot (0,208 \cdot 0,85 + 0,059 \cdot 0,527) = 2,53 \text{ В},$$

$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 234,33 \cdot \frac{60}{1000} \cdot (0,208 \cdot 0,85 + 0,059 \cdot 0,527) = 5,06 \text{ В}.$$

Линия 7:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 128,28 \cdot \frac{210}{1000} \cdot (0,169 \cdot 0,98 + 0,059 \cdot 0,199) = 8,27 \text{ В},$$

$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 256,56 \cdot \frac{210}{1000} \cdot (0,169 \cdot 0,98 + 0,059 \cdot 0,199) = 16,55 \text{ В}.$$

Линия 8:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 164,56 \cdot \frac{300}{1000} \cdot (0,208 \cdot 0,98 + 0,059 \cdot 0,199) = 18,43 \text{ В},$$

$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 237,52 \cdot \frac{300}{1000} \cdot (0,208 \cdot 0,98 + 0,059 \cdot 0,199) = 26,60 \text{ В}.$$

Линия 9:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 12,61 \cdot \frac{320}{1000} \cdot (0,169 \cdot 0,98 + 0,059 \cdot 0,199) = 12,61 \text{ В},$$

$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 25,22 \cdot \frac{320}{1000} \cdot (0,169 \cdot 0,98 + 0,059 \cdot 0,199) = 25,22 \text{ В}.$$

Линия 10:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 27,50 \cdot \frac{400}{1000} \cdot (1,95 \cdot 0,85 + 0,113 \cdot 0,527) = 32,71 \text{ В},$$

$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 55 \cdot \frac{400}{1000} \cdot (1,95 \cdot 0,85 + 0,113 \cdot 0,527) = 65,42 \text{ В}.$$



Линия 11:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 125,46 \cdot \frac{100}{1000} \cdot (0,261 \cdot 0,98 + 0,06 \cdot 0,199) = 5,82 \text{ В},$$

$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 188,20 \cdot \frac{100}{1000} \cdot (0,261 \cdot 0,98 + 0,06 \cdot 0,199) = 8,72 \text{ В}.$$

Линия 12:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 125,46 \cdot \frac{100}{1000} \cdot (0,261 \cdot 0,98 + 0,06 \cdot 0,199) = 5,82 \text{ В},$$

$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 188,20 \cdot \frac{100}{1000} \cdot (0,261 \cdot 0,98 + 0,06 \cdot 0,199) = 8,72 \text{ В}.$$

Линия 13:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 128,28 \cdot \frac{360}{1000} \cdot (0,169 \cdot 0,98 + 0,059 \cdot 0,199) = 14,18 \text{ В},$$

$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 256,56 \cdot \frac{360}{1000} \cdot (0,169 \cdot 0,98 + 0,059 \cdot 0,199) = 28,37 \text{ В}.$$

Линия 14:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 128,28 \cdot \frac{300}{1000} \cdot (0,169 \cdot 0,98 + 0,059 \cdot 0,199) = 11,82 \text{ В},$$

$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 256,56 \cdot \frac{300}{1000} \cdot (0,169 \cdot 0,98 + 0,059 \cdot 0,199) = 23,64 \text{ В}.$$

Линия 15:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 128,28 \cdot \frac{310}{1000} \cdot (0,169 \cdot 0,98 + 0,059 \cdot 0,199) = 12,21 \text{ В},$$

$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 256,56 \cdot \frac{310}{1000} \cdot (0,169 \cdot 0,98 + 0,059 \cdot 0,199) = 24,43.$$

Линия 16:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 68,09 \cdot \frac{400}{1000} \cdot (0,447 \cdot 0,98 + 0,061 \cdot 0,199) = 21,23 \text{ В},$$
$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 137,62 \cdot \frac{400}{1000} \cdot (0,447 \cdot 0,98 + 0,061 \cdot 0,199) = 42,92 \text{ В}.$$

Линия 17:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 125,46 \cdot \frac{380}{1000} \cdot (0,261 \cdot 0,98 + 0,06 \cdot 0,199) = 22,12 \text{ В},$$
$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 188,20 \cdot \frac{380}{1000} \cdot (0,261 \cdot 0,98 + 0,06 \cdot 0,199) = 33,18 \text{ В}.$$

