

*Весь мир,
за исключением
ликих наий,
управляется книгами.*

Ф. Вольтер



РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель

Л. А. ПУЧКОВ

*президент МГГУ,
чл.-корр. РАН*

Зам. председателя

Л. Х. ГНТИС

*директор
Издательства МГГУ.*

Члены редсовета

И. В. ДЕМЕНТЬЕВ

академик РАЕН

А. П. ДМИТРИЕВ

академик РАЕН

Б. А. КАРТОЗИЯ

академик РАЕН

А. В. КОРЧАК

академик МАН ВШ

М. В. КУРЛЕНЯ

академик РАН

В. И. ОСИПОВ

академик РАН

В. Л. ПЕТРОВ

академик МАН ВШ

Э. М. СОКОЛОВ

академик МАН ВШ

К. И. ТРУБЕЦКОЙ

академик РАН

В. А. ЧАНТУРИЯ

академик РАН

Е. И. ШЕМЯКИН

академик РАН

Г.М. Петров

**ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА
ГОРОДСКИХ
ПОДЗЕМНЫХ
СООРУЖЕНИЙ**

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» направления подготовки «Электротехника, электромеханика и электротехнологии»



МОСКВА

♦ ИЗДАТЕЛЬСТВО «ГОРНАЯ КНИГА»

**♦ ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

♦ 2008

УДК 621.3
ББК 33.15
ПЗ0

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253–03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г. (ОСТ.29.124–94). Санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей № 77.99.60.953.Д.008501.07.07.

Экспертиза проведена Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела (письмо № 51-59/6 от 02.07.2007 г.)

Рецензенты:

- кафедра «Механизация и автоматизация геологоразведочных работ» Российского государственного геологоразведочного университета (зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. В. В. Алексеев);
- д-р техн. наук, проф. А. Т. Ерыгин (ИПКОН РАН)

Петров Г.М.

ПЗ0 **Электрификация строительства городских подземных сооружений: Учебное пособие.** — М.: Издательство «Горная книга», Издательство Московского государственного горного университета, 2008. — 210 с.: ил.

ISBN 978-5-98672-086-9 (в пер.)

ISBN 978-5-7418-0504-6

Изложены основные методические указания и рекомендации по выполнению курсового и дипломного проектов по дисциплине «Электрификация строительства городских подземных сооружений».

Приведены методы расчета подземного электрического освещения, расчет электрических нагрузок, выбор кабельной сети участка, расчет токов короткого замыкания в подземных электрических сетях, выбор аппаратуры управления и защиты общепромышленного и рудничного исполнений, уставок максимальной токовой защиты, выбор и расчет кабелей и аппаратов защиты напряжением 6–10 кВ, основные технико-экономические показатели системы электроснабжения предприятий горного производства.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» направления подготовки «Электротехника, электромеханика и электротехнологии».

УДК 621.3

ББК 33.15

ISBN 978-5-98672-086-9

ISBN 978-5-7418-0504-6

© Г.М. Петров, 2008

© Издательство «Горная книга», Издательство МГГУ, 2008

© Дизайн книги. Издательство МГГУ, 2008

ПРЕДИСЛОВИЕ

«Электрификация строительства городских подземных сооружений» — одна из основных дисциплин при подготовке специалистов по специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» направления подготовки «Электротехника, электромеханика и электротехнологии». При изучении этой дисциплины предусмотрены аудиторные занятия (лекции, практические и лабораторные занятия) и выполнение курсового проекта. Работа над выполнением курсового проекта представляет собой практическую подготовку к сдаче экзамена по программе данной дисциплины и выполнению раздела дипломного проекта «Электроснабжение и электрооборудование».

Задание по курсовому проекту выдается применительно к горному производству (для студентов специализации «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов городских подземных сооружений» — строительство коллекторов, перегонных тоннелей при строительстве метро и ряд других объектов подземного городского строительства), к предприятиям, на которых студенты проходили производственную практику, или к тому предприятию, на котором студент работает (для студентов вечерней и заочной формы обучения).

