

Министерство образования и науки Российской Федерации
Российский государственный профессионально-педагогический университет
Уральское отделение Российской академии образования
Академия профессионального образования

И.М. Морозова, Ю.В. Кузнецов

Проектирование схем энергоснабжения промышленных предприятий и городов

Учебное пособие для курсового проектирования

Екатеринбург

2004

УДК 621.311 (075.8)

ББК 3-19 я 73-1

М 80

Морозова И.М., Кузнецов Ю.В. Проектирование схем энергоснабжения промышленных предприятий и городов: Учеб. пособие. Екатеринбург. 2004. Рос. гос. проф.-пед. ун-т, 2004. 86 с.

В пособии приведена методика выполнения курсового проектирования по дисциплине «Энергоснабжение промышленных предприятий и городов», а именно проектирование систем электро и теплоснабжения промышленных предприятий и жилищно-коммунального хозяйства. Систематизирован и представлен узкоспециальный справочный материал, позволяющий проводить расчеты без использования дополнительной литературы.

Учебное пособие предназначено для студентов всех форм обучения специальности 030500.19 – Профессиональное обучение (электроэнергетика, электротехника и электротехнологии) специализации 030504.19 – Электроэнергетика, энергоаудит, энергосбережение.

Рецензенты:

декан электроэнергетического факультета РГПТУ, академик международной энергетической академии, докт.техн.наук, профессор Г.К. Смолин;
доцент УГТУ-УПИ, к.т.н. А.А. Суворов

© И.М. Морозова, 2004

© Ю.В. Кузнецов, 2004

Введение

Целью дисциплины является подготовка специалистов, способных ставить и решать задачи по энергоснабжению объектов промышленных предприятий и жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). Курсовой проект по дисциплине является одним из основных видов учебных занятий и формой контроля учебной работы студентов, позволяющим закрепить полученные в результате изучения дисциплины знания в области освоения основных методов расчета электрических и тепловых нагрузок, выбора оптимальных схем энергоснабжения и соответствующих им электро- и теплоприемников, систем распределения энергоносителей и т.д., а также в определении технико-экономических показателей по принятым системам энергоснабжения.

Для успешного выполнения курсового проекта, обучающиеся должны знать новейшие достижения в технике электро- и теплоснабжения, владеть методами расчета электрических и тепловых нагрузок, уметь выбирать оборудование для энергообеспечения объектов предприятий и ЖКХ и определять эффективность их работы.

1. Рекомендации по организации и защите курсового проекта

Курсовой проект (КП) по дисциплине является одним из основных видов учебных занятий и формой контроля учебной работы студентов.

Выполнение КП осуществляется на заключительном этапе изучения учебной дисциплины, в ходе которого производится обучение применению полученных знаний и умений при решении комплексных задач, связанных со сферой профессиональной деятельности будущих специалистов.

Цели выполнения КП:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений по общепрофессиональным и специальным дисциплинам;

- углубление теоретических знаний в соответствии с заданной темой;
- формирование умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;
- формирование умений использовать справочную, нормативную и правовую документацию;
- развитие творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;

Сроки выполнения определяются учебным планом. Разработка тематики КП производится преподавателями кафедры.

Тема может быть предложена студентом при условии обоснования им ее целесообразности. Тема может быть связана с производственной практикой студента или с непосредственной работой (при заочной форме обучения). КП может стать составной частью раздела, главой дипломного проекта.

Структура КП

По содержанию КП может носить конструкторский или технологический характер. По структуре он состоит из пояснительной записки (ПЗ) и графической части. Пояснительная записка КП конструкторского характера включает:

- введение, в котором раскрывается актуальность и значение темы, формируется цель;
- расчетную часть с расчетами;
- описательную часть, в которой излагается принцип действия, конструкция, технологические особенности и другие обоснования принятых решений;
- организационно-экономическую часть;
- заключение, в котором содержатся выводы и рекомендации относительно возможностей использования материалов проекта;
- список литературы;

- приложения (таблицы).

Графическая часть КП конструкторского и технологического характера может быть представлена чертежами, схемами, графиками, диаграммами, таблицами.

Объем ПЗ должен быть не менее 5 страниц печатного текста (соответствуют 20 страницам рукописного) формата А4, а графической части - 2 листа формата А1.

КП оформляется и разрабатывается в соответствии с требованиями ЕСТД и ЕСКД.

Организация выполнения КП

Общее руководство и контроль за ходом выполнения КП осуществляет преподаватель соответствующей дисциплины.

На время выполнения проекта планируются консультации за счет объема времени, отведенного в рабочем учебном плане на консультации.

В ходе консультаций преподаватель разъясняет назначение и задачи, структуру и объем, принципы разработки и оформления, распределение времени, отвечает на вопросы.

Основными функциями руководителя КП являются:

- консультирование по вопросам содержания и последовательности выполнения;
- оказание помощи студентам в подборе необходимой литературы;
- контроль хода выполнения КП.

Пояснения к содержанию пояснительной записки

Введение

Следует отразить уровень и основные направления развития энергетики на данный момент времени.

От материала общего назначения перейти к значимости темы КП.

По объему - примерно 1 страница.

1.1 Общая часть

На основе данных темы создать представление о проектируемом объекте, о его назначении и характере технологического процесса.

Дать краткую характеристику силовых нагрузок, обеспечивающих технологический процесс, по режиму работы, роду тока, питающему напряжению и т. п.

1.2. Расчетно-конструкторская часть

1.2.1. Руководствуясь категорией надежности ЭСН объекта, дать определение этой категории.

В соответствии с категорией выбрать количество источников (трансформаторов).

Нагрузку распределить по РУ, обеспечивая достаточную надежность технологического процесса. Крупные потребители, резко отличающиеся по мощности и режиму работы, целесообразно присоединить непосредственно к ШНН.

1.2.2. Применив метод упорядоченных диаграмм (коэффициента максимума), в соответствии с распределением по РУ, рассчитать нагрузки.

В текстовой части данного пункта ПЗ показать расчет только различающихся нагрузок (по одной 3-фазного ДР и ПКР, 1-фазного и т. п.), а остальные рассчитываются аналогично.

Рассчитать и выбрать КУ, присоединив его на ШНН (централизованная компенсация реактивной мощности).

Заполнить таблицу «Сводная ведомость нагрузок» и выбрать силовой трансформатор с учетом КУ.

1.2.3. Рассчитать, выбрать и сформировать марки аппаратов защиты всех линий ЭСН.

Выбрать и сформировать марки всех линий ЭСН с учетом соответствия аппарату защиты согласно условию $I_{\text{дат}} \geq K_{\text{зи}} I_{\text{у(п)}}$.

1.2.4. Составить для выбранной характерной линии расчетную схему и схему замещения, нанести на них необходимые данные, выбрать и пронумеровать точки КЗ.

Рассчитать токи КЗ в выбранных точках. Выполнить проверки элементов ЭСН характерной линии по токам КЗ и потере напряжения.

1.2.5. Выбрать и проверить силовые выключатели ВН.

1.2.6. Рассчитать заземляющее устройство электроустановок.

1.2.7. Рассчитать молниезащиту.

Выполнить чертеж 1 «Принципиальная однолинейная электрическая схема ЭСН ЭО...» в соответствии с полученными результатами.

1.2.8. Выполнить расчет тепловых нагрузок на вентиляцию.

1.2.9. Произвести расчет тепловых нагрузок на отопление.

1.2.9. Выполнить расчет тепловых нагрузок на ГВС (горячее водоснабжение).

Выполнить чертеж 2 «Принципиальная схема теплоснабжения» в соответствии с полученными результатами.

Заключение

Изложить выводы и рекомендации по дальнейшему использованию КП ЭСН

2. Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Энергоснабжение промышленных предприятий и городов»

2.1. Электроснабжение объектов

2.1.1. Расчет электрических нагрузок цеха. Выбор числа и мощности питающих трансформаторов

Методика расчета

Метод коэффициента максимума (упорядоченных диаграмм)

Это основной метод расчета электрических нагрузок, который сводится к определению максимальных (P_m , Q_m , S_m) расчетных нагрузок группы электроприемников.

$$P_m = K_m \cdot P_{cm} ;$$

$$Q_m = K'_m \cdot Q_{cm} ;$$

$$S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2} ,$$

где: P_m – максимальная активная нагрузка, кВт;

Q_m – максимальная реактивная нагрузка, квар;

S_m – максимальная полная нагрузка, кВ·А;

K_m – коэффициент максимума активной нагрузки;

K'_m – коэффициент максимума реактивной нагрузки;

P_{cm} – средняя активная мощность за наиболее нагруженную смену, кВт;

Q_{cm} – средняя реактивная мощность за наиболее нагруженную смену, квар.

$$P_{cm} = K_n \cdot P_n$$

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg} \varphi ,$$

где: K_n – коэффициент использования электроприемников, определяется на основании опыта эксплуатации по таблице 2.1.1;

P_n – номинальная активная групповая мощность, приведенная к длительному режиму, без учета резервных электроприемников, кВт;

$\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности;

$K_m = F(K_m, n_3)$ определяется по таблицам (графикам) (см. табл. 2.1.3), а при отсутствии их может быть вычислен по формуле:

$$K_m = 1 + \frac{1,5}{\sqrt{n_3}} \sqrt{\frac{1 - K_{н.ср}}{K_{н.ср}}},$$

где: n_3 – эффективное число электроприемников;

$K_{н.ср}$ – средний коэффициент использования группы электроприемников,

$$K_{н.ср} = \frac{P_{см.г}}{P_{н.г}},$$

где: $P_{см.г}$, $P_{н.г}$ – суммы активных мощностей за смену и номинальных в группе электроприемников, кВт;

$n_3 = F(n, m, K_{н.ср}, P_n)$ может быть определено по упрощенным вариантам (таблица 2.1.2),

где: n — фактическое число электроприемников в группе;

m — показатель силовой сборки в группе,

$$m = \frac{P_{н.нб}}{P_{н.нм}},$$

где: $P_{н.нб}$, $P_{н.нм}$ – номинальные приведенные к длительному режиму активные мощности электроприемников наибольшего и наименьшего в группе, кВт.

В соответствии с практикой проектирования принимается $K'_m = 1,1$ при $n_3 \leq 10$; $K'_m = 1$ при $n_3 > 10$.

Приведение мощностей 3-фазных электроприемников к длительному режиму

$P_n = P_n$ — для электроприемников ДР;

$P_n = P_n \sqrt{ПВ}$ — для электроприемников ПКР;

$P_n = S_n \cos\varphi \sqrt{ПВ}$ - для сварочных трансформаторов ПКР;

$P_n = S_n \cos\varphi$ - для трансформаторов ДР,

где: P_n , P_n - приведенная и паспортная активная мощность, кВт; S_n - полная паспортная мощность, кВА;

ПВ — продолжительность включения, отн. ед.

Приведение 1-фазных нагрузок к условной 3-фазной мощности

Нагрузки распределяются по фазам с наибольшей равномерностью и определяется величина неравномерности (Н)

$$H = \frac{P_{\phi_{\max}} - P_{\phi_{\min}}}{P_{\phi_{\max}}} \cdot 100\%$$

где: $P_{\phi_{\max}}$, $P_{\phi_{\min}}$ - мощность наиболее и наименее загруженной фазы, кВт.

При $H > 15\%$ и включении на фазное напряжение

$$P_y^{(3)} = 3P_{\phi}^{(1)},$$

где: $P_y^{(3)}$ - условная 3-фазная мощность (приведенная), кВт;

$P_{\phi}^{(1)}$ - мощность наиболее загруженной фазы, кВт.

При $H > 15\%$ и включении на линейное напряжение

$P_y^{(3)} = \sqrt{3}P_{\phi}^{(1)}$ - для одного электроприемника;

$P_y^{(3)} = 3P_{\phi}^{(1)}$ - для нескольких электроприемников.

При $H \leq 15\%$ расчет ведется как для 3-фазных нагрузок (сумма всех 1-фазных нагрузок).

Примечание. Расчет электроприемников ПКР производится после приведения к длительному режиму.

Определение потерь мощности в трансформаторе

Приближенно потери мощности в трансформаторе учитываются в соответствии с соотношениями

$$\Delta P = 0,02 S_{\text{нн}};$$

$$\Delta Q = 0,1 S_{\text{нн}};$$

$$\Delta S = \sqrt{\Delta P^2 + \Delta Q^2};$$

$$S_{\text{вн}} = S_{\text{нн}} + \Delta S;$$

Определение мощности наиболее загруженной фазы

При включении на линейное напряжение нагрузки отдельных фаз однофазных электроприемников определяются как полусуммы двух плеч, прилегающих к данной фазе (рис. 2.1.1)

$$P_A = \frac{P_{AC} + P_{AB}}{2}; \quad P_C = \frac{P_{BC} + P_{AC}}{2}; \quad P_B = \frac{P_{AB} + P_{BC}}{2}.$$

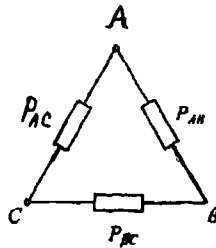


Рис. 2.1.1 Схема включения 1-фазных нагрузок на линейное напряжение

При включении 1-фазных нагрузок на фазное напряжение нагрузка каждой фазы определяется суммой всех подключенных нагрузок на эту фазу (рис. 2.1.2).