Линия 18:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 128,56 \cdot \frac{410}{1000} \cdot (0,169 \cdot 0,98 + 0,059 \cdot 0,199) = 16,15 \text{ В},$$
$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 256,56 \cdot \frac{410}{1000} \cdot (0,169 \cdot 0,98 + 0,059 \cdot 0,199) = 32,31 \text{ В}.$$

Линия 19:

$$\Delta U_H = \sqrt{3} \cdot 139,27 \cdot \frac{100}{1000} \cdot (0,208 \cdot 0,95 + 0,059 \cdot 0,31) = 5,20 \text{ В},$$
$$\Delta U_{AP} = \sqrt{3} \cdot 208,90 \cdot \frac{100}{1000} \cdot (0,208 \cdot 0,95 + 0,059 \cdot 0,31) = 7,81 \text{ В}.$$

И так, полученные в ходе расчётов данные по потерям в нормальном режиме, а так же потери в аварийном режиме соответствуют заявленным нормам.

Внесем все известные нам данные в таблицу 9 к работе и рассчитаем процент потерь в линии.

Таблица 9-Потери напряжения в силовых распределительных линиях

№	Кабельная линия	$I_{расч},$ А	$I_{AP},$ А	L, м	$r_{уд},$ Ом/к м	$x_{уд},$ Ом/к м	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	$\Delta U_H,$ В	$\Delta U_{AP},$ В
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Л1	РП№23-ТП № 10-01 10/0,4 кВ	91,57	183,15	300	0,130	0,075	0,90	0,436	7,12	18,99
Л2	РП№23-ТП № 10-02 10/0,4 кВ	72,13	144,26	830	0,447	0,086	0,90	0,436	45,60	91,21
Л3	РП№23-ТП № 10-03 10/0,4 кВ	54,19	108,38	1000	0,625	0,09	0,90	0,436	56,48	112,96
Л4	РП№23-ТП № 10-04 10/0,4 кВ	23,74	47,48	400	1,95	0,113	0,90	0,436	29,67	59,35
Л5	ТП №10-01 10/0,4 кВ- Колледж	184,43	245,90	320	0,169	0,059	0,90	0,436	18,18	24,23
Л6	ТП №10-01 10/0,4 кВ- общ-ие	117,16	234,33	60	0,208	0,059	0,85	0,527	2,53	5,06
Л7	ТП №10-02 10/0,4 кВ- №17	128,28	256,56	210	0,169	0,059	0,98	0,199	8,27	16,55
Л8	ТП №10-02 10/0,4 кВ- №16	164,56	237,52	300	0,208	0,059	0,98	0,199	18,43	26,60
Л9	ТП №10-02 10/0,4 кВ- №15	128,28	256,56	320	0,169	0,059	0,98	0,199	12,61	25,22
Л10	ТП №10-02 10/0,4 кВ- Офис	27,50	55	400	1,95	0,113	0,85	0,527	32,71	65,42

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Л11	ТП №10-03 10/0,4 кВ-	125,46	188,20	100	0,261	0,06	0,98	0,199	5,82	8,72
Л12	ТП №10-03 10/0,4 кВ- №11А	125,46	188,20	100	0,261	0,06	0,98	0,199	5,82	28,37
Л13	ТП №10-03 10/0,4 кВ- №12	128,28	256,56	360	0,169	0,059	0,98	0,199	14,18	23,64
Л14	ТП №10-03 10/0,4 кВ- №13	128,28	256,56	300	0,169	0,059	0,98	0,199	11,82	24,64
Л15	ТП №10-03 10/0,4 кВ- №14	128,28	256,56	310	0,169	0,059	0,98	0,199	12,21	24,43
Л16	ТП №10-04 10/0,4 кВ- №20	68,09	137,62	400	0,447	0,061	0,98	0,199	21,23	42,92
Л17	ТП №10- 0410/0,4 кВ-№19	125,28	188,20	380	0,261	0,06	0,98	0,199	22,12	33,18
Л18	ТП №10-04 10/0,4 кВ- №18	128,28	256,56	410	0,169	0,059	0,98	0,199	16,15	32,31
Л19	ТП №10-04 10/0,4 кВ- Школа	139,27	208,90	100	0,208	0,059	0,95	0,31	5,20	7,81

Вывод. «Согласно ГОСТ 32144-2013 положительные и отрицательные отклонения напряжения в точке передачи электрической энергии не должны превышать 10 процентов номинального или согласованного значения напряжения. Таким образом потери напряжения в электрических сетях 6-10 кВ не должны превышать 10 процентов.