В учебном пособии излагаются основные методические указания и рекомендации по выполнению курсового проекта и соответствующего раздела дипломного проекта. При работе над курсовым проектом студент должен показать свои знания и умение принимать инженерные решения при расчетах осветительной сети в подземных горных выработках, выборе типа исполнения электрооборудования, аппаратов управления и защиты, при выборе местоположения и мощности силовых трансформаторов. Студенту необходимо знать, как правильно рассчитать и выбрать кабельную сеть участка, аппаратуру управления и защиты, определить технико-экономические показатели схемы электроснаб-

жения участка строительства городских подземных сооружений. При выполнении курсового проекта и соответствующего раздела дипломного проекта студент должен показать навыки использования вычислительной техники.

Выполненный курсовой проект подписывается студентом и сдается для проверки на кафедру. После проверки преподаватель, осуществляющий контроль за выполнением данного курсового проекта, назначает дату защиты. Оценка курсового проекта определяется по результатам защиты студентом на комиссии кафедры «Электрификация и энергоэффективность горных предприятий».

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Курсовой проект должен состоять из расчетно-пояснительной записки и графической части проекта.

Содержание расчетно-пояснительной записки. Расчетно-пояснительная записка должна содержать решения по выбору и расчету схемы электроснабжения участка строительства городского подземного строительства. Принятые решения по выполнению курсового проекта должны показать степень готовности студента самостоятельно принимать решения по выполнению конкретных инженерных задач в области электрификации горного производства.

В соответствии с заданием на проектирование в расчетно-пояснительной записке следует привести краткую характеристику участка строительства городского подземного сооружения, технологию ведения горных работ и применяемое электрооборудование. Необходимо перечислить основные требования, предъявляемые к оборудованию, эксплуатируемому в данных горно-геологических условиях.

Расчетно-пояснительная записка должна включать в себя отражение следующих вопросов:

- 1) выбор и краткую характеристику системы электроснабжения участка строительства городского подземного сооружения;
- 2) расчет электрического освещения в подземных горных выработках;
- 3) расчет электрических нагрузок; выбор местоположения и мощности участковой трансформаторной подстанции;
- 4) выбор кабельной сети участка;
- 5) расчет токов короткого замыкания;
- 6) выбор аппаратуры управления и защиты;
- 7) проверка уставок максимальной токовой защиты и устройств защитного отключения;
- 8) выбор и расчет элементов схемы электроснабжения напряжением 6–10 кВ;

- 9) основные технико-экономические показатели системы электроснабжения участка строительства городского подземного сооружения.

При выполнении курсового и дипломного проектов студенту необходимо обратить внимание не только на максимальное, но и целесообразное применение средств автоматизации подземных горных работ, на надежность и безопасность эксплуатации принятого электрооборудования и электрических сетей.

Выбор электрооборудования, систем электроснабжения и распределения электроэнергии, различных устройств защиты и автоматики следует обосновать требованиями горного производства, соответствующими инженерными и технико-экономическими расчетами или другими необходимыми соображениями с обязательной ссылкой на источники (литературу, справочники, каталоги, правила, инструкции, данные практик или материалы научно-исследовательских и проектных организаций). Ссылки на использованные литературные источники приводятся в соответствующем месте текста или расчета в квадратных скобках в порядке их расположения в списке литературы, например [2].

Нумерация рисунков, формул и таблиц должна быть сквозной в пределах параграфа или раздела.

Чертежи и иллюстрации, представленные в расчетно-пояснительной записке, необходимо выполнять в карандаше, тушью или с помощью вычислительной техники. Условные обозначения на чертежах и рисунках должны соответствовать требованиям ГОСТов и ЕСКД.

Номер и название рисунка ставятся после рисунка, точка после названия не проставляется. Например,

Рис. 1.1. График к расчету освещенности

Ссылка на рисунок в тексте записки приводится следующим образом: «... представлены на рис. 1.1».

Нумерация формулы дается в круглых скобках. Расчетные формулы следует сопровождать объяснением всех приводимых буквенных обозначений и указывать их размерность. Например,

$$I_{\text{цел}} = \frac{3 \times U_{\Phi}}{3 \times R_{\text{цел}} + Z_{\text{из}}}, \text{ мА}, \quad (2.4)$$

где $I_{\text{чел}}$ — ток, проходящий через тело человека, мА; $U_{\text{ф}}$ — фазное напряжение сети, В; $R_{\text{чел}}$ — сопротивление тела человека, Ом; $Z_{\text{из}}$ — полное сопротивление изоляции сети, Ом.

Ссылка на формулу в тексте записки приводится следующим образом: «..., как показано в выражении (2.4)».