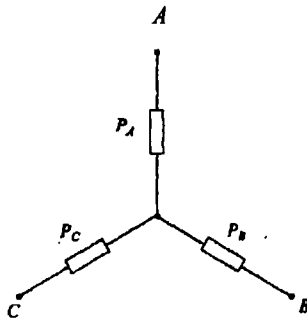


Рис. 2.1.2 Схема включения 1-фазных нагрузок на фазное напряжение

Таблица 2.1.1

Рекомендуемые значения коэффициентов

Наименование механизмов и аппаратов	K_n	K_c	$\text{COS } \phi$	$\text{tg } \phi$
1	2	3	4	5
Металлорежущие станки мелкосерийного производства с нормальным режимом работы (токарные, фрезерные, сверлильные, точильные, карусельные и т. п.)	0,14	0,16	0,5	1,73
Металлорежущие станки крупносерийного производства с нормальным режимом работы	0,16	0,2	0,6	1,33
Металлорежущие станки с тяжелым режимом работы (штамповочные прессы, автоматы, револьверные, обдирочные, зубофрезерные, а также крупные токарные, строгальные, фрезерные, карусельные, расточные)	0,17	0,25	0,65	1,17
Переносной электроинструмент	0,06	0,1	0,65	1,17
Вентиляторы, сантехническая вентиляция	0,6	0,7	0,8	0,75
Насосы, компрессоры, дизельгенераторы	0,7	0,8	0,8	0,75
Краны, тельферы	0,1	0,2	0,5	1,73
Сварочные трансформаторы	0,25	0,35	0,35	2,67
Сварочные машины (стыковые и точечные)	0,2	0,6	0,6	1,33
Печи сопротивления, сушильные шкафы, нагревательные приборы	0,75	0,8	0,95	0,33

Таблица 2.1.2

Упрощенные варианты определения n_s

n	$K_{н.ср}$	m	P_n	Формула для n_s
1	2	3	4	5
<5	$\geq 0,2$	≥ 3	Переменная	$n_s = \frac{\left(\sum_1^n P_n\right)^2}{\sum_1^n P_n^2}$
≥ 5	$\geq 0,2$	≥ 3	Постоянная	$n_s = n$
≥ 5	$\geq 0,2$	< 3	Переменная	$n_s = n$
≥ 5	$< 0,2$	< 3		n_s не определяется, а $P_n = K, P_{н.ср}$, где K , - коэффициент загрузки $K_{з(нкр)} = 0,75$ (повторно- кратковременный режим) $K_{з(дпр)} = 0,9$ (длительный режим) $K_{з(ар)} = 1$ (автоматический режим)
≥ 5	$\geq 0,2$	≥ 3		$n_s = \frac{2 \sum_1^n P_n}{P_{н.ср}}$
≥ 5	$< 0,2$	≥ 3		Применяются относительные единицы $n_s = n^* n;$ $n_s^* = F(n^*, P^*);$ $n^* = \frac{n_1}{n}; P^* = \frac{P_{н1}}{P_{нн}}$
>300	$\geq 0,2$	≥ 3		—

Примечание. В таблице 2. 1.2:

$K_з$ - коэффициент загрузки - это отношение фактической потребляемой активной мощности (P_ϕ) к номинальной активной мощности (P_n) электроприемника;

n^* - относительное число эффективных электроприемников определяется по таблице 2.1.4.;

n_1 - число электроприемников с единичной мощностью больше или равной $0,5P_{н.нб}$;

n_2 - относительное число наибольших по мощности электроприемников;

P^* - относительная мощность наибольших по мощности электроприемников.

Таблица 2.1.3

Зависимость $K_m = F(n_1, K_u)$

n_1	Коэффициент использования, K_u									
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	3.43	3.22	2.64	2.14	1.87	1.65	1.46	1.29	1.14	1.05
5	3.23	2.87	2.42	2	1.76	1.57	1.41	1.26	1.12	1.04
6	3.04	2.64	2.24	1.88	1.66	1.51	1.37	1.23	1.1	1.04
7	2.88	2.48	2.1	1.8	1.58	1.45	1.33	1.21	1.09	1.04
8	2.72	2.31	1.99	1.72	1.52	1.4	1.3	1.2	1.08	1.04
9	2.56	2.2	1.9	1.65	1.47	1.37	1.28	1.18	1.08	1.03
10	2.42	2.1	1.84	1.6	1.43	1.34	1.26	1.16	1.07	1.03
12	2.24	1.96	1.75	1.52	1.36	1.28	1.23	1.15	1.07	1.03
14	2.1	1.85	1.67	1.45	1.32	1.25	1.2	1.13	1.07	1.03
16	1.99	1.77	1.61	1.41	1.28	1.23	1.18	1.12	1.07	1.03
18	1.91	1.7	1.55	1.37	1.26	1.21	1.16	1.11	1.06	1.03
20	1.84	1.65	1.5	1.34	1.24	1.2	1.15	1.11	1.06	1.03
25	1.71	1.55	1.4	1.28	1.21	1.17	1.14	1.1	1.06	1.03
30	1.62	1.46	1.34	1.24	1.19	1.16	1.13	1.1	1.05	1.03
35	1.25	1.41	1.3	1.21	1.17	1.15	1.12	1.09	1.05	1.02
40	1.5	1.37	1.27	1.19	1.15	1.13	1.12	1.09	1.05	1.02
45	1.45	1.33	1.25	1.17	1.14	1.12	1.11	1.08	1.04	1.02
50	1.4	1.3	1.23	1.16	1.14	1.11	1.1	1.08	1.04	1.02
60	1.32	1.25	1.19	1.14	1.12	1.1	1.09	1.07	1.03	1.02
70	1.27	1.22	1.17	1.12	1.1	1.1	1.09	1.06	1.03	1.02
80	1.25	1.2	1.15	1.11	1.1	1.1	1.08	1.06	1.03	1.02
90	1.23	1.18	1.13	1.1	1.09	1.09	1.08	1.06	1.02	1.02
100	1.21	1.17	1.12	1.1	1.08	1.08	1.07	1.05	1.02	1.02

Таблица 2.1.4

Значения $n,^* = F(n^*, P^*)$

n^*	P^*																				
	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1		
1	2	3	4	5	6	7/8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
0,005	0,005	0,005	0,006	0,007	0,007	0,009	0,01	0,011	0,013	0,014	0,019	0,024	0,03	0,03	0,051	0,073	0,11	0,18	0,34		
0,01	0,009	0,011	0,012	0,013	0,015	0,017	0,019	0,023	0,026	0,031	0,037	0,047	0,059	0,059	0,1	0,14	0,2	0,32	0,52		
0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,011	0,011	0,019	0,026	0,36	0,51	0,71		
0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,13	0,16	0,16	0,27	0,36	0,48	0,64	0,81		
0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,12	0,15	0,18	0,22	0,22	0,34	0,44	0,57	0,72	0,86		
0,05	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,1	0,11	0,13	0,15	0,18	0,22	0,26	0,21	0,41	0,51	0,64	0,79	0,9		
0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,18	0,21	0,26	0,31	0,27	0,47	0,58	0,7	0,83	0,92		
0,08	0,08	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	0,15	0,17	0,2	0,24	0,28	0,33	0,4	0,33	0,57	0,68	0,79	0,89	0,94		
0,10	0,09	0,1	0,12	0,13	0,15	0,17	0,19	0,22	0,25	0,29	0,34	0,4	0,47	0,38	0,66	0,70	0,85	0,92	0,95		
0,15	0,14	0,16	0,17	0,2	0,23	0,25	0,28	0,32	0,37	0,42	0,48	0,56	0,67	0,48	0,8	0,88	0,93	0,95			
0,20	0,19	0,21	0,23	0,26	0,29	0,33	0,37	0,42	0,47	0,54	0,64	0,69	0,76	0,56	0,89	0,93	0,95				
0,25	0,24	0,26	0,29	0,32	0,36	0,41	0,45	0,51	0,57	0,64	0,71	0,78	0,85	0,72	0,83	0,95					
0,30	0,29	0,32	0,35	0,39	0,43	0,48	0,53	0,6	0,66	0,73	0,8	0,86	0,9	0,84	0,95						
0,35	0,33	0,37	0,41	0,45	0,5	0,56	0,62	0,68	0,74	0,81	0,86	0,91	0,94	0,95							
0,4	0,38	0,42	0,47	0,52	0,57	0,63	0,69	0,75	0,81	0,86	0,91	0,93	0,95								
0,45	0,43	0,47	0,52	0,58	0,64	0,7	0,76	0,81	0,87	0,91	0,93	0,95									
0,5	0,48	0,53	0,58	0,64	0,7	0,76	0,82	0,89	0,91	0,9	0,95										
0,55	0,52	0,57	0,63	0,69	0,75	0,82	0,87	0,91	0,94	0,95											
0,6	0,57	0,63	0,69	0,75	0,81	0,87	0,91	0,94	0,95												
0,65	0,62	0,68	0,74	0,81	0,86	0,91	0,94	0,95													
0,7	0,66	0,73	0,8	0,86	0,9	0,94	0,95														
0,75	0,71	0,78	0,85	0,9	0,93	0,95															
0,8	0,76	0,83	0,89	0,94	0,95																
0,85	0,8	0,88	0,94	0,95																	
0,9	0,85	0,92	0,95																		
1,0	0,95																				

Технические данные электроприемников

п/п	Наименование электроприемника	$P_{\text{н}}$, кВт	n	K_M	$\cos \varphi$	$tg \varphi$
1	2	3	4	5	6	7
1	3-фазный ДР	28	5	0,65	0,8	0,75
2	Вентиляторная установка	15	4	0,7		
3	Насосная установка	55	8			
4	Станок фрезерный	11,5	14	0,14	0,5	1,73
5	Станок токарный	14	12			
6	Станок строгальный	11	10			
7	Станок карусельный	40	2			
8	Станок наждачный	2,8	5			
9	Станок винторезный	15	6			
10	Станок расточный	42	2			
11	Станок шлифовальный	3	15			
12	Станок слиткооблицовочный	45	4			
13	Станок галтовочный	4	8			
14	Молот ковочный	15	7	0,24	0,65	1,17
15	Пресс штамповочный	4,5	12			
16	Автомат фрезерный	7,5	20	0,17	0,35	2,67
17	Печь индукционная	8	4	0,75		
18	Печь дуговая	30	4			
19	Печь сопротивления	35	6	0,8	0,95	0,33
20	Конвейер ленточный	35	2	0,55	0,75	0,88
21	Транспортер роликовый	10	3			
22	3-фазный ПКР Кран мостовой, ПВ = 25 %	30	2	0,05		
23	Тележка подвесная, ПВ = 40 %	4	8	0,1	0,5	1,73
24	Тельфер транспортный, ПВ = 60	10	3			
25	1-фазный ПКР Трансформатор сварочный, ПВ = 40 %	28 кВА	5	0,2	0,4	2,29
26	Аппарат дуговой сварки, ПВ =	16кВА	5	0,3	0,35	2,67
27	Аппарат стыковой сварки, ПВ =	14 кВА	5	0,35	0,55	1,51
28	Осветительная установка	9...11			1	
29	Газоразрядные лампы	Вт/м ²		0,85	0,95	0,33

2.1.2 Расчет и выбор компенсирующего устройства

Методика расчета

Для выбора компенсирующего устройства (КУ) необходимо знать:

- расчетную реактивную мощность КУ;
- тип компенсирующего устройства;
- напряжение КУ.

Расчетную реактивную мощность КУ можно определить из соотношения

$$Q_{к,р} = \alpha P_{н} (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi_{к}),$$

где: $Q_{к,р}$ — расчетная мощность КУ, квар;

α — коэффициент, учитывающий повышение $\cos \varphi$ естественным способом, принимается $\alpha = 0,9$;

$\operatorname{tg} \varphi$, $\operatorname{tg} \varphi_{к}$ — коэффициенты реактивной мощности до и после компенсации.

Компенсацию реактивной мощности по опыту эксплуатации производят до получения значения $\cos \varphi_{к} - 0,92.. .0,95$.

Задавшись $\cos \varphi_{к}$ из этого промежутка, определяют $\operatorname{tg} \varphi_{к}$.

Значения $P_{н}$, $\operatorname{tg} \varphi$ выбираются по результату расчета нагрузок из «Сводной ведомости нагрузок».

- Задавшись типом КУ, зная $Q_{к,р}$ и напряжение, выбирают стандартную компенсирующую установку, близкую по мощности.

Применяются комплектные конденсаторные установки (ККУ) или конденсаторы, предназначенные для этой цели.

- После выбора стандартного КУ определяется фактическое значение $\cos \varphi_{ф}$

$$\operatorname{tg} \varphi_{ф} = \operatorname{tg} \varphi - \frac{Q_{к,ст}}{\alpha P_{н}},$$

где: $Q_{к,ст}$ — стандартное значение мощности выбранного КУ квар. По $\operatorname{tg} \varphi_{ф}$ определяют $\cos \varphi_{ф}$:

$$\cos \varphi_{\phi} = \cos(\arctg \varphi_{\phi})$$

Структура условного обозначения компенсирующих устройств

	у	к	н	0,38	75	у	з	
Установка								3 — для
Конденсаторная								внутренней установки
Регулируемый параметр:								Категория размещения
Н — напряжение								У — умеренный климат
Т — ток								Климатическое исполнение
Буква отсутствует - не регулируется								Мощность, квар
								Номинальное напряжение, кВ

Конденсатор				Категория размещения
				3 — в закрытых помещениях с естественной вентиляцией
Наполнитель:				Климатическое исполнение
М — масло				У — умеренный климат
С — синтетика				
Номинальное напряжение, кВ				Номинальная реактивная мощность, квар

2.1.3 Расчет и выбор аппаратов защиты и линий электроснабжения

Методика расчета

Для выбора аппарата защиты нужно знать ток в линии, где он установлен, тип его и число фаз.

- Токи (в амперах) в линии определяются по формуле

$$I_T = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot V_{н.т}} \text{ — сразу после трансформатора,}$$

где: S_T — номинальная мощность трансформатора, кВ·А;

$V_{н.т}$ — номинальное напряжение трансформатора, кВ. Принимается $V_{н.т} = 0,4$ кВ.

$$I_{PY} = \frac{S_{m.PY}}{\sqrt{3} \cdot V_{n.PY}} \text{ — линия к РУ (РП или шинопровод),}$$

где: $S_{m.PY}$ — максимальная расчетная мощность РУ, кВ·А;

$V_{n.PY}$ — номинальное напряжение РУ, кВ.

Принимается $V_{n.PY} = 0,38$ кВ.

$$I_d = \frac{P_d}{\sqrt{3} \cdot V_{n.d} \cdot \eta_d \cdot \cos \varphi_d} \text{ — линия к ЭД переменного тока,}$$

где: P_d — мощность ЭД переменного тока, кВт;

$V_{n.d}$ — номинальное напряжение ЭД, кВ;

η_d — КПД ЭД, отн. ед.