Однако на практике с учетом опыта проектирования и эксплуатации электрических сетей принимают следующие допустимые значения потери напряжения: для сетей низкого напряжения от шин ТП до наиболее удаленного потребителя-6 процентов, для сетей высокого напряжения при нормальном режиме работы в кабельных сетях-6 процентов, при аварийном режиме сети в кабельных сетях-10 процентов» [7].

Согласно произведённым расчетам, указанных в таблице 9, можно сделать следующие выводы:

- для сети 10 кВ, при нормальном режиме, потери напряжения не превышают 3,4 процента;
- для сети 0,4 кВ потери напряжения не превышают 2,4 процента.

Полученные результаты соответствуют принятым нормативам.

## Заключение

Вопросы электроснабжения города решаются комплексно, с учетом возможностей использования подстанций и распределительных пунктов системы электроснабжения города для питания промышленных предприятий, расположенных на территории города.

В процессе работы, было определено, что основными потребителями электроснабжения, являются: коммунально - бытовые потребители. Так как микрорайон «молодой» и только начинает строиться, на территории находятся в основном жилые многоквартирные дома и офисное помещение. А так же Няганский технологический колледж с общежитием.

Была рассмотрена существующая и проектируемая схема электроснабжения микрорайона №10 в г. Нягань. Изучили существующие ТП и ТП на стадии строительства. Определены используемые марки кабелей, рассчитано сечение для каждого потребителя.

Самой главной задачей при проектировании сети электроснабжения микрорайона, является определение места прокладки кабельных линий, марки и сечения кабеля для сети 10 кВ и 0,4 кВ. А также номинал мощности силовых трансформаторов и удобное месторасположение подстанции.

Микрорайон питается от двух ПС: ПС 110/04 кВ «Чульчам» (АО Россети Тюмень) мощностью 2х40МВА и ПС 110/04 кВ «Чара» (АО ЮРЭСК) мощностью 2х40МВА, которые в свою очередь проходят через РП №23 и далее питают микрорайон.

Потери напряжения в КЛ не превышают нормы, заявленные по ГОСТу. Так же и строительство сети электроснабжения микрорайона города, было построено согласно ГОСТу, все условия и правила выполнены.

Схема электроснабжения микрорайона №10 г. Нягань, выбранная в ходе выполнения работы, обеспечит требуемое качество электроэнергии, а также непрерывность процесса передачи электроэнергии в нормальном и аварийном режиме.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Ананичева С. С., Котова Е. Н. Проектирование электрических сетей [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. URL: [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/48983/1/978-5-7996-2040-0\\_2017.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/48983/1/978-5-7996-2040-0_2017.pdf) (дата обращения: 15.06.2021).
2. Анчарова Т. В., Рашевская М. А, Стебунова Е. Д. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений : учебник. М. : Форум, 2018. С. 7-10.
3. Вахнина В. В., Черненко А. Н. Проектирование систем электроснабжения [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2016. URL: [https://dspace.tltsu.ru/jspui/bitstream/123456789/2976/1/Vahnina%20Chernenko\\_EUMI\\_Z.pdf](https://dspace.tltsu.ru/jspui/bitstream/123456789/2976/1/Vahnina%20Chernenko_EUMI_Z.pdf) (дата обращения: 13.06.2021).
4. Вахнина В. В., Черненко А. Н. Системы электроснабжения [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие - Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015. URL: [https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/2943/1/Vahnina%20Chernenko\\_EUMI\\_Z.pdf](https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/2943/1/Vahnina%20Chernenko_EUMI_Z.pdf) (дата обращения: 03.04.2021).
5. Википедия город Нягань [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D1%8F%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%8C> (дата обращения 20.03.2021).
6. Герасименко А. А., Федин В. Т. Передача и распределение электрической энергии : учебное пособие / Изд. 2-е. Ростов н/Д : Феникс, 2008. С. 397-398.
7. ГОСТ 32144-2013 Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения (введен в действие Приказом Росстандарта от 22.07.2013 № 400-

ст). [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006034> (дата обращения 04.04.2021).