Нумерация таблицы приводится слева над таблицей, после нумерации таблицы ставится точка. Далее дается название таблицы. Например,

Таблица 3.1. Электропотребители участка строительства
перегонного тоннеля

--	--	--	--	--

Ссылка на таблицу в тексте записки приводится следующим образом: «... приведены в табл. 3.1».

Расчетно-пояснительная записка должна быть отпечатана на машинке или компьютере (компьютерный размер шрифта — 14, междустрочный интервал — одиночный), иметь необходимые иллюстрации в виде схем, графиков и т. п. Страницы нумеруются, начиная с введения. Номер страницы ставится внизу по центру страницы или в правом нижнем углу. На странице следует оставлять поля: сверху — 20 мм, снизу — 25 мм, слева — 30 мм, справа — 15 мм. Изложение материала в пояснительной записке должно быть кратким и ясным. Не допускаются сокращения слов, за исключением общепринятых. Не допускается повторения однотипных расчетов, результаты таких расчетов следует помещать в таблицах.

Объем расчетно-пояснительной записки курсового проекта должен быть около 30 — 35 страниц.

Графическая часть проекта. Графическая часть курсового проекта состоит из одного листа формата А1, выполненного на ватмане с помощью вычислительной техники. Условные обозначения должны соответствовать требованиям ГОСТов и ЕСКД.

На листе должны быть представлены: однолинейная схема электроснабжения участка строительства на плане горных работ с указанием размещения электрооборудования, типа, сечения и длины кабелей, точек и токов короткого замыкания, типа выбранной аппаратуры управления и защиты с указанием номинальных токов и уставок защиты; таблица с основными расчет-

ными параметрами выбранного электрооборудования и кабельной сети.

При выполнении курсового и дипломного проекта с помощью вычислительной техники рекомендуется использовать компьютерные программы *'AutoCAD*, *'ArchiCAD*, *MathCAD*, *Visio* и др. К защите допускаются проекты, которые по определению руководителя курсового проекта выполнены в соответствии с заданием и в требуемом объеме.

1. СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УЧАСТКА СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРОДСКИХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

При выборе схемы электроснабжения участка строительства городских подземных сооружений УСГПС должны учитываться:

- мощность, потребляемая электроприемниками УСГПС;
- наличие расположения рядом с промплощадкой УСГПС подстанции энергосистемы или подстанции городской электрической сети;
- напряжение и удаленность источников питания;
- напряжение потребителей электроэнергии;
- надежность электроснабжения потребителей поверхностного и подземного комплексов;
- размещение электроприемников на поверхности и в подземных горных выработках;
- гибкость в эксплуатации и возможность расширения работ при строительстве ГПС.

Число возможных вариантов распределения электроэнергии достаточно велико, поэтому основная задача проектирования — выбрать такой вариант, который отвечал бы наилучшим технико-экономическим показателям.

В зависимости от размера и конфигурации строительных площадок поверхностного комплекса, мощности и числа машин и механизмов поверхностного и подземного комплекса, напряжения питания электроприемников поверхности и подземных горных работ электроснабжение строительства подземных городских сооружений может быть осуществлено по одной из следующих типовых схем.

1. На промплощадке предприятия устраивается главная понижительная подстанция ГПП, от которой обособлено получают питание электропотребители поверхностного комплекса (чаще всего от электрической сети с глухозаземленной нейтралью источника тока) и электропотре-

бители подземного комплекса (от электрической сети с изолированной нейтралью источника тока). В этом случае подстанция для питания подземных электропотребителей может устраиваться на поверхности или под землей, в специальной электрокамере (отдельной или совмещенной с центральной подземной подстанцией ЦПП).

2. На промплощадке предприятия устраивается понизительная трансформаторная подстанция ТП с помощью передвижных или стационарных комплектных трансформаторных подстанций (ПКТП или КТП), от которых получают питание электропотребители поверхностного и подземного комплекса. Эти потребители могут получать электроэнергию по схеме 1.
3. На промплощадке предприятия устраивается понизительная трансформаторная подстанция ТП с помощью передвижных или стационарных комплектных трансформаторных подстанций (ПКТП или КТП), от которых получают питание электропотребители поверхностного и подземного комплекса. Отличие от схемы 2 состоит в том, что потребители электрической энергии поверхностного и подземного комплекса получают питание от электрической сети с изолированной нейтралью трансформатора.