Примечание. Если ЭД повторно-кратковременного режима, то

$$P_d = P_{д.п} \cdot \sqrt{ПВ}.$$

$$I_{св} = \frac{S_{св} \cdot \sqrt{ПВ}}{\sqrt{3} \cdot V_n} \text{ — линия к сварочному трансформатору,}$$

где: $S_{св}$ — полная мощность сварочного 3-фазного трансформатора, кВ·А;

$ПВ$ — продолжительность включения, отн. ед.

- В сетях напряжения менее 1 кВ в качестве аппаратов защиты могут применяться автоматические выключатели (автоматы), предохранители и тепловые реле.

- Автоматы выбираются согласно условиям:

$$I_{н.а} \geq I_{н.р}; \quad I_{н.р} \geq I_{д.л} \text{ — для линии без ЭД;}$$

$$V_{н.а} \geq V_c; \quad I_{н.р} \geq 1,1 I_M \text{ — для линии с одним ЭД;}$$

$$I_{н.р} \geq 1,25 I_{д.л} \text{ — для групповой линии с несколькими ЭД,}$$

где: $I_{н.а}$ — номинальный ток автомата, А;

$I_{н.р}$ — номинальный ток расцепителя, А;

$I_{д.л}$ — длительный ток в линии, А;

I_M — максимальный ток в линии, А;

$V_{н.а}$ — номинальное напряжение автомата, В;

V_c — напряжение сети, В;

$$K_0 \geq \frac{I_0}{I_{н.р}}$$

$I_0 \geq I_{д.л}$ — для линии без ЭД;

$I_0 \geq 1,2I_n$ — для линии с одним ЭД;

$I_0 \geq 1,2I_{пик}$ — для групповой линии с несколькими ЭД,

где: K_0 — кратность отсечки;

I_0 — ток отсечки, А;

I_n — пусковой ток, А,

$$I_n = K_n \cdot I_{н.д},$$

где: K_n — кратность пускового тока. Принимается $K_n = 6,5 \dots 7,5$ — для АД;

$K_n = 2 \dots 3$ — для СД и МПТ;

$I_{н.д}$ — номинальный ток, А;

$I_{пик}$ — пиковый ток, А,

$$I_{пик} = I_{н.об} + I_m - I_{н.об},$$

где: $I_{н.об}$ — пусковой ток наибольшего по мощности ЭД, А;

$I_{н.об}$ — номинальный ток наибольшего в группе ЭД, А;

I_m — максимальный ток на группу, А.

Зная тип, $I_{н.д}$ и число полюсов автомата, выписываются все каталожные данные. Предохранители выбираются согласно условиям:

$I_{вс} \geq I_{д.л}$ — для линии без ЭД;

$I_{вс} \geq \frac{I_n}{1,6}$ — для линии с ЭД и тяжелым пуском;

$I_{вс} \geq \frac{I_n}{2,5}$ — для линии с ЭД и легким пуском;

$I_{вс} \geq \frac{I_n + I_{к.к}}{1,6}$ — для линии к РУ (РП или шинопровод);

$I_{вс} \geq 1,2 \cdot I_{св} \sqrt{ГПВ}$ — для линии к сварочному трансформатору,

где $I_{св}$ — ток плавкой вставки, А;

$$I_{н.п} \geq I_{вс}$$

где: $I_{н.п}$ — номинальный ток предохранителя, А.

- Тепловые реле выбираются согласно условию

$$I_{тр} \geq 1,25 \cdot I_{н.д}$$

где: $I_{тр}$ — ток теплового реле, номинальный, А.

Наиболее современными являются автоматы серии ВА и АЕ, предохранители серии ПР и ПН, тепловые реле серии РТЛ.

- Проводники для линий ЭСН выбираются с учетом соответствия аппарату защиты согласно условиям:

$I_{доп} \geq K_{зщ} \cdot I_{у(п)}$ — для линии, защищенной автоматом с комбинированным расцепителем;

$I_{доп} \geq K_{зщ} \cdot I_{вс}$ — для линии, защищенной только от КЗ предохранителем;

$I_{доп} \geq K_{зщ} \cdot I_{тр}$ — для линии с тепловым реле,

где: $I_{доп}$ — допустимый ток проводника, А;

$K_{зщ}$ — коэффициент защиты.

Принимают $K_{зщ} = 1,25$ — для взрыво- и пожароопасных помещений;

$K_{зщ} = 1$ — для нормальных (неопасных) помещений;

$K_{зщ} = 0,33$ — для предохранителей без тепловых реле в линии.

По типу проводника, числу фаз и условию выбора формируется окончательно марка аппарата защиты.

2.1.4. Расчет токов короткого замыкания

Методика расчета

Рассчитать токи короткого замыкания (КЗ) — это значит:

- по расчетной схеме составить схему замещения, выбрать точки КЗ;
- рассчитать сопротивления;
- определить в каждой выбранной точке 3-фазные, 2-фазные и 1-фазные токи КЗ, заполнить «Сводную ведомость токов КЗ».

- Схема замещения представляет собой вариант расчетной схемы, в которой все элементы заменены сопротивлениями, а магнитные связи — электрическими. Точки КЗ выбираются на ступенях распределения и на конечном электроприемнике.

Точки КЗ нумеруются сверху вниз, начиная от источника.

- Для определения токов КЗ используются следующие соотношения:

а) 3-фазного, кА;

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{V_{\kappa}}{\sqrt{3}Z_{\kappa}},$$

где: V_{κ} — линейное напряжение в точке КЗ, кВ;

Z_{κ} — полное сопротивление до точки КЗ, Ом;

б) 2-фазного, кА:

$$I_{\kappa}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\kappa}^{(3)} = 0,87 \cdot I_{\kappa}^{(3)};$$

в) 1-фазного, кА:

$$I_{\kappa}^{(1)} = \frac{V_{\kappa\phi}}{Z_n + \frac{Z_{\tau}^{(1)}}{3}},$$

где: $V_{\kappa\phi}$ — фазное напряжение в точке КЗ, кВ;

Z_n — полное сопротивление петли «фаза-нуль» до точки КЗ, Ом;

$Z_{\tau}^{(1)}$ — полное сопротивление трансформатора однофазному КЗ, Ом;

г) ударного, кА

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{\kappa}^{(3)},$$

где: K_y — ударный коэффициент, определяется по графику (рис.2.1.3),

$$\hat{E}_o = F \left(\frac{R_{\kappa}}{X_{\kappa}} \right)$$

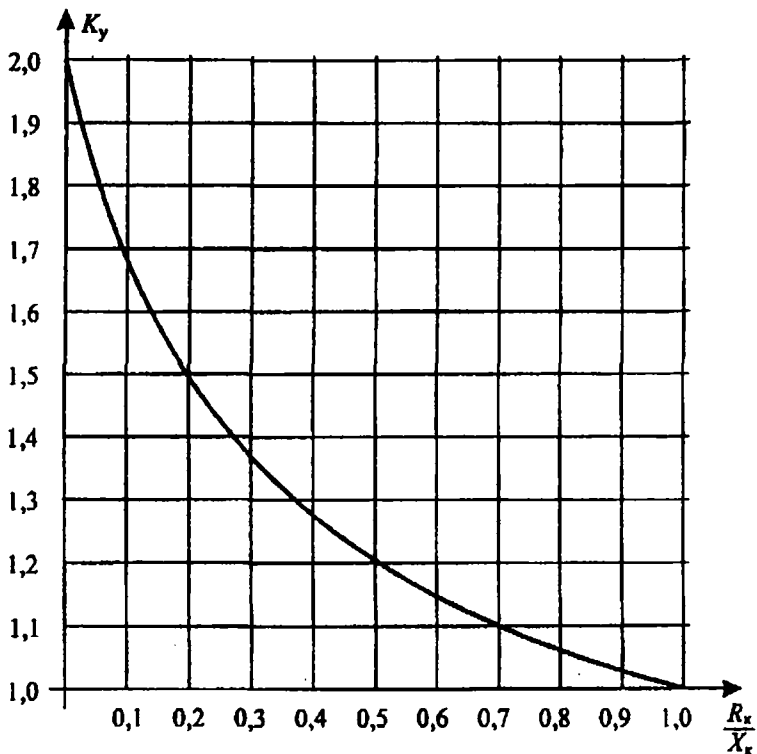


Рис. 2.1.3 Зависимость $\hat{E}_o = F\left(\frac{R_x}{X_r}\right)$

Примечание. График может быть построен при обратном соотношении, т. е.

$$\hat{E}_o = F\left(\frac{X_r}{R_x}\right);$$

д) действующего значения ударного тока, кА:

$$I_y = q \cdot I_r^{(3)},$$

где: q — коэффициент действующего значения ударного тока,

$$q = \sqrt{1 + 2(K_y - 1)^2}.$$

• Сопротивления схем замещения определяются следующим образом.

1. Для силовых трансформаторов по таблице 2.1.6 или расчетным путем из соотношений

$$R_{\tau} = \Delta P_{\kappa} \cdot \left(\frac{V_{\text{HH}}}{S_{\tau}} \right) \cdot 10^6;$$

$$Z_{\tau} = u_{\kappa} \cdot \frac{V^2}{S_{\tau}} \cdot 10^4;$$

$$X_{\tau} = \sqrt{Z_{\tau}^2 - R_{\tau}^2},$$

где: ΔP_{κ} — потери мощности КЗ, кВт;

u_{κ} — напряжение КЗ, %;

V_{HH} — линейное напряжение обмотки НН, кВ;

S_{τ} — полная мощность трансформатора, кВ·А.

2. Для токовых трансформаторов по таблице 2.1.7

3. Для коммутационных и защитных аппаратов по таблице 2.1.8.

Сопротивления зависят от $I_{\text{н.а}}$ аппарата.

Примечание. Сопротивление предохранителей не учитывается, а у рубильников учитывается только переходное сопротивление контактов.

4. Для ступеней распределения по таблице 2.1.9. Для линий ЭСН кабельных, воздушных и шинопроводов из соотношений

$$R_{\text{л}} = r_0 \cdot L_{\text{л}}; \quad X_{\text{л}} = x_0 \cdot L_{\text{л}},$$

где: r_0 и x_0 — удельные активное и индуктивное сопротивления, мОм/м;

$L_{\text{л}}$ — протяженность линии, м.

Удельные сопротивления для расчета 3-фазных и 2-фазных токов КЗ определяются по таблицам 2.1.10 - 2.1.11.

При отсутствии данных го можно определить расчетным путем:

$$r_0 = \frac{10^3}{\gamma \cdot S},$$

где: S — сечение проводника, мм²;

γ — удельная проводимость материала, м/(Ом · мм²).

Принимается $\gamma = 30$ м/(Ом · мм²) — для алюминия,

$\gamma = 50$ м/(Ом · мм) — для меди,

$$\gamma = 10 \text{ м}/(0\text{м} \cdot \text{мм}) \text{ — для стали.}$$

При отсутствии данных X_0 можно принять равным

$$X_{0\text{вл}} = 0,4 \text{ мОм}/\text{м} \text{ — для воздушных линий,}$$

$$X_{0\text{кл}} = 0,06 \text{ мОм}/\text{м} \text{ — для кабельных линий,}$$

$$X_{0\text{пр}} = 0,09 \text{ мОм}/\text{м} \text{ — для проводов,}$$

$$X_{0\text{ш}} = 0,15 \text{ мОм}/\text{м} \text{ — для шинопроводов.}$$

При расчете 1-фазных токов КЗ значение удельных индуктивных сопротивлений петли «фаза-нуль» принимается равным:

$$X_{0\text{л}} = 0,15 \text{ мОм}/\text{м} \text{ — для КЛ до 1 кВ и проводов в трубах,}$$

$$X_{0\text{п}} = 0,6 \text{ мОм}/\text{м} \text{ — для ВЛ до 1 кВ,}$$

$$X_{0\text{и}} = 0,4 \text{ мОм}/\text{м} \text{ — для изолированных открыто проложенных проводов,}$$

$$X_{0\text{ш}} = 0,2 \text{ мОм}/\text{м} \text{ — для шинопроводов.}$$

Удельное активное сопротивление петли «фаза-нуль» определяется для любых линий по формуле

$$r_{0\text{н}} = 2r_0$$

5. Для неподвижных контактных соединений значения активных переходных сопротивлений определяют по таблице 2.1.12.

Примечание. При расчетах можно использовать следующие значения K_y :

$K_y = 1,2$ — при КЗ на ШНН трансформаторов мощностью до 400 кВ·А;

$K_y = 1,3$ — при КЗ на ШНН трансформаторов мощностью более 400 кВ·А;

$K_y = 1$ — при более удаленных точках;

$K_y = 1,8$ — при КЗ в сетях ВН, где активное сопротивление не оказывает существенного влияния.

- Сопротивления элементов на ВН приводятся к НН по формулам

$$R_{\text{нн}} = R_{\text{вн}} \cdot \left(\frac{V_{\text{нн}}}{V_{\text{вн}}} \right)^2; \quad X_{\text{нн}} = X_{\text{вн}} \cdot \left(\frac{V_{\text{нн}}}{V_{\text{вн}}} \right)^2,$$

где: $R_{\text{нн}}$ и $X_{\text{нн}}$ — сопротивления, приведенные к НН, мОм;

$R_{\text{вн}}$ и $X_{\text{вн}}$ — сопротивления на ВН, мОм;

$V_{\text{нн}}$ и $V_{\text{вн}}$ — напряжение низкое и высокое, кВ.

Примечание. На величину тока КЗ могут оказать влияние АД мощностью более 100 кВт с напряжением до 1 кВ в сети, если они подключены вблизи места КЗ. Объясняется это тем, что при КЗ резко снижается напряжение, а АД, вращаясь по инерции, генерирует ток в месте КЗ. Этот ток быстро затухает, а поэтому учитывается в начальный момент при определении периодической составляющей и ударного тока

$$\Delta I_{\text{по(ад)}} = 4,5I_{\text{н(ад)}}; \quad \Delta i_y = 6,5I_{\text{н(ад)}},$$

где: $I_{\text{н(ад)}}$ — номинальный ток одновременно работающих АД.