8. Ерошенко Г. П., Кондратьева Н. П. Эксплуатация электрооборудования [Электронный ресурс] : учебник. Москва : ИНФРА-М, 2017. URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/774257> (дата обращения: 14.06.2021).

9. Конюхова Е. А. Электроснабжение [Электронный ресурс] : учебник для вузов. Москва : Изд. дом МЭИ, 2014. URL: <https://bookree.org/reader?file=485373&pg=122> (дата обращения: 15.06.2021).

10. Наумов И.В., Лещинская Т.Б., Бондаренко С.И. Проектирование систем электроснабжения : межвузовское учебное пособие для самостоятельной работы студентов. Иркутск : Изд-во ИрГСХА, 2011. URL: [https://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/3110.pdf](https://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/3110.pdf) (дата обращения: 20.06.2021)

11. Немировский А. Е., Сергиевская И. Ю., Крепышева Л. Ю. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций : учебное пособие. 4-е изд. доп. М. : Инфра-Инженерия, 2020. С. 28.

12. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов : учеб. пособие. М. : ИД Форум : ИНФРА-М, 2018. С. 155-156.

13. Правила Устройства электроустановок. 7-е и 6-е издания (в ред. Приказов Минэнерго РФ от 20.12.2017 №1196 и №1197) СПб.: Изд. ДЕАН, 2018.-1168с. п.2.3.83 с.817.

14. Проектирование электрических станций и подстанций [Электронный источник] : методические указания к курсовому проектированию / сост. Ю. П. Свиридов, С. М. Пестов. - Ульяновск : УлГТУ, 2011. - 26 с. URL : <http://venec.ulstu.ru/lib/disk/2011/Sviridov.pdf> (Дата обращения 06.05.2021)

15. РД 34.20.185-95 Инструкция по проектированию городских электрических сетей 01.01.1995 (ред. от 29.06.1999 №213): [Электронный



ресурс]. URL: [https://www.elec.ru/viewer?url=/library/rd/rd\\_34\\_20\\_185-94.pdf](https://www.elec.ru/viewer?url=/library/rd/rd_34_20_185-94.pdf)  
(дата обращения 04.04.2021).

16. СП 31-110-2003 Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий: Госстрой РФ, 2003 №194. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200035252> (дата обращения 04.04.2021).

17. Шахнин В. А., Рощина С. И. Электроснабжение микрорайона многоэтажной жилой застройки [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. Владимир : Изд-во ВлГУ, 2017. URL: <http://dspace.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/6225/1/01644.pdf>  
(Дата обращения 09.06.2021).

18. Шведов Г.В. Электроснабжение городов: электропотребление, расчетные нагрузки, распределительные сети : учебное пособие. М. : Изд. Дом МЭИ, 2012. С. 91-92.

19. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению [Электронный ресурс] : учеб. пособие. 3-е изд. Москва : ИНФРА-М, 2019. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1000152> (дата обращения: 05.06.2021).

20. Шеховцов В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования [Электронный ресурс] : учеб. пособие. 3-е изд., испр. М. : Форум; ИНФРА-М, 2019. URL: <http://znanium.com/catalog/product/1009603>  
(дата обращения: 05.06.2021).

Приложение А

**Удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир жилых зданий, кВт/квартиру**

Таблица А.1 - Удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир жилых зданий, кВт/квартиру

№п/ п	Потребители электроэнергии	Удельная расчетная электрическая нагрузка при количестве квартир													
		1-5	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
1	Квартиры с плитами на природном газе*	4,5	2,8	2,3	2	1,8	1,65	1,4	1,2	1,05	0,85	0,77	0,71	0,69	0,67
	На сжиженном газе (в том числе при групповых установках и на твердом топливе)	6	3,4	2,9	2,5	2,2	2	1,8	1,4	1,3	1,08	1	0,92	0,84	0,76
	Электрическими, мощностью 8,5 кВт	10	5,1	3,8	3,2	2,8	2,6	2,2	1,95	1,7	1,5	1,36	1,27	1,23	1,19
2	Летние домики на участках садовых товариществ	4	2,3	1,7	1,4	1,2	1,1	0,9	0,76	0,69	0,61	0,58	0,54	0,51	0,46