Трансформаторные подстанции участка строительства городских подземных сооружений могут питаться напряжением как от подстанции энергосистемы (напряжением 35—110 кВ), так и от подстанции городской электрической сети (напряжением 6—10 кВ). В качестве устройств управления и защиты, в зависимости от горно-геологических условий и условий окружающей среды, могут использоваться электрические аппараты общепромышленного или рудничного исполнения.

Опыт проектирования, строительства и эксплуатации УСГПС позволяет в большинстве случаев принимать принципиальные схемы их электроснабжения на основе сопоставления для аналогичных условий приведенных ранее основных схем электроснабжения. Если возникают сомнения при выборе рациональной схемы, то выбор ее следует производить на основании технико-экономического сравнения нескольких вариантов с обоснованием по надежности и безопасности эксплуатации.

2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

2.1. Выбор светильника

Применение электрического освещения, обеспечивающего требуемую нормами освещенность в подземных выработках, позволяет увеличить производительность труда, обеспечить санитарно-гигиенические условия на рабочих местах (уменьшение зрительной и общей утомляемости трудящихся) и т. д. Рациональное освещение должно удовлетворять следующим основным требованиям:

- освещенность рабочих поверхностей не должна быть ниже минимальной, установленной исходя из санитарно-гигиенических условий и предписанной отраслевыми Правилами технической эксплуатации ПТЭ;
- равномерность освещения одной и той же плоскости на протяжении 0,75 м не должна быть ниже 0,1—0,3 ($E_{\min} / E_{\max} \leq 0,1—0,3$);
- источники света не должны иметь большую мощность, а приборы освещения должны иметь специальное устройство для уменьшения слепящего действия источников света.

При расчете электрического освещения используют точечный метод, метод светового потока и метод удельной мощности.

В подземных выработках чаще всего применяют точечный метод, который не учитывает показатели освещаемого помещения (отражение стен и потолка). Исходными данными для применения данного метода служат кривая распределения силы света светильника и расстояние от светильника до заданной точки освещаемой поверхности. На рис. 2.1 представлен график к расчету освещенности.

Методика расчета электрического освещения в подземных выработках заключается в следующем:



Рис. 2.1. График к расчету освещенности:

Св — светильник; h — высота подвеса светильника (расстояние от почвы выработки до центра нити); a — расстояние по горизонтали между светильником и заданной точкой освещаемой поверхности (полурастояние между двумя светильниками); R — расстояние между светильником и заданной точкой освещаемой поверхности; α — угол наклона светильника; I_α — сила света светильника; E_n , E_r , E_v — соответственно нормальная, горизонтальная и вертикальная освещенности; $A-B$ — перпендикулярная плоскость; $O'-O$ — горизонтальная плоскость; $O-N$ — вертикальная плоскость.

- 1) выбирается тип светильника в зависимости от условий эксплуатации и условий окружающей среды;
- 2) на основании размеров освещаемой выработки принимаются высота подвеса светильника и расстояние между светильниками;
- 3) по формулам определяется освещенность в заданной точке освещаемой поверхности;
- 4) результат расчета сопоставляется с нормами освещенности.

Технические характеристики светильников, применяемых для освещения в подземных горных выработках, приведены в табл. П1 приложения.

Горизонтальную и вертикальную освещенности определяем по следующим выражениям:

$$E_r = \frac{\kappa_n \times I_\alpha \times \cos^3 \alpha}{\kappa_3 \times h^2}, \text{ лк}; \quad (2.1)$$

$$E_{\text{в}} = \frac{\kappa_{\text{п}} \times I_{\alpha} \times \cos^2 \alpha \times \sin \alpha}{\kappa_{\text{з}} \times h^2}, \text{ лк}, \quad (2.2)$$

где $E_{\text{г}}$, $E_{\text{в}}$ — соответственно горизонтальная и вертикальная освещенности, лк; $\kappa_{\text{п}} = F_{\text{л}}/1000$ — поправочный коэффициент; I_{α} — сила света лампы под углом α , определяемая из кривой светораспределения светильника, кд; $F_{\text{л}}$ — световой поток применяемой лампы, лм; $\kappa_{\text{з}} = 1,2 \div 2,0$ — коэффициент запаса, учитывающий запыление и загрязнение светильников (чем больше загрязненность светильника, тем больше принимается $\kappa_{\text{з}}$); h — высота подвеса светильника (от почвы выработки до центра нити), м.