Таблица 2.1.6

Сопrotвление трансформаторов 10/0,4 кВ

Мощность, кВ'А	R_T , мОм	X_T , мОм	Z_T , мОм	$Z_T^{(i)}$, мОм
25	153,9	243,6	287	3110
40	88	157	180	1949
63	52	102	114	1237
100	31,5	64,7	72	779
160	16,6	41,7	45	487
250	9,4	27,2	28,7	312
400	5,5	17,1	18	195
630	3,1	13,6	14	129
1000	2	8,5	8,8	81
1600	1	5,4	5,4	54

**Значение сопротивлений первичных обмоток катушечных
трансформаторов тока ниже 1 кВ**

К _{ТТ} трансформа- тора тока	Сопротивление, мОм класса точности			
	1		2	
	X _{ТТ}	г _{ТТ}	X _{ТТ}	г _{ТТ}
1	2	3	4	5
20/5	67	42	17	19
30/5	30	20	8	8,2
40/5	17	11	4,2	4,8
50/5	11	7	2,8	3
75/5	4,8	3	1,2	1,3
100/5	1,7	2,7	0,7	0,75
150/5	1,2	0,75	0,3	0,33
200/5	0,67	0,42	0,17	0,19
300/5	0,3	0,2	0,08	0,09
400/5	0,17	0,11	0,04	0,05
500/5	0,07	0,05	0,02	0,02

Таблица 2.1.8

**Значение сопротивлений автоматических выключателей,
рубильников, разъединителей до 1 кВ**

I _{н.зв} , А	Автомат			Рубильник	Разъединитель
	R _в , мОм	X _в , мОм	R _щ , мОм	R, мОм	R, мОм
1	2	3	4	5	6
50	5,5	4,5	1,3	—	—
70	2,4	2	1	—	—
100	1,3	1,2	0,75	0,5	—
150	0,7	0,7	0,7	0,45	—
200	0,4	0,5	0,6	0,4	—
1	2	3	4	5	6
400	0,15	0,17	0,4	0,2	0,2
600	11,12	0,13	0,25	0,15	0,15
1000	0,1	од	0,15	0,08	0,08
1600	0,08	0,08	од	—	0,06
2000	11,07	0,08	0,08	—	0,03
2500	0,06	0,07	0,07	—	0,03
3000	0,05	0,07	0,06	—	0,02
4000	0,04	0,05	0,05	—	—

Таблица 2.1.9

Значение переходных сопротивлений на ступенях распределения

Ступень	Место	$R_{ст}$, мОм	Дополнительные сведения
1	2	3	4
1	Распределительные устройства подстанции	15	Используются при отсутствии достоверных данных о контактах и их переходных сопротивлениях в сетях, питающихся от цеховых трансформаторов мощностью до 2500 кВ-А включительно
2	Первичные распределительные цеховые пункты	20	
3	Вторичные распределительные цеховые пункты	25	
4	Аппаратура управления электроприемников, получающих питание от вторичных РП	30	

Таблица 2.1.10

Значения удельных сопротивлений кабелей, проводов

S, мм ² жилы	r ₀ , мОм/м при 20°С		X ₀ , мОм/М	
	Al	Cu	кабель с бумажной поясной изоляцией	три провода в трубе или кабель с любой изоляцией (кроме бумажной)
1	2	3	4	5
1	—	18,5	—	0,133
1,5	—	12,3	—	0,126
2,5	12,5	7,4	0,104	0,116
4	7,81	4,63	0,095	0,107
6	5,21	3,09	0,09	од
10	3,12	1,84	0,073	0,099
16	1,95	1,16	0,0675	0,095
25	1,25	0,74	0,0662	0,091
35	0,894	0,53	0,0637	0,088
50	0,625	0,3?	0,0625	0,085
70	0,447	0,265	0,0612	0,082
95	0,329	0,195	0,0602	0,081
120	0,261	0,154	0,0602	0,08
150	0,208	0,124	0,0596	0,079
185	0,169	0,1	0,0596	0,78
240	0,13	0,077	0,0587	0,077

Таблица 2.1.11

**Значения удельных сопротивлений
троллейных шиннопроводов до 1 кВ**

Тип	I _{н.ав} , А	Сопротивление, мОм/м		
			x ₀	z ₀
1	2	3	4	5
ШТМ	250	0,315	0,18	0,36
	400	0,197	0,12	0,23
ШТА	250	0,474	0,15	0,496
	400	0,217	0,13	0,254

Таблица 2.1.12

Значение удельных сопротивлений комплектных шиннопроводов

Параметры	Тип комплектного шиннопровода						
	ШМА				ШРА		
1	2	3	4	5	6	7	8
I _{н.ав} , А	1250	1600	2500	3200	250	400	630
r ₀ , мОм/м	0,034	0,03	0,017	0,015	0,21	0,15	од
x ₀ , мОм/м	0,016	0,014	0,008	0,007	0,21	0,17	0,13
r _{0н(Ф-0)} , мОм/м	0,068	0,06	0,034	0,03	0,42	0,3	0,2
x _{0н(Ф-0)} , мОм/м	0,053	0,06	0,075	0,044	0,42	0,24	0,26
z _{0н(Ф-0)} , мОм/м	0,086	0,087	0,082	0,053	0,59	0,38	0,33

2.1.5 Выбор и проверка силовых выключателей ВН

Методика расчета

Выключатели ВН выбираются по напряжению, току, категории размещения, конструктивному выполнению и коммутационной способности. Должны быть выполнены условия

$$V_{н.в} \geq V_{н.у};$$

$$I_{н.в} \geq I_{н.у},$$

где: $V_{н.в}$ — номинальное напряжение выключателя, кВ;

$V_{н.у}$ — номинальное напряжение установки, кВ;

$I_{н.в}$ — номинальный ток выключателя, А;

$I_{н.у}$ — номинальный ток установки, А.

• Выключатели ВН проверяются:

а) на отключающую способность.

Должны быть выполнены условия

$$I_{н.откл} \geq I_{р.откл};$$

$$S_{н.откл} \geq S_{р.откл},$$

где: $I_{н.откл}$ и $I_{р.откл}$ — номинальное и расчетное значения токов отключения, кА;

$S_{н.откл}$ и $S_{р.откл}$ — номинальная и расчетная полные мощности отключения, МВ·А.

$$I_{р.откл} = I_{\infty}^{(3)};$$

$$S_{р.откл} = \sqrt{3} I_{р.откл} \cdot V_{н.у};$$

$$S_{н.откл} = \sqrt{3} I_{н.откл} \cdot V_{н.в},$$

где: $I_{\infty}^{(3)}$ — 3-фазный ток КЗ в момент отключения выключателя, действующее значение в установившемся режиме, кА;

б) на динамическую стойкость.

Должно быть выполнено условие

$$i_{ск} \geq i_y,$$

где: $i_{ск}$ — амплитуда предельного сквозного ударного тока КЗ выключателя, кА;

i_y — амплитуда ударного тока электроустановки, кА,

в) на термическую стойкость.

Должно быть выполнено условие

$$I_{тс} \geq I_{р.тс};$$
$$I_{р.тс} = I_{р.откл} \cdot \sqrt{\frac{t_{пр}}{t_{тс}}} = I_{р.откл} \cdot \sqrt{\frac{t_d}{t_{тс}}},$$

где: $I_{тс}$, $I_{р.тс}$ — токи термической стойкости, каталожный и расчетный, кА;

$t_{пр}$ — приведенное время действия КЗ, если отключение произойдет в зоне переходного процесса, с. Приближенно $t_{пр} \approx t_d$; t_d — время действия КЗ фактическое, с,

$$t_d = t_{рз} + t_{ов},$$

где: $t_{рз}$ — время срабатывания релейной защиты, с;

$t_{ов}$ — собственное время отключения выключателя, с.

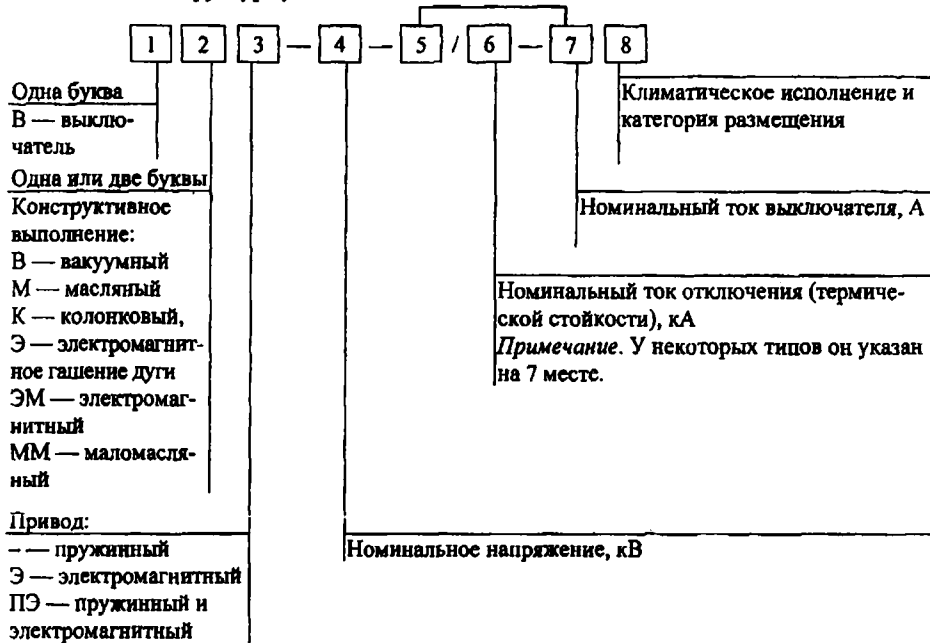
Примечание. Величина $t_{рз}$ определяется при расчете конкретной РЗ.

Величина $t_{ов}$ для быстродействующих выключателей $\leq 0,1$ с, а для небыстродействующих $> 0,1$ с.

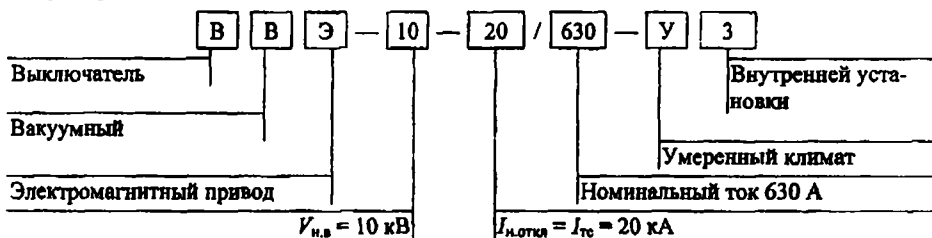
Время одного периода при частоте 50 Гц составляет 0,02 с. Время действия КЗ (t_d) для сетей 10 кВ составляет 1...3 с, значит, самое быстрое отключение произойдет через 50 периодов, что соответствует зоне давно установившегося КЗ (через 8... 10 периодов).

Каталожными данными являются: $V_{н.в}$, $I_{н.в}$, $i_{ск}$, $I_{тс}$, $I_{н.откл}$, $t_{ов}$.

Структура условного обозначения силового выключателя



Например:



Технические данные выключателей ВН на 10 кВ

Тип	Конструк- тивное ис- полнение	I _{н.в.} , А	Предельные		t _{то} , с	I _{н.откл.} кА	t _{ов} , с
			i _{ск} , кА	I _{то} , кА			
1	2	3	4	5	6	7	8
ВВЭ-1 0-20/630 УЗ -20/1000 -20/1600 -31,5/630 -31,5/1000 -31,5/1600 -31,5/2000 -31,5/3150	Вакуумные	630	52	20	3	20	0,05
		1000					
		1600					
		630	80	31,5		31,5	
		1000					
		1600					
		2000					
3150							
ВЭ-1 0-1250-20 УЗ -1600- -2500- -3600- -1250-31,5 УЗ -1600- -2500- -3600-	С электро- магнитным гашением дуги	1250	51	20	4	20	0,06
		1600					
		2500					
		3600					
	для КРУ	2500					
3600							
ВЭМ-ЮЭ-1 000-20 -1250-	Электро- магнитный	1000 1250	52	20	4	20	0,05
ВММ-10-400- -10-400-10 У1	Маломасля- ный	400	25	10	4	10	0,1
ВМПЭ-1 0-630-20 -10-630-31,5 У2	Масляный	630	52	20	4	20	0,25
			80	31,5		31,5	0,5
ВК-1 0-630-20 У2 -1000- -1600- -630-31,5 У2 -1000- -1600-	Колонковый масляный	630	52	20	4	20	0,05
		1000					
		1600					
		630	80	31,5		31,5	
		1000					
1600							
ВКЭ-1 0-20/630 УЗ -20/1000 -20/1600 -31,5/630 -31,5/1000 -31,5/1600		630	52	20	4	20	0,07
		1000					
		1600					
		630	80	31,5		31,5	
		1000					
		1600					

2.1.6 Расчет заземляющего устройства электроустановок

Методика расчета

Рассчитать заземляющее устройство (ЗУ) в электроустановках (ЭУ) с изолированной нейтралью (ИН) — это значит:

- определить расчетный ток замыкания на землю (I_3) и сопротивление ЗУ (R_3);

- определить расчетное сопротивление грунта (ρ_p);
- выбрать электроды и рассчитать их сопротивление;
- уточнить число вертикальных электродов и разместить их на плане.

Примечание. При использовании естественных заземлений

$$R_{\text{н}} = \frac{R_{\text{с}} \cdot R_{\text{з}}}{R_{\text{с}} - R_{\text{з}}},$$

где: $R_{\text{н}}$, $R_{\text{с}}$ — сопротивление искусственных и естественных заземлений, Ом.

Сопротивление заземления железобетонных фундаментов здания, связанных между собой металлическими конструкциями, определяется по формуле

$$R_{\text{с}} = \frac{\rho}{\sqrt{S}},$$

где: $\rho = 100$ Ом · м (суглинок);

S — площадь, ограниченная периметром здания, м .

Определение I_3 и R_3

В любое время года согласно ПУЭ

$$R_3 \leq \frac{250}{I_3},$$

где: R_3 — сопротивление заземляющего устройства, Ом (не более 10 Ом);

I_3 — расчетный ток замыкания на землю, А (не более 500 А).

Расчетный (емкостный) ток замыкания на землю определяется приближенно

$$I_3 = \frac{V_{\text{н}}(35L_{\text{нн}} + L_{\text{нл}})}{350}$$

где: V_n — номинальное линейное напряжение сети, кВ;

$L_{кл}$, $L_{вл}$ — длина кабельных и воздушных электрически связанных линий, км.