Приложение Б  
**Коэффициенты спроса лифтовых установок жилых домов  $k_c$**

Таблица Б.1 - Коэффициенты спроса лифтовых установок жилых домов  $k_c$

Количество лифтовых установок	Этажность жилого дома	
	До 12	более 12
2 - 3	0,8	0,8
4 - 5	0,7	0,7
6	0,65	0,65
10	0,5	0,5
20	0,4	0,4
25 и выше	0,35	0,35

Приложение В  
**Коэффициенты спроса электродвигателей санитарно-технических  
 устройств  $k_C$**

Таблица В.1 - Коэффициенты спроса электродвигателей санитарно-технических устройств  $k_C$ »

Количество электродвигателей	$k_C$	Количество электродвигателей	$k_C$
2	1 (0,8)*	15	0,65
3	0,9 (0,75)	20	0,65
5	0,8 (0,7)	30	0,6
8	0,75	50	0,55
10	0,7	-	

Приложение Г  
**Расчетные коэффициенты реактивной мощности**

Таблица Г.1 Расчетные коэффициенты реактивной мощности

<b>Потребитель электроэнергии</b>	<b><i>cosφ</i></b>	<b><i>tgφ</i></b>
Квартиры с электрическими плитами	0,98	0,2
Квартиры с плитами на природном, газообразном или твердом топливе	0,96	0,29
Хозяйственные насосы, вентиляционные и другие санитарно-технические устройства	0,8	0,75
Лифты	0,65	1,17

**Приложение Д**  
**Ориентировочные расчеты электрических нагрузок общественных зданий**

Таблица Д.1-Ориентировочные расчеты электрических нагрузок общественных зданий

№	Здание	Единица измерения	Удельная нагрузка
1	2	3	4
<b>Предприятия общественного питания</b>			
Полностью электрифицированные с количеством посадочных мест:			
1	до 400	кВт/место	1,04
2	св. 400 до 1000	То же	0,86
3	" 1000	"	0,75
Частично электрифицированные (с плитами на газообразном топливе) с количеством посадочных мест:			
4	до 400	"	0,81
5	св. 400 до 1000	"	0,69
6	" 1000	"	0,56
<b>Продовольственные магазины</b>			
7	Без кондиционирования воздуха	кВт/м торгового зала	0,23
8	С кондиционированием воздуха	То же	0,25
<b>Промтоварные магазины</b>			
9	Без кондиционирования воздуха	"	0,14
10	С кондиционированием воздуха	"	0,16
<b>Общеобразовательные школы</b>			
11	С электрифицированными столовыми и спортзалами	кВт/1 учащегося	0,25

Продолжение Приложения Д

Продолжение Таблицы Д.1

1	2	3	4
12	Без электрифицированных столовых, со спортзалами	То же	0,17
13	С буфетами, без спортзалов	"	0,17
14	Без буфетов и спортзалов	"	0,15
15	Профессионально-технические училища со столовыми	"	0,46
16	Детские ясли-сады	кВт/место	0,46
Кинотеатры и киноконцертные залы			
17	С кондиционированием воздуха	То же	0,14
18	Без кондиционирования воздуха	"	0,12
19	Клубы	"	0,46
20	Парикмахерские	кВт/рабочее место	1,5
Здания или помещения учреждений управления, проектных и конструкторских организаций			
21	С кондиционированием воздуха	кВт/м общей площади	0,054
22	Без кондиционирования воздуха	То же	0,043
Гостиницы			
23	С кондиционированием воздуха	кВт/место	0,46
24	Без кондиционирования воздуха	То же	0,34
25	Дома отдыха и пансионаты без кондиционирования воздуха	"	0,36
26	Фабрики химчистки и прачечные самообслуживания	кВт/кг вещей	0,075
27	Детские лагеря	кВт/м жилых помещений	0,023

**Приложение Е**  
**Коэффициент мощности для расчета силовых сетей общественных зданий**

Таблица Е.1-Коэффициент мощности для расчета силовых сетей общественных зданий

Здания и сооружения	Коэффициент мощности
1	2
Предприятия общественного питания: полностью электрифицированные частично электрифицированные (с плитами на газообразном и твердом топливе)	0,98 0,95
Продовольственные и промтоварные магазины Ясли-сады: с пищеблоками без пищеблоков Общеобразовательные школы: с пищеблоками без пищеблоков	0,85  0,98 0,95  0,95 0,9
Фабрики-химчистки с прачечными самообслуживания	0,75
Учебные корпуса профессионально-технических училищ	0,9
Учебно-производственные мастерские по металлообработке и деревообработке	0,6
Гостиницы: без ресторанов с ресторанами	0,85 0,9