Расстояние между светильниками, расположенными в подземных горных выработках при строительстве городских подземных сооружений, принимается от 6 до 12 м. Данное расстояние можно принять по соотношению

$$2a = (1,5 \div 2,0) \times h, \text{ м},$$

где $2a$ — расстояние между светильниками, м; h — высота подвеса светильника, м.

Результат расчета сопоставляется с нормами освещенности, приведенными в табл. П2 и табл. П3 (см. приложение). Если результат расчета меньше минимальной нормативной освещенности, то принимают светильник с большей силой света и повторяют расчет или уменьшают расстояние между светильниками, добиваясь результата, равного или превышающего норму минимальной освещенности.

2.2. Выбор мощности трансформатора для питания осветительной сети

Расчетная мощность трансформатора для питания осветительной сети выбирается по выражению

$$S_{\text{тр. осв. расч}} = \frac{\Sigma P_{\text{св}}}{1000 \times \eta_{\text{с}} \times \eta_{\text{св}} \times \cos \varphi_{\text{св}}}, \text{ кВ} \cdot \text{А}, \quad (2.3)$$

где $\Sigma P_{\text{св}}$ — суммарная мощность светильников, кВт; $\eta_{\text{с}} = 0,92 \div 0,95$ — КПД сети; $\eta_{\text{св}}$ — КПД выбранного светильника; $\cos \varphi_{\text{св}}$ — коэффициент мощности светильника.

Суммарная мощность светильников находится следующим образом:

$$\Sigma P_{ca} = P_{cb} \times n \times 10^{-3}, \text{ кВт}, \quad (2.4)$$

где P_{cb} — мощность выбранного светильника, Вт; $n = L/2a$ — число светильников, определяемое из технических условий; L — протяженность освещаемой выработки, м; $2a$ — расстояние между светильниками, м.

По табл. П4 приложения в зависимости от условий эксплуатации и напряжения питания светильников выбирается трансформатор или осветительный агрегат для питания осветительной сети на участке городского подземного строительства.

Необходимое число трансформаторов или осветительных агрегатов для питания осветительной сети устанавливается из выражения

$$n_{\text{тр}} = \frac{S_{\text{тр.осв.расч}}}{S_{\text{тр.кат}}}, \text{ шт.},$$

где $S_{\text{тр.кат}}$ — номинальная мощность по каталогу выбранного трансформатора или осветительного агрегата, кВт·А.

2.3. Выбор кабеля для питания осветительной сети

Сечение основной токонесущей жилы кабеля питания осветительной сети определяется из выражения

$$s = \frac{M}{c \times \Delta U}, \text{ мм}^2, \quad (2.5)$$

где M — момент нагрузки, приходящий на данный кабель, кВт·м; c — конструктивный коэффициент, зависящий от типа осветительного кабеля ($c = 8,5$ — для гибких кабелей с медными жилами); $\Delta U = 4\%$ — нормируемая величина потери напряжения в кабельной осветительной сети.

В связи с тем, что осветительный трансформатор устанавливается в центре питания осветительной сети, момент нагрузки на кабель, питающий осветительную сеть, находится из выражения

$$M = \frac{\Sigma P_{cb}}{2n_{\text{тр}}} \times \frac{L}{2n_{\text{тр}}}, \text{ кВт} \cdot \text{м}. \quad (2.6)$$

В зависимости от условий эксплуатации в качестве кабеля питания осветительной сети участка городского подземного строительства следует принимать кабели марки КГ, КГЭШ и др., предназначенные для прокладки в подземных горных выработках.

2.4. Расчет уставки МТЗ осветительного агрегата

Уставка максимальной токовой защиты МТЗ аппарата защиты осветительной сети определяется из условия

$$I_{уст} \geq 3 \times I_{осв.расч}, \text{ А}, \quad (2.7)$$

где $I_{осв.расч}$ — расчетный ток осветительной сети, приходящий на защищаемый кабель, который устанавливается из выражения

$$I_{осв.расч} = I_{св.расч} \times n', \text{ А}, \quad (2.8)$$

$I_{св.расч}$ — расчетный ток, проходящий через выбранный светильник, А; n' — число светильников, подключенных к данному кабелю, шт.

Расчетный ток светильника

$$I_{св.расч} = \frac{P_{св}}{U_{ном} \times \cos\varphi_{св}}, \text{ А}, \quad (2.9)$$

где $P_{св}$ — номинальная мощность выбранного светильника, Вт; $U_{ном}$ — номинальное напряжение осветительной сети, В; $\cos\varphi_{св}$ — коэффициент мощности светильника.

Число светильников, подключенных к защищаемому кабелю, составляет:

$$n' = \frac{L}{2a \times 2n_{тр}}, \text{ шт.}, \quad (2.10)$$

где L — протяженность всей осветительной сети, м; $2a$ — расстояние между двумя светильниками, м; $n_{тр}$ — число осветительных трансформаторов или осветительных агрегатов, шт.

По результатам расчета принимается ближайшая наибольшая стандартная величина уставки МТЗ осветительного агрегата.

3. РАСЧЕТ НАГРУЗОК И ВЫБОР МОЩНОСТИ УЧАСТКОВОЙ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ

Для определения расчетных нагрузок подземных электроустановок существует несколько методов, основной из которых — *метод коэффициента спроса*.

Коэффициентом спроса κ_c называется отношение устойчивой максимальной нагрузки электроприемников к их суммарной установленной мощности. Под устойчивой максимальной нагрузкой обычно понимают нагрузку за время не менее 30 мин. Коэффициент спроса учитывает степень загрузки и одновременности работы электродвигателей, их КПД, а также КПД сети. Величина κ_c принимается по табличным данным или определяется по эмпирическим формулам.

Для расчета мощности участковой трансформаторной подстанции составляется таблица электропотребителей участка (см. табл. 3.1) с указанием технических характеристик электродвигателей.

Расчетная мощность участковой трансформаторной подстанции находится по выражению

$$S_{\text{тр. расч}} = \frac{\kappa_c \times \Sigma P_{\text{ном}}}{\cos \varphi_{\text{ср. в3}}}, \text{ кВ}\cdot\text{А}, \quad (3.1)$$

где κ_c — коэффициент спроса; $\Sigma P_{\text{ном}}$ — суммарная номинальная мощность электропотребителей участка, кВт; $\cos \varphi_{\text{ср. в3}}$ — средневзвешенный коэффициент мощности электропотребителей участка.

Коэффициент спроса при работе электродвигателей с автоматической блокировкой очередности пуска определяется из выражения

$$\kappa_c = 0,4 + 0,6 \times \frac{P_{\text{ном. макс}}}{\Sigma P_{\text{ном}}}. \quad (3.2)$$

Таблица 3.1. Характеристика электропотребителей участка

Электропотребители	Количество	Тип электродвигателя	Количество	$P_{\text{ном}}$, кВт	$\Sigma P_{\text{ном}}$, кВт	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	$\eta_{\text{ном}}$
Проходческий комплекс КТ1-5,6	1			390	390		
1.1. Электродвигатель рабочего органа		АОП2-92-4	2	100	200	0,87	0,93
Бетононасос БН-40	1	АОП2-81-4	1	40	40	0,87	0,91
и т. д.							
<i>Итого: $\Sigma P_{\text{ном}}$</i>							

Коэффициент спроса при работе электродвигателей без автоматической блокировки очередности пуска вычисляется из выражения

$$k_c = 0,3 + 0,7 \times \frac{P_{\text{ном.мах}}}{\Sigma P_{\text{ном}}}, \quad (3.3)$$

где $P_{\text{ном.мах}}$ — номинальная мощность самого мощного электродвигателя участка, кВт; $\Sigma P_{\text{ном}}$ — суммарная номинальная мощность электропотребителей участка, кВт.

Средневзвешенный коэффициент мощности $\cos\varphi_{\text{ср.вз}}$ определяется из выражения

$$\cos\varphi_{\text{ср.вз}} = \frac{P_{\text{ном.1}} \times \cos\varphi_{\text{ном.1}} + P_{\text{ном.2}} \times \cos\varphi_{\text{ном.2}} + \dots + P_{\text{ном.л}} \times \cos\varphi_{\text{ном.л}}}{P_{\text{ном.1}} + P_{\text{ном.2}} + \dots + P_{\text{ном.л}}}, \quad (3.4)$$

где $P_{\text{ном.1}}, P_{\text{ном.2}}, \dots, P_{\text{ном.л}}$ — номинальные установленные мощности электроприемников участка, кВт; $\cos\varphi_{\text{ном.1}}, \cos\varphi_{\text{ном.2}}, \dots, \cos\varphi_{\text{ном.л}}$ — коэффициенты мощности соответствующих электроприемников участка.

Коэффициент спроса в зависимости от вида потребителей можно принять согласно табл. 3.2.

Мощность трансформаторной подстанции для питания электропотребителей участка выбирается из условия

$$S_{\text{тр.ном}} \geq S_{\text{тр.расч}}, \quad (3.5)$$

где $S_{\text{тр.ном}}, S_{\text{тр.расч}}$ — соответственно номинальная (по каталогу) и расчетная мощности трансформаторов.

Таблица 3.2. Значения коэффициента спроса различных потребителей

Электропотребители	Величина k_c
Переносной инструмент	0,1
Механизация околоствольного двора	0,15
Краны, тельферы при продолжительности включения ПВ = 40%	0,2
Породопогрузочные машины	0,2
Подъемники	0,3
Агрегаты буровые	0,3
Трансформаторы сварочные	0,3
Укладчики обделок	0,5
Транспортеры	0,5
Проходческие щиты и комплексы	0,6
Вентиляция	0,7
Мелкие нагревательные приборы	0,7
Насосы	0,75
Выпрямители электровозной откатки	0,95—0,65
Освещение	1,0

В зависимости от условий эксплуатации и исполнения трансформаторов по табл. П5 и табл. П6 (см. приложение) принимаются тип и мощность трансформаторной подстанции.

Для условий строительства городских подземных сооружений широко используются сухие силовые трансформаторы типа ТСН, ТСЗН, ТСГЛ и ТСЗГЛ. Трансформаторы первых двух типов — с обмотками, изготовленными из проводов с изоляцией «Номекс» класса нагревостойкости Н (80 °С), используются во многих отраслях народного хозяйства. Они предназначены для преобразования электрической энергии в электрических сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц и устанавливаются в промышленных помещениях и общественных зданиях, к которым предъявляются повышенные требования в части пожаробезопасности, взрывозащищенности, экологической чистоты.

В сухих трехфазных трансформаторах с эпоксидной литой изоляцией типа ТСГЛ и ТСЗГЛ для изоляции обмоток используется эпоксидный компаунд с кварцевым наполнителем.

4. РАСЧЕТ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ УЧАСТКА

Расчет кабельной сети участка сводится к определению таких сечений кабелей, которые удовлетворяли бы условию экономичности, обеспечивали бы подвод к потребителям электроэнергии с напряжением, достаточным для их нормальной работы. Кабели не должны перегреваться сверх допустимого значения. В соответствии с этим расчет кабельной сети сводится к выбору сечений кабелей по допустимому нагреву и по условиям экономичности с последующей проверкой по потере напряжения и по условиям пуска самого мощного и наиболее удаленного электродвигателя.

4.1. Выбор кабелей по допустимому нагреву

Для определения сечения кабеля по допустимому нагреву следует найти величину расчетного тока, проходящего по данному кабелю. Расчетный ток находится по выражению

$$I_{\text{расч}} = \frac{P_{\text{ном}} \times 10^3}{\sqrt{3} \times U_{\text{ном}} \times \cos \varphi_{\text{ном}}}, \text{ А}, \quad (4.1)$$

где $P_{\text{ном}}$ — номинальная мощность электродвигателя, получающего питание по данному кабелю, кВт; $U_{\text{ном}}$ — номинальное напряжение сети, В; $\cos \varphi_{\text{ном}}$ — номинальный коэффициент мощности электродвигателя.

Расчетный ток, проходящий по выбираемому кабелю, питающий группу электроприемников или весь участок, равен

$$I_{\text{расч}} = \frac{\kappa_c \times \Sigma P_{\text{ном}} \times 10^3}{\sqrt{3} \times U_{\text{ном}} \times \cos \varphi_{\text{ср.в}}}, \text{ А}, \quad (4.2)$$

где κ_c — коэффициент спроса для группы электроприемников, определяемый по формулам (3.2) или (3.3); $\Sigma P_{\text{ном}}$ — суммарная номинальная мощность, приходящаяся на данный кабель, кВт;