Примечание. В электроустановках с ИН до 1 кВ

$$R_3 \leq \frac{125}{I_3} \text{ (не более 4 Ом).}$$

При мощности источника до 100 кВА — не более 10 Ом.

По этой же формуле рассчитывают R_3 , если ЗУ выполняется общим для сетей до и выше 1 кВ.

При совмещении ЗУ различных напряжений принимается D наименьшее из требуемых значений (таблица 2.1.14).

Определение ρ_p грунта

$$\rho_p = K_{сез} \cdot \rho,$$

где: ρ_p — расчетное удельное сопротивление грунта Ом · м;

$K_{сез}$ — коэффициент сезонности, учитывающий промерзание и просыхание грунта, $K_{сез} = F$ (климатическая зона, вид заземлителей), принимается по таблице 2.1.15.

Выбор и расчет сопротивления электродов

Выбор электродов — по таблицам 2.1.16, 2.1.17.

Приближенно сопротивление одиночного вертикального заземления определяется по формуле

$$r_s = 0,3\rho_p.$$

Сопротивление горизонтального электрода (полосы) определяется по формуле

$$r_p = \frac{0,4\rho_p}{L_n} \cdot \lg \frac{2L_n^2}{b \cdot t},$$

где L_n — длина полосы, м;

b — ширина полосы, м; для круглого горизонтального заземлителя $b = 1,1d$;

t — глубина заложения, м.

Определение сопротивлений с учетом коэффициента использования.

$$R_s = \frac{r_s}{\eta_s}; \quad R_r = \frac{r_r}{\eta_r},$$

где R_s и R_r — сопротивление вертикального и горизонтального электродов с учетом коэффициентов использования, Ом;

η_s и η_r — коэффициенты использования вертикального и горизонтального электродов, определяются по таблице 2.1.18;

$$\eta = F(\text{тип ЗУ, вид заземлителя, } \frac{a}{L}, N_s),$$

где a — расстояние между вертикальными заземлителями, м;

L — длина вертикального заземлителя, м;

N_s — число вертикальных заземлителей.

Необходимое сопротивление вертикальных заземлителей с учетом соединительной полосы

$$R_s \leq \frac{R_r \cdot R_s}{R_r - R_s}.$$

Уточнение числа вертикальных электродов

Необходимое число вертикальных заземлителей определяется следующим образом:

$$N'_s = \frac{R_s}{R_s \eta_s} \quad (\text{при использовании естественных и искусственных заземлителей});$$

$$N'_s = \frac{R_s}{R_s \eta_s} \quad (\text{при использовании только искусственных заземлителей});$$

$$N'_s = \frac{R_s}{R_s \eta_{s,r}}$$

где $\eta_{в.ут}$ — уточненное значение коэффициента, использования вертикальных заземлителей.

Таблица 2.1.14

Наибольшие допустимые значения R_0 для 3-фазных сетей

Напряжение сети, кВ	Режим нейтрали	$R_{з.нб}$, Ом	Вид ЗУ
110 и выше	ЗН	0,5	Заземление
3...35	ИН	10	
0,66 0,38	ГЗН	2	Зануление
		4	
0,66; 0,38; 0,22	ИН	4	Заземление

Примечание. При удельном электрическом сопротивлении грунта более 100 Ом·м допускается увеличивать указанные выше значения в 0,01р раз, но не более 10-кратного.

Таблица 2.1.15

Коэффициенты сезонности $K_{сез}$

Климатическая зона	Вид заземлителя		Дополнительные сведения
	вертикальный	горизонтальный	
1	2	3	4
I	1,9	5,8	Глубина заложения вертикальных заземлителей от поверхности земли 0,5... 0,7м
II	1,7	4,0	Глубина заложения горизонтальных заземлителей 0,3... 0,8м
III	1,5	2,3	
IV	1,3	1,8	

Примечание. Зона I имеет наиболее холодный, IV — теплый климат;
 ρ — удельное сопротивление грунта, измерено при нормальной
 влажности, Ом·м, принимается по таблице 2.1.16

Таблица 2.1.16

Удельное сопротивление грунта (ρ)

Грунт	Торф	Глина, зем- ля садовая	Чернозем	Суглинок	Каменистая почва	Супесь	Песок с галькой
ρ , Ом·м	20	40	50	100	200	300	800

Таблица 2.1.17

Рекомендуемые электроды

Вид электрода	Размеры, мм	L, м	t, м
Стальной уголок	50 x 50 x 5	2,5..3	0,5..0,7
	60 x 60 x 6		
Круглая сталь	Ø12..16	5..6	Расчетная
Труба стальная	Ø60	2,5	
Полоса стальная	40x4	Расчетная	
Пруток стальной	Ø10..12		

Значения коэффициентов использования электродов

N _э	$\frac{a}{L}$						Дополнительные сведения
	1		2		3		
	$\eta_{\text{в}}$	$\eta_{\text{г}}$	$\eta_{\text{в}}$	$\eta_{\text{г}}$	$\eta_{\text{в}}$	$\eta_{\text{г}}$	
4	<u>0,69</u>	<u>0,45</u>	<u>0,78</u>	<u>0,55</u>	<u>0,85</u>	<u>0,7</u>	Числитель для контурного ЗУ, а знаменатель - для рядного
	0,74	0,77	0,83	0,89	0,88	0,92	
6	<u>0,62</u>	<u>0,4</u>	<u>0,73</u>	<u>0,48</u>	<u>0,8</u>	<u>0,64</u>	
	0,63	0,71	0,77	0,83	0,83	0,88	
10	<u>0,55</u>	<u>0,34</u>	<u>0,69</u>	<u>0,4</u>	<u>0,76</u>	<u>0,56</u>	
	0,59	0,62	0,75	0,75	0,81	0,82	
20	<u>0,47</u>	<u>0,27</u>	<u>0,64</u>	<u>0,32</u>	<u>0,71</u>	<u>0,45</u>	
	0,49	0,42	0,68	0,56	0,77	0,68	
30	<u>0,43</u>	<u>0,24</u>	<u>0,6</u>	<u>0,3</u>	<u>0,68</u>	<u>0,41</u>	
	0,43	0,31	0,65	0,46	0,75	0,58	

2.1.7. Расчет молниезащиты

Методика расчета

Рассчитать молниезащиту — это значит определить тип защиты, ее зону и параметры (таблица 2.1.19).

По типу молниезащита (м/з) может быть следующей:

- одностержневой;
- двухстержневой одинаковой или разной высоты;
- многократной стержневой;
- одиночной тросовой;
- многократной тросовой.

По степени надежности защиты различают два типа зон:

- А — степень надежности защиты $\geq 99,5\%$;
- Б — степень надежности защиты 95 ... 99,5 %.

Параметрами молниезащиты являются:

h — полная высота стержневого молниеотвода, м;

h_0 — высота вершины конуса стержневого молниеотвода, м;

h_x — высота защищаемого сооружения, м;

h_m — высота стержневого молниеприемника, м;

h_a — активная высота молниеотвода, м;

r_0, r_x — радиусы защиты на уровне земли и на высоте защищаемого сооружения, м;

h_c — высота средней части двойного стержневого молниеотвода, м;

$2r_c, 2r_x$ — ширина средней части зоны двойного стержневого молниеотвода на уровне земли и на высоте защищаемого объекта, м;

α — угол защиты (между вертикалью и образующей), град;

L — расстояние между двумя стержневыми молниеотводами, м;

a — длина пролета между опорами троса, м;

$h_{оп}$ — высота опоры троса, м;

$r_x + r'_x$ — ширина зоны тросового молниеотвода на уровне защищаемого сооружения, м;

$a + 2r_{cx}$ — длина зоны двойного тросового молниеотвода на уровне защищаемого сооружения, м;

$a + 2r_c$ — длина зоны двойного тросового молниеотвода на уровне земли, м. Ожидаемое количество поражений (N) молнией в год производится по формулам:

— для сосредоточенных зданий и сооружений (дымовые трубы, вышки, башни)

$$N=9\pi \cdot h_x^2 \cdot n \cdot 10^{-6},$$

где: h_x — наибольшая высота здания или сооружения, м;

n — среднегодовое число ударов молнии в 1 км^2 земной поверхности в месте нахождения здания или сооружения (т. е. удельная плотность ударов молнии в землю), $1/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$, определяется по таблице 2.1.20;

— для зданий и сооружений прямоугольной формы

$$N=[(B+6h_x)(A+6h_x)-7,7h_x^2]n \cdot 10^{-6},$$

где: A и B — длина и ширина здания или сооружения, м.

Примечание. Если здание и сооружение имеют сложную конфигурацию, то A и B — это стороны прямоугольника, в который вписывается на плане защищаемый объект.

Таблица 2.1.19

Расчетные формулы молниеотводов при $h \leq 150$ м

Зона А	Зона Б
1	2
Одиночные стержневые молниеотводы (рис.2.1.4)	
$h_0 = 0,85h$ $r_0 = (1,1 - 2 \cdot 10^{-3}h)h$	$h_0 = 0,92h$ $r_0 = 1,5h$
Двойные стержневые молниеотводы одинаковой высоты (рис. 2.1.5)	
При $L \leq h$ $h_c = h_0$ $r_{cx} = r_x$ $r_c = r_0$	
При $h < L \leq 2h$ $h_c = h_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4}h)(L - h)$ $r_c = r_0$ $r_{cx} = r_0 \cdot (h_c - h_x) \cdot \frac{1}{h_c}$	При $h < L \leq 6h$ $h_c = h_0 - 0,14(L - h)$ $r_c = r_0$ $r_{cx} = r_0 \cdot (h_c - h_x) \cdot \frac{1}{h_c}$
При $2h < L \leq 4h$ $h_c = h_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4}h)(L - h)$ $r_c = r_0 \left[1 - \frac{0,2}{h}(L - 2h) \right]$ $r_{cx} = r_c(h_c - h_x) \cdot \frac{1}{h_c}$	При $L > 6h$
При $L > 4h$	

Молниеотводы рассматривать как одиночные	Молниеотводы рассматривать как одиночные
Двойные стержневые молниеотводы разной высоты (рис 2.1.6)	
<p>Габаритные размеры торцевых областей зон защиты $h_{01}, h_{02}, r_{01}, r_{02}, r_{x1}, r_{x2}$ определяются как для одиночных стержневых молниеотводов. Габаритные размеры внутренней области зоны защиты определяются по формулам</p> $r_c = 0,5(r_{01} + r_{02}); h_c = 0,5(h_{01} + h_{02}); r_x = (h_c - h_x) \frac{r_x}{h_c}$ <p>Значения h_{c1} и h_{c2} определяются как для двойных стержневых молниеотводов одинаковой высоты</p>	

Продолжение табл. 2.1.19

1	2
Многократные стержневые молниеотводы (рис. 2.1.7)	
<p>Зона защиты строится посредством попарно взятых соседних стержневых молниеотводов. Основным условием защищенности одного или нескольких объектов высотой с надежностью зон А или Б является $r_{cx} > 0$</p>	
Одиночные тросовые молниеотводы (рис.2.1.8)	
$h_0 = 0,85h$ $r_0 = (1,35 - 25 \cdot 10^{-3}h)$	$h_0 = 0,92h$ $r_0 = 1,7h$
Двойные тросовые молниеотводы одинаковой высоты (рис. 2.1.9)	
<p>При $L \leq h$</p> $h_c = h_0$ $r_{cx} = r_x$ $r_c = r_0$	

<p align="center">При $h < L \leq 2h$</p> $h_c = h_0 - (0,14 + 5 \cdot 10^{-4}h)(L - h)$ $r'_x = \frac{L(h_0 - h_x)}{2(h_0 - h_x)}$ $r_c = r_0$ $r_{cx} = r_0 \cdot (h_c - h_x) \cdot \frac{1}{h_c}$	<p align="center">При $h < L \leq 6h$</p> $h_c = h_0 - 0,14(L - h)$ $r'_x = \frac{L(h_0 - h_x)}{2(h_0 - h_x)}$ $r_c = r_0$ $r_{cx} = r_0 \cdot (h_c - h_x) \cdot \frac{1}{h_c}$
<p>Двойные тросовые молниеотводы разной высоты (рис.2.1.10)</p>	
<p align="center">Значения $h_{01}, h_{02}, r_{01}, r_{02}, r_{x1}, r_{x2}$ определяются по формулам одиночных тросовых молниеотводов. Для определения размеров r_c и h_c используются формулы $r_c = 0,5(r_{01} + r_{02})$; $h_c = (h_{c1} + h_{c2})$.</p> <p align="center">Значения $h_{c1}, h_{c2}, r'_{x1}, r'_{x2}, r_{cx}$ вычисляются по выше приведенным формулам двойного тросового молниеотвода</p>	

Примечание. Для одиночного тросового молниеотвода h — это высота троса в середине пролета. С учетом провеса троса сечением 35...50 мм² при известной высоте опор ($A_{оп}$) и длине пролета (a) высота троса (в метрах) определяется по формулам

$$h = h_{оп} - 2 \text{ — при } a \leq 120 \text{ м;}$$

$$h = h_{оп} - 3 \text{ — при } 120 < a \leq 150 \text{ м.}$$

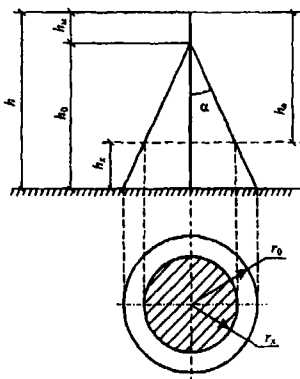


Рис.2.1.4 Зона одиночного стержневого молниеотвода

Зависимость $n = F(t_{\text{ср}})$

$t_{\text{ср}}, \text{ч/год}$	10... 20	21... 40	41... 60
$n, \frac{1}{(\text{км}^2 \cdot \text{год})}$	1	2	4
$t_{\text{ср}}, \text{ч/год}$	61... 80	81... 100	101 и
$n, \frac{1}{(\text{км}^2 \cdot \text{год})}$	5,5	7	8,5

Примечание. $t_{\text{ср}}$ — среднегодовая продолжительность гроз, ч/год.

Определяется по картам, составленным на основании метеосводок за 10 лет.

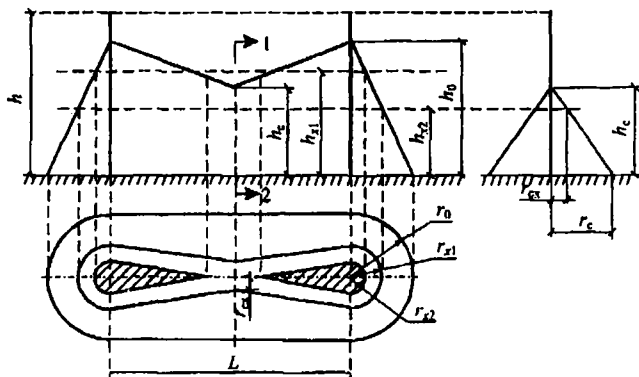


Рис.2.1.5 Зона защиты двойного стержневого молниеотвода равной длины

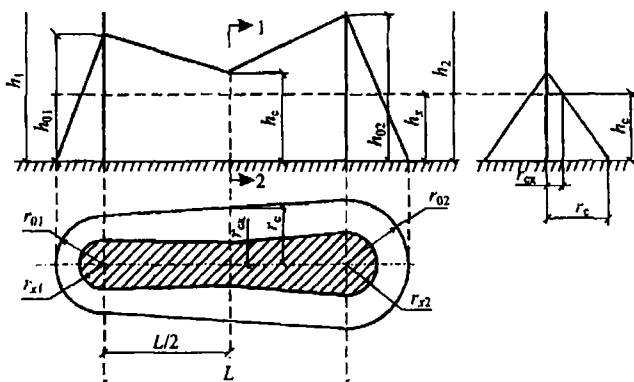


Рис. 2.1.6 Зона защиты двойного стержневого молниеотвода разной длины

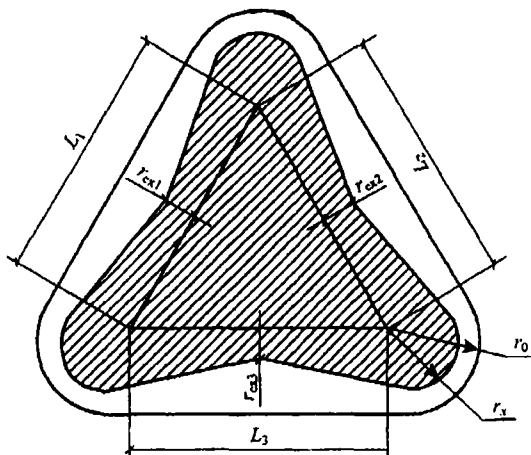


Рис.2.1.7 Зона защиты (в плане) многократного стержневого молниеотвода

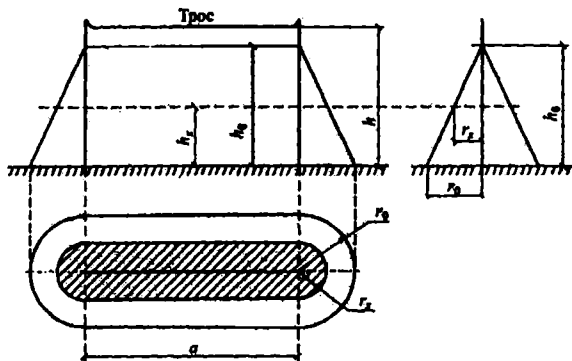


Рис.2.1.8 Зона защиты одиночного тросового молниесвода

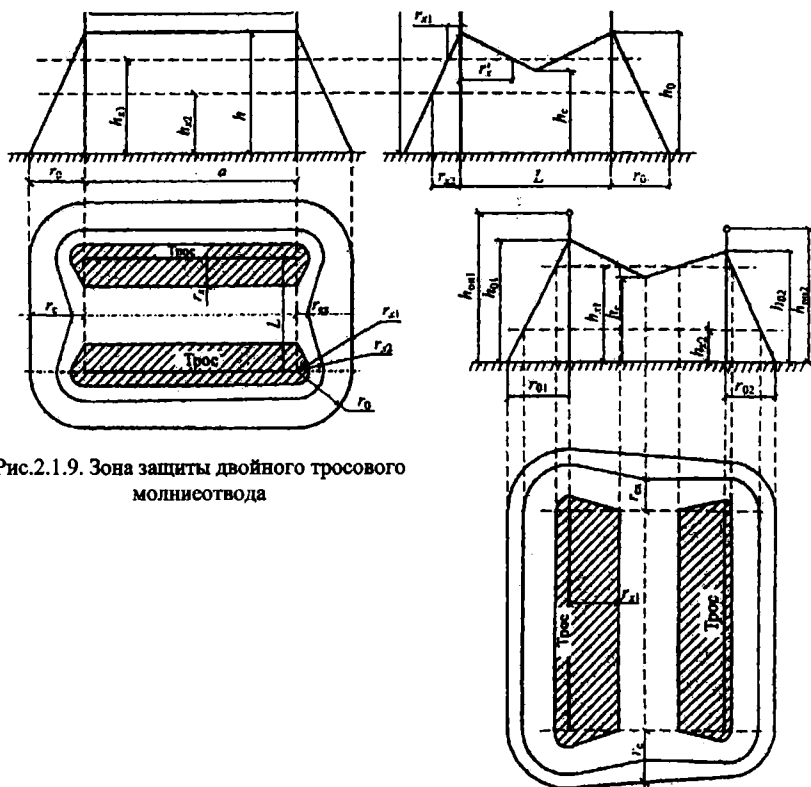


Рис.2.1.9 Зона защиты двойного тросового молниесвода

Рис.2.1.10 Зона защиты двух тросовых молниесводов разной высоты

2.2. Системы теплоснабжения.

2.2.1. Потребители теплоты и их тепловые нагрузки.

Основными потребителями тепловой энергии являются промышленные предприятия и жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ). Для большинства производственных потребителей тепловая энергия требуется либо в виде пара (насыщенного или перегретого), либо воды с температурой до 180° С.

В жилых и общественных зданиях температура поверхности отопительных приборов в соответствии с требованиями санитарно-гигиенических норм не должна превышать 95°С, а температура в кранах горячего водоснабжения (ГВС) должна быть не ниже 50-60° С в соответствии с требованиями комфортности и не выше 70° С по нормам техники безопасности. В связи с этим в системах отопления, вентиляции и ГВС применяется горячая вода. Вода, как теплоноситель, имеет ряд преимуществ перед паром: возможностью качественного регулирования тепловой нагрузки (изменением начальной температуры), отсутствием потерь конденсата греющего пара, значительной аккумулирующей способностью и дальностью теплоснабжения.

По изменению во времени тепловые нагрузки разделяются на сезонные и круглогодичные.

Сезонную нагрузку составляют – отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, которые в основном зависят от температуры наружного воздуха. Поэтому сезонная нагрузка имеет практически постоянный суточный и резкопеременный годовой графики.

Круглогодичную нагрузку составляют технологическое потребление тепла и ГВС. В отличие от сезонной нагрузки ГВС и технологическая нагрузка почти не зависят от температуры наружного воздуха, поэтому круглогодичная нагрузка имеет практически постоянный годовой и резкопеременный суточный графики. Например, пик потребления горячей воды населением приходится на утренние и вечерние часы (помывки, приготовление пищи).

2.2.2. Расчет тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию и ГВС.

При проектировании и разработке режимов эксплуатации систем теплоснабжения прежде всего определяются тепловые нагрузки и характер их изменения в течение суток и года.

В расчетах следует руководствоваться следующими строительными нормами и правилами (СН и П):

П – 3 - 79*, Строительная теплотехника с изменением №3 от 11.08.95;

2.01.01 – 82, Строительная климатология и вентиляция;

2 – 04 – 85, Внутренний водопровод и канализация зданий;

2 – 04 – 86, Тепловые сети;

2 – 04 – 05 – 91, Отопление, вентиляция и кондиционирование.

Отопление предназначено для поддержания температуры внутри помещений на уровне, соответствующим комфортным условиям. Последние определяются не только температурой, но также относительной влажностью, скоростью движения воздуха и целевого назначения помещения.

Например, для людей, живущих в умеренном климате и выполняющих легкую работу, комфортные условия зимой в помещении с небольшими теплоизбытками (внутренние источники тепла – сами люди, осветительные приборы, нагревательные плиты и т.д.) характеризуются сочетанием параметров: внутренняя температура воздуха в помещении 18 – 20°C , относительная влажность воздуха 30 – 60% и скорость его движения не более 0,2 м/с.

Необходимая температура воздуха внутри помещения обеспечивается равновесием между теплопотерями здания и притоком теплоты

$$Q = Q_0 + Q_{\text{вн}},$$

где Q – суммарные тепловые потери здания;

Q_0 – приток теплоты в здание через отопительную систему;

$Q_{\text{вн}}$ – внутренние источники теплоты.

Для жилых помещений принимается $Q_{\text{вн}} = 0$, для промышленных помещений $Q_{\text{вн}}$ может быть значительной, особенно с различными теплосиловыми установками.

Тепловые потери здания состоят из потерь теплоты через наружные ограждения (стены, окна и т.д.) и потерь теплоты в результате поступления холодного наружного воздуха через неплотности – потери инфильтрацией.

$$Q_{\text{т}} = (1 + \mu) Q$$

Коэффициент инфильтрации для жилых и общественных зданий $\mu = 0,03 - 0,06$ и для промышленных зданий $\mu = 0,25 - 0,3$.

Теплопотери от зданий рассчитываются по укрупненным показателям для каждого типа здания. При особых требованиях теплопотери рассчитываются по всем элементам ограждений – через стены, окна, пол и т.д. Сумма этих потерь с учетом поправочных коэффициентов является основой для проектирования систем отопления и вентиляции.

Максимальная отопительная нагрузка

$$Q = \alpha q_0 V (t_{\text{вп}} - t_{\text{нро}}) 10^{-6} \text{ Гкал/ч,}$$

где q_0 - удельная отопительная характеристика здания, ккал/(м³ ч К)

Она зависит от назначения здания (цех, столовая, жилой дом и т.п.) и года его постройки (см. табл.2.2.1.-2.2.3.)

V - объем здания по наружному обмеру, м³. При наличии чердака его объем включается в объем здания. Неотапливаемый подвал – не включается. Если подвал отапливается, то к объему надземной части здания добавляется 40% объема подвала. При обмере здания выступающие части (балконы) не учитываются.

$t_{вп}$ – расчетная температура воздуха в помещении. Она не равна комфортной температуре, требуемой санитарными нормами и правилами (Сан П и Н). Этим неявно учитывается тепловыделение от установленных в помещении осветительных приборов, газовых плит и др., и, наконец, от людей. (человек, в зависимости от его физической активности выделяет от 75 до 250 Вт). Например для школ $t_{вп} = 16^\circ \text{C}$, для жилых помещений $+ 20^\circ \text{C}$, в ванной комнате $+25^\circ \text{C}$, на лестничной клетке $+ 14^\circ \text{C}$ и т.д. Данные $t_{вп}$ имеются в СНиП на здания различного назначения («Жилые здания», «Больницы и поликлиники» и др.).

$t_{нро}$ – расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления. Максимальная нагрузка отопления соответствует самой низкой температуре наружного воздуха. Однако продолжительность самой низкой температуры, как правило, бывает небольшой по сравнению с отопительным периодом. Чтобы избежать чрезмерного превышения мощности тепловых установок, расчет максимального расхода теплоты на отопление производят по расчетной температуре наружного воздуха, которая равна средней температуре наиболее холодных пятидневок из восьми наиболее холодных зим за 50 – летний период. Величина $t_{нро}$ принимается по СН и П 2.01.01 – 82 для соответствующего намеченного пункта. Поскольку климат периодически изменяется, величина $t_{нро}$ также меняется. В Свердловске до 1982 года она равнялась минус 31°C , сейчас в Екатеринбурге она принимается минус 35°C . (Подробнее для климатических зон Свердловской области см. табл. 2.2.4)

α – поправочный коэффициент, учитывающий нелинейность зависимости между Q_0 и $(t_{вп} - t_{нро})$. При $t_{нро} = -30^\circ \text{C}$ $\alpha = 1,0$, с уменьшением величины $t_{нро}$ он увеличивается (см. табл. 2.2. 5.).

Вентиляция предназначена для поддержания внутри помещений определенного состава воздуха, который регламентируется санитарными

нормами. В процессе вентиляции (естественной или принудительной) из вентилируемого объема удаляется воздух с температурой, равной внутренней температуре помещения, а вместо него поступает холодный воздух с температурой, равной наружной температуре. Чтобы не увеличивать нагрузку на систему отопления, наружный воздух, подаваемый приточным вентилятором, нагревается в калориферах до расчетной температуры в помещении $t_{пр}$. Этим система вентиляции отличается от системы воздушного отопления, в которой воздух нагревается выше, до 40 - 50°C.

Максимальный расход теплоты на вентиляцию производят по укрупненным показателям по формуле, аналогичной для расчета нагрузки на отопление

$$Q_v = \alpha_v q_v V (t_{пр} - t_{нрв}) 10^{-6} \text{ Г кал/ч,}$$

где q_v – удельная вентиляционная характеристика здания, ккал/(м³чК). (см. табл. 2.2.1; 2.2.2; 2.2.3.)

Величина $t_{нрв}$ сейчас равна $t_{нро}$, но раньше для Свердловска она принималась минус 20°C.

Расход теплоты на вентиляцию жилых зданий, обычно не превышает 5 - 10% расхода теплоты на отопление и учитывается в значении q_0 . В промышленных зданиях расход теплоты на вентиляцию может иногда превышать расход теплоты на отопление.

Для производственных помещений с большим выделением вредных веществ чаще всего применяется система с воздушным отоплением. Оценка расхода теплоты на систему вентиляции в этом случае производится по формуле

$$Q_v = m_v V C_{vb}^- (t_{вп} - t_{нро}) 10^{-6} \text{ Г кал/ч,}$$

где C_{vb}^- – изохорная теплоемкость воздуха; принимается равной $C_{vb} = 0.3$ ккал/(м³К);

$t_{\text{п}}$ – температура нагретого в калорифере воздуха, подаваемого в помещение, °С;

m_v – кратность воздухообмена, под которой понимается отношение объема вентиляционного воздуха V_v , м³/ч к внутреннему объему вентилируемого помещения V , м³:

$$\pm m_v = V_v / V$$

Кратности притока присвоен знак (+), а вытяжки – знак (-). Зная кратность, определяют воздухообмен

$$V_v = \pm m_v V.$$

Для жилых, общественных и вспомогательных помещений воздухообмен регламентируется СН и П 2-04-05-91.

Многообразие технологических условий и вредностей часто не позволяет нормировать кратность воздухообмена производственных помещений; в этом случае воздухообмен или рассчитывается, или кратность его принимается предварительно до $m_v \leq 5$. К тому же авторегуляторы вентиляционных установок позволяют регулировать кратность обмена воздуха в широких пределах.

Значения Q_0 и Q_v дают максимальную тепловую мощность, которую необходимо иметь для обеспечения комфортных условий в самое холодное время.

Для расчета с поставщиком тепловой энергии необходимо определить средний годовой расход теплоты

$$Q_0^r = Q_0^{cp} n_0 \text{ гкал,}$$

где n_0 – продолжительность отопительного периода, ч.

Продолжительность отопительного периода согласно СН и П 2.01.01. – 82 определяется по числу дней с устойчивой среднесуточной температурой +

8⁰С и ниже. Эту температуру $t_{но} = 8^0\text{С}$ принято считать началом и концом отопительного периода для жилых и общественных зданий. Среднесуточная температура наружного воздуха, соответствующая началу и концу отопительного периода промышленных зданий с мощными внутренними источниками теплоты $Q_{вн}$, может быть определена по формуле

$$t_{но} = t_{сп} - \frac{Q_{вн}}{Q} (t_{сп} - t_{нро}) \leq +8^0\text{С}$$

Само начало отопительного сезона начинается тогда, когда температура наружного воздуха $t_{но} = 8^0\text{С}$ и ниже будет держаться в течение пяти суток подряд (иногда начало отопительного сезона определяется распоряжением главы муниципального образования). Конец отопительного сезона наступает после пятидневки с $t_{но} \geq 8^0\text{С}$.

Среднегодовая нагрузка за отопительный период

$$Q_o^{cp} = Q_o \frac{t_{сп} - t_{срн}}{t_{сп} - t_{нро}} \text{ Гкал/ч.},$$

где $t_{срн}$ - средняя за отопительный период наружная температура, принимается по СН и П 2.01.01 – 82 для соответствующего населенного пункта. Для климатических зон Свердловской области $t_{ср}$ представлен в табл. 2.2.4.

Для расчета средней тепловой нагрузки по месяцам для данной климатической зоны можно воспользоваться коэффициентами пересчета на среднюю температуру периода

$$Q_o^{cp} = K Q_o,$$

где

$$K = \frac{t_{сп} - t_{ср}}{t_{сп} - t_{нро}},$$

который дан в табл. 2.2.6 для I климатической зоны Свердловской области.

Эти же формулы и те же цифры применяют для расчета среднего годового потребления теплоты на вентиляцию.

Расход теплоты на горячее водоснабжение (ГВС) принимают по проектным данным. Если они отсутствуют, среднесуточный расход теплоты на ГВС в течение отопительного периода рассчитывают по формуле

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{сут}} = m_{\text{ГВС}}^{\text{сут}} \rho_{\text{в}} C_{\text{р.в}}^{\text{м}} (t_{\text{г}} - t_{\text{х}}) 10^{-6} \text{ Гкал/сутки.}$$

По СН и П 9.04.01 – 85 температуру горячей воды $t_{\text{г}}$ в местах водоразбора принимают не ниже 60°C для открытых систем водоразбора и не ниже 50°C для закрытых систем. Горячая вода не должна иметь температуру выше 75°C (чтобы не обжигала). Температуру холодной воды принимают для зимнего периода 5°C и летнего 15°C .

Удельная теплоемкость воды $C_{\text{р.в}}^{\text{м}} = 1 \text{ ккал/(кг К)}$.

Плотность воды $\rho_{\text{в}}$ при температуре 55°C равна 985 кг/м^3 ; с небольшой погрешностью ее принимают равной 1000 кг/м^3 .

Суточный расход горячей воды $m_{\text{ГВС}}^{\text{сут}}$ подсчитывается по формуле

$$m_{\text{ГВС}}^{\text{сут}} = \frac{n d_{\text{гп}} K_{\text{гп}}}{1000} \text{ м}^3/\text{сутки},$$

где $d_{\text{гп}}$ – среднесуточная норма горячей воды на одного потребителя в литрах в сутки. Норматив $d_{\text{гп}}$ устанавливает СН и П 2.04.01 – 85 с приложением №3, в котором водопотребление регламентируется достаточно подробно (см. табл.2.2.7). Нормы расхода воды установлены для основных потребителей и включают все дополнительные расходы (обслуживающим персоналом, душевыми для обслуживающего персонала, санузлы и т.д.). Преподавателей и технический персонал, например, в учебных заведениях в расчетное число потребителей не включают. На специальное потребление горячей воды, например на гидропроцедуры, норматив устанавливается отдельно.

n – расчетное число потребителей.

Коэффициент $K_{\text{гп}}$ учитывает режим работы предприятия (число смен в сутки, число рабочих суток в неделю и т.д.). Для жителей $K_{\text{гп}} = 1$.

Хотя в СН и П 2.04.01. – 85 указан норматив потребления горячей и холодной воды для жителей, но реально для жителей он устанавливается главой муниципальных образований (в Свердловской области – в соответствии с постановлением правительства области № 441–П от 23.05.97 г.) В частности, на каждого жителя Екатеринбурга установлена норма 120 л/сутки горячей воды, 160 л/сутки – холодной воды и, соответственно 280 л/сутки – водоотведение (канализация).

Годовое потребление воды рассчитывается по формуле

$$m_{гвс}^{год} = \tau_p m_{гвс}^{сут} \text{ М}^3/\text{год},$$

где τ_p – число дней (суток) работы здания, сооружения в год.

Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение

$$Q_{гвс}^{год} = Q_{гвс.з}^{сут} p_o + Q_{гвс.л}^{сут} (350 - p_o), \text{ Гкал/год},$$

где p_o – продолжительность отопительного периода, выраженное в сутках (табл.

2.2.4).

(в году принято 350 суток вместо 365 суток, так как 15 суток отводится на ремонт теплотрасс).

Суточные затраты тепла на горячее водоснабжение в летний период $Q_{гвсл}^{сут}$ отличаются от $Q_{гвсз}^{сут}$ в зимний период потому, что летом температуру холодной воды принимают 15 °С.

Соответственно

$$Q_{гвсл}^{сут} = Q_{гвсз}^{сут} \left(\frac{t_z - t_{хл}}{t_z - t_{л}} \right) K_n, \text{ Гкал/сутки}.$$

Для упрощения расчетов принимают, что продолжительность зимнего периода (когда $t_{хл} = 5^0\text{С}$) равна длительности отопительного периода, остальное – лето.

В соответствии с СН и П 2.04.07 – 86* для жилищно-коммунального центра коэффициент $K_n = 0,8$, так как для получения воды с нужной

температурой к холодной воде с температурой 15⁰С (летом) подмешивается меньше горячей воды, чем зимой при ее температуре 5⁰С.

Для ГВС производственных зданий этот коэффициент не вводят.

По приведенным выше формулам получается, что на одного жителя Екатеринбурга в месяц на ГВС тратится около 0,2 Гкал теплоты, а в год чуть меньше 2,4 Гкал.

2.2.3. Расход сетевой воды

Расход сетевой воды подсчитывается по формуле

$$m_{c.s} = \sum Q / \bar{C}_{pw} (t_{np} - t_{ob}) \text{ м}^3/\text{ч},$$

где: $\sum Q$ – сумма максимальных часовых тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию, ГВС и технологические нужды по зданию (сооружению), Гкал/ч;

t_{np} , t_{ob} – температура прямой и обратной воды соответственно, ⁰С.

Температура сетевой воды в течение отопительного сезона изменяется в широких пределах: от 60 до 150⁰С в подающей линии и от 30 до 70⁰С в обратной линии тепловой сети. В расчетах по минимуму принимается температурный перепад $t_{np}/t_{ob} = 95/70$;

\bar{C}_{pw} – изобарная удельная теплоемкость воды: $\bar{C}_{pw} = 1 \text{ ккал}/(\text{кгК})$.

2.2.4. Годовой график расхода теплоты

Годовой график расхода теплоты на отопление, вентиляцию, ГВС и технологические нужды по месяцам показаны на рис.2.2.1. Базовую часть графика составляет круглогодичная нагрузка на ГВС и технологию, которая практически имеет постоянный характер. Но здесь следует иметь в виду, что расход тепла на ГВС в отопительный период несколько выше, чем в остальное время года (назовем его летний период). Рассчитав ежемесячно тепловые нагрузки на отопление и вентиляцию, их суммируют с базовыми нагрузками на

ГВС и технологию и получают годовой график расхода тепла на здание (сооружение) по месяцам года.

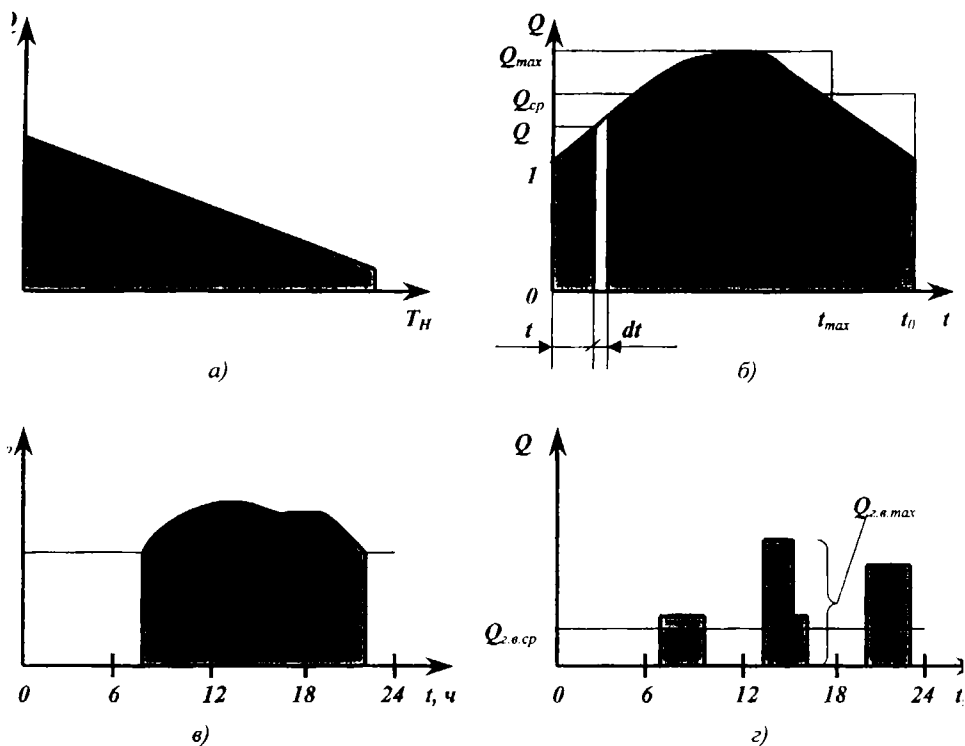


Рисунок 2.2.1. – Графики изменения тепловой нагрузки:

а – зависимость суммарного расхода теплоты Q от температуры T_n наружного воздуха; б – изменение тепловой нагрузки Q во времени t ; в – суточный график изменения расхода теплоты при двухсменной работе промышленного предприятия; г – суточный график при очень неравномерном теплоспотреблении

2.2.5. Нагревательные приборы

Нагревательные приборы передают тепло от теплоносителя помещению. К ним предъявляются свои гигиенические, технико-экономические, архитектурно-строительные и эксплуатационные требования. Например, гигиеническим требованиям отвечают приборы, обладающие гладкой скругленной формой (меньше оседает пыль), доступные для очистки; архитектурно-строительным – те, которые хорошо отвечают дизайну и конструкции помещения.

Приборы, теплоотдача которых в основном происходит конвекцией, относятся к конвекторам, а приборы, передающие свыше 25% тепла лучеиспусканием – к радиаторам.

Для удобства сравнения нагревательных приборов используется понятие об эквивалентном квадратном метре ($\text{Э}^{\text{к}}\text{М}^{\text{к}}$), под которым понимается площадь внешней поверхности прибора, отдающая 435 ккал/ч при разности средней температуры воды в приборе t_w и воздуха в помещении $t_{\text{в}}$

$$\Delta t_m = t_w - t_{\text{в}} = \frac{95 - 70}{2} - 18 = 64,5^{\circ}\text{C},$$

отвечающей наиболее характерным условиям водяного отопления.

Характерным для теплотехнической оценки является «коэффициент пересчета» - $K_{\text{пер}}$, отношение теплоотдачи 1м^2 того или иного прибора к теплоотдаче 1кв.м его поверхности при одинаковых Δt_m ($64,5^{\circ}\text{C}$) и условиях подачи воды в прибор.

Первыми для центрального отопления были приборы из гладких труб (рис.2.2.2), которые собираются чаще на сварке. Они обладают высокой теплоотдачей, но имеют значительные габариты по фронту.

Благодаря удобной очистке внешней поверхности, они устанавливаются главным образом в нижней зоне запыляемых помещений (древообделочные цеха, шлифовальные и т.п.), и применяются для отопления оранжерей, теплиц, переходов между зданиями и т.д. Теплоотдача гладких труб несколько

уменьшается с увеличением диаметра и числа их рядов по вертикали. Для одиночной трубы $d_y \leq 25$ мм, $K_{пер} = 1,79$ экм/м² и $d_y > 32$ мм, $K_{пер} = 1,57$ экм/м².

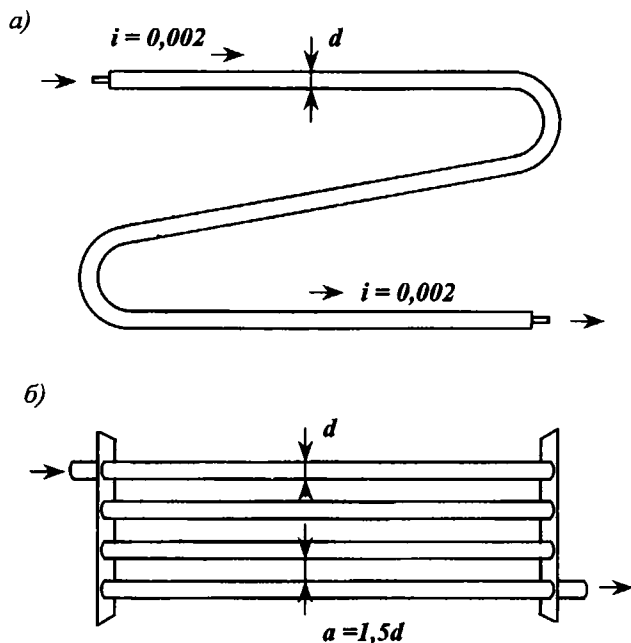


Рисунок 2.2.2. – Приборы из гладких труб
 а – змеевикового типа; б - регистр

Чаще нагревательные приборы изготовляют из серого чугуна с толщиной стенки 4 – 6 мм на давление до 0,6 МПа.

Чугунные секционные радиаторы называются **пристенными** (устанавливаются с зазором 20 – 30 мм от стены) и **панельными** (устанавливаются без зазора). Из отдельных секций удобно собирать прибор на любую расчетную теплоотдающую поверхность. Секция, например, двухканального радиатора М-140 состоит из двух вертикальных колонок эллиптического сечения–рис.2.2.3

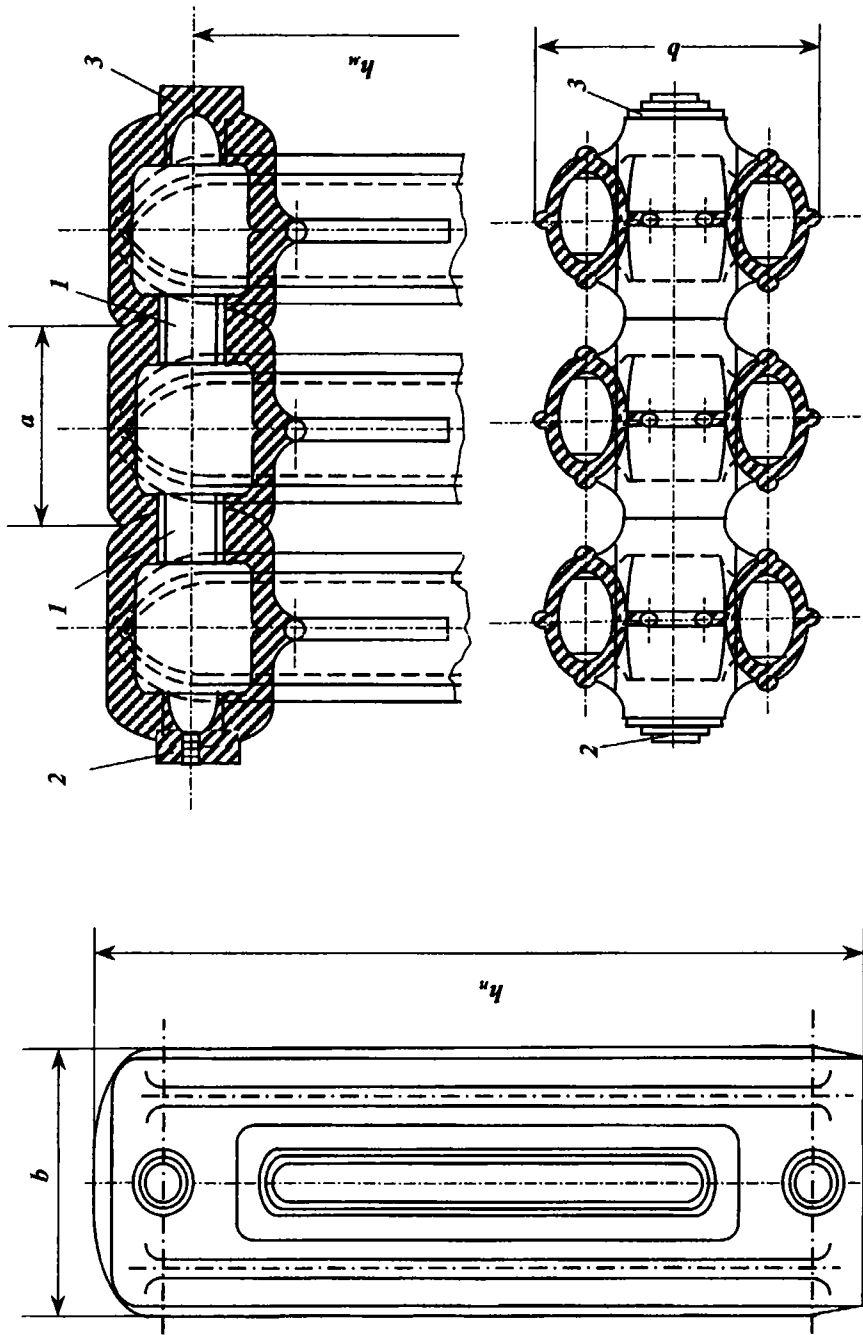
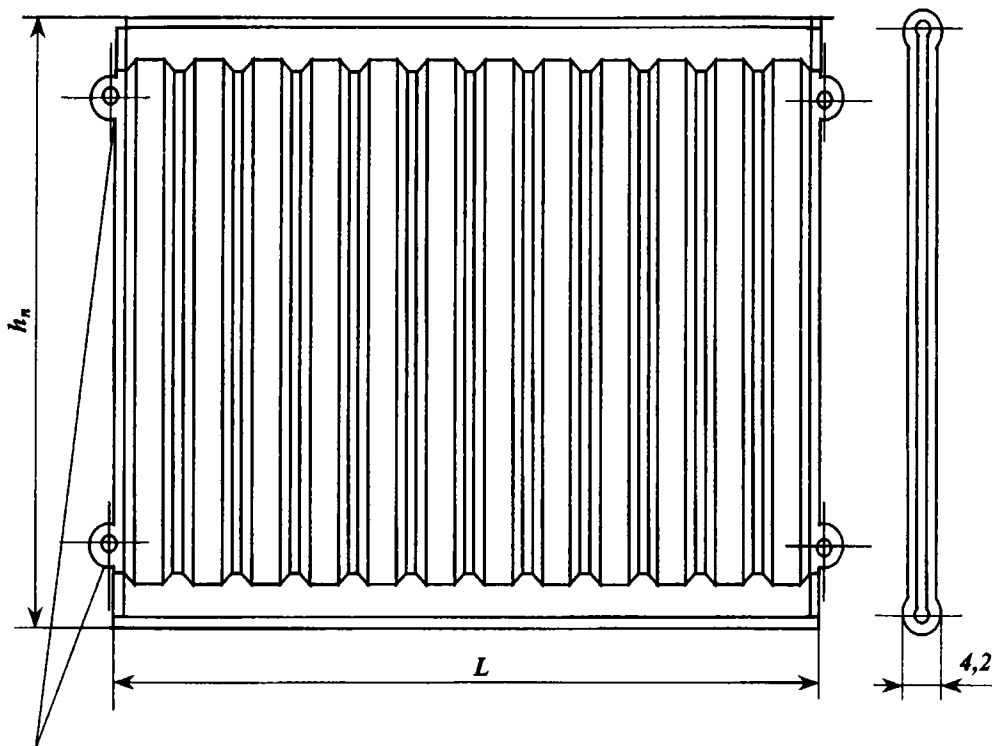


Рисунок 2.2.3.3. – Радиатор М-140
 1 – nipple; 2 – проходная радиаторная футорка для присоединения к трубопроводу;
 3 – глухая радиаторная пробка

Очень просты в изготовлении стальные панели из штампованных листов толщиной 1,25 – 1,5 мм (рис.2.2.4). Техническая характеристика одиночных нагревательных приборов дана в табл. 2.2.8; 2.2.9.

Приборы из ребристых и гладких труб из-за малой лучистой теплоотдачи называются **конвекторами** – рис. 2.2.4



Проушины для крепления

Рисунок 2.2.4. – Сварная двухлистовая панель МЗ с шовной сваркой по контуру и точечной (шаг 54 мм) – между колонками для циркулирующей воды

Применение в них коробчатого оребрения из листовой стали толщиной 0,8-1 мм позволяет резко увеличить поверхность нагрева и получить прибор значительной теплоотдачи и небольшой массы.

Теплоотдача прибора зависит от разности Δt_m , расхода теплоносителя, типа прибора, способа его установки т.д., что учитывается различными поправками β_i , т.е.

$$Q_1 = 435 \frac{\Delta t_{mi}}{64,5} \beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_4 \text{ ккал/ч},$$

где: 435 – теплоотдача 1 экм при $\Delta t_m = 64,5^\circ\text{C}$, ккал/ч;

Δt_{mi} - фактическая средняя разность температур воды и окружающего воздуха, $^\circ\text{C}$;

β_1 – коэффициент, учитывающий зависимость теплоотдачи приборов от Δt_{mi} ,

$$\beta_1 = \sqrt[n]{\Delta t_{mi} / 64,5},$$

при этом $n = 3$ - для радиаторов и $n = 4$ - для ребристых труб.

β_2 – коэффициент, зависящий от расхода греющей воды; $\beta_2 = 1$ при параллельном расходе воды на 1 м^2 поверхности радиатора менее 35 кг/ч;

$\beta_2 = 1,1-1,2$ – при последовательном соединении приборов.

β_3 – коэффициент, учитывающий расположение горизонтальных рядов труб по вертикали: при двухрядной установке $\beta_3 = 0,95$, при трех и более рядах $\beta_3 = 0,85$.

β_4 – коэффициент, зависящий от способа подачи и отвода воды от прибора; при подаче воды сверху вниз $\beta_4 = 1,0$ и наоборот $\beta_4 = 0,8$; при подаче и отводе воды внизу $\beta_4 = 0,9$.

Поверхность нагрева приборов определяется по формуле

$$F = Q_0 / Q_1 \text{ [экм]},$$

где: Q_0 – расчетная тепловая нагрузка на отопление, ккал/ч.

Количество секций устанавливаемого типа в приборе

$$n_c = F / f_c,$$

где: f_c – поверхность одной секции, экм. (см.табл. 2.2.8;2.2.9)

Выбор нагревательного прибора

Первый показатель для выбора – это прочность прибора. В паспорте радиатора она указывается как давление (пишутся две цифры: поменьше – рабочее, и побольше – опрессовочное, то есть испытательное). Дело в том, что для подъема теплоносителя на высоту требуется определенный напор – в 5 и 9-этажных домах рабочее давление, как правило, не превышает 6 атм. А в 12, 14 и, тем более, 22-этажных домах рабочее давление в системе отопления может достигать 15 атм. У чугунных радиаторов верхний предел рабочего давления 6 атм, иногда бывает 8-9 атм., опрессовочное – максимум 12-15атм. То есть ставить такой радиатор в высотном доме нельзя – разорвет.

Конкретно для вашей квартиры давление нужно узнавать в эксплуатирующей организации – РЭУ, ДЭЗе и т.д.

Второй показатель – стойкость к коррозии. Это тоже прочность, только химическая. В этом смысле очень хорош чугун, а, например, алюминий без специальной подготовки в условиях города очень быстро корродирует. Вода в централизованной системе отопления содержит добавки, которые оказывают на радиатор повышенное корродирующее воздействие. Алюминиевые радиаторы – только для коттеджей, где владелец сам заливает воду в отопительную систему и может добавить в нее антикоррозийные добавки. А в квартире, если вам хочется непременно алюминий (у этого металла есть свои преимущества – он лучше других отдает тепло), нужно ставить биметаллические конструкции – снаружи алюминий, а внутри, где есть контакт с водой, - сталь.

Третий принципиальный момент – мощность батареи, то есть ее способность обогревать. В паспорте обычно указывается мощность (в киловаттах) либо всей конструкции, либо одной секции (если радиатор собирается из нескольких секций). Резонный вопрос: а сколько киловатт надо? Формулы, которыми пользуются профессионалы, учитывают много

показателей, но для простого подсчета «на пальцах» сгодится правило 80 ватт на один квадратный метр, если комната более-менее стандартна: на улицу выходит одна стена, есть одно окно, высота потолка до 2,8 метров. Если потолки повыше, на улицу смотрят две стены и т.д. – количество ватт возрастает до 100-120.

Значит ли это, что достаточно просто сопоставить требуемую для помещения мощность с паспортной мощностью батареи? Увы, все не так просто. Мощность батареи зависит от «дельта Т» - разницы температуры теплоносителя и температуры в комнате. В паспорте обычно указывается мощность при «дельта Т» 60 и 70 – вторая цифра, естественно, будет выше. Чем, кстати, иногда пользуются некоторые недобросовестные продавцы, искусственно завышая показатели своего товара. Но это ведет к обратному результату – покупатель выбирает вместо десяти секций восемь, а они ему требуемой мощности не выдают.

Истинную температуру теплоносителя вы можете узнать опять же в РЭУ или ДЭЗе. В дворах стоят Центральные тепловые пункты (ЦТП), где обязательно измеряются две температуры теплоносителя – подача (вода, уходящая в квартиру) и «обратка» - возвращающаяся. Для Москвы этот показатель чаще всего 95 °С и 75 °С некое среднее арифметическое этой температуры и есть у вас в батареях. Но иногда температура подачи зашкаливает и за 105 °С (напомним, что вода кипит при 100 °С лишь при нормальном давлении – в ЦТП она приходит при 130 °С).

Добавим здесь, что наши теплоносители отнюдь не самые холодные. В Европе, даже в Скандинавских странах, считают исходя из «дельта Т» 50, то есть температура воды в батарее не выше 68 °С. Не потому, что не могут разогреть теплоноситель больше, а потому, что раскаленная батарея – источник повышенной опасности, об нее можно обжечься. Пусть уж лучше будет похолоднее, но зато помассивнее...

Ну и наконец, при выборе батареи нужно смотреть на дизайн. Не забудьте спросить у продавца сертификат качества и поинтересуйтесь

возможностью использовать данный тип оборудования в центральных отопительных системах.

Стоимость батарей

Батареи (как, впрочем, и все