Продолжение Приложения Е

Продолжение таблицы Е.1

1	2
Здания и учреждения управления, финансирования, кредитования и государственного страхования, проектные и конструкторские организации	0,85
Парикмахерские и салоны-парикмахерские	0,97
Ателье, комбинаты бытового обслуживания	0,85
<p>Холодильное оборудование предприятий торговли и общественного питания, насосов, вентиляторов и кондиционеров воздуха при мощности электродвигателей, кВт:</p> <p>до 1</p> <p>от 1 до 4</p> <p>свыше 4</p> <p>Лифты и другое подъемное оборудование</p> <p>Вычислительные машины (без технологического кондиционирования воздуха)</p> <p>Коэффициенты мощности для расчета сетей освещения следует принимать с лампами:</p> <p>люминесцентными</p> <p>накаливания</p> <p>ДРЛ и ДРИ с компенсированными ПРА</p> <p>то же, с некомпенсированными ПРА</p> <p>газосветных рекламных установок</p>	<p>0,65</p> <p>0,75</p> <p>0,85</p> <p>0,65</p> <p>0,65</p> <p></p> <p>0,92</p> <p>1,0</p> <p>0,85</p> <p>0,3-0,5</p> <p>0,35-0,4</p>

Приложение Ж  
**Допустимые токовые нагрузки четырехжильных кабелей**

Таблица Ж.1-Допустимые токовые нагрузки четырехжильных кабелей

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Допустимые токовые нагрузки кабелей с алюминиевыми жилами с изоляцией из поливинилхлоридного пластика*, на напряжение до 3 кВ включительно, А	
	Четырехжильных	
	На воздухе	На земле
2,5	20	26
4	27	34
6	34	41
10	47	55
16	62	72
25	82	93
35	101	113
50	126	137
70	155	166
95	190	197
120	219	224
150	254	255
185	291	286
240	343	330

**Приложение И**  
**Допустимые токовые нагрузки трехжильных кабелей**

Таблица И.1-Допустимые токовые нагрузки трехжильных кабелей

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Допустимые токовые нагрузки трехжильных кабелей, проложенных в земле, с изоляцией из полиэтилена и поливинилхлоридного пластика, А			
	напряжением до 3 кВ		напряжением 6 кВ	
	с алюминиевой жилой	с медной жилой	с алюминиевой жилой	с медной жилой
1,5	–	28	–	–
2,5	28	37	–	–
4	37	48	–	–
6	44	58	–	–
10	59	77	55	70
16	77	100	70	92
25	100	130	90	122
35	121	158	110	147
50	147	192	130	175
70	178	237	160	215
95	212	280	195	260
120	241	321	220	295
150	274	363	250	335
185	308	406	285	380
240	355	468	335	445

Приложение К  
**Активные и реактивные сопротивления кабелей до 10 кВ**

Таблица К.1-Активные и реактивные сопротивления кабелей до 10 кВ

Площадь сечения жилы, мм <sup>2</sup>	Активное сопротивление при 20 °С, Ом/км, жилы		Реактивное сопротивление, Ом/км, кабеля напряжением, кВ		
	алюминиевой	медной	до 1	6	10
1	–	18,5	–	–	–
1,5	–	12,5	–	–	–
2,5	12,5	7,4	0,104	–	–
4	7,81	4,63	0,095	–	–
6	5,21	3,09	0,09	–	–
10	3,12	1,84	0,073	0,11	0,122
16	1,95	1,16	0,068	0,102	0,113
25	1,25	0,74	0,066	0,091	0,099
35	0,894	0,53	0,064	0,087	0,095
50	0,625	0,37	0,063	0,083	0,09
70	0,447	0,265	0,061	0,08	0,086
95	0,329	0,195	0,06	0,078	0,083
120	0,261	0,154	0,06	0,076	0,081
150	0,208	0,124	0,059	0,074	0,079
185	0,169	0,1	0,059	0,073	0,077
240	0,130	0,077	0,058	0,071	0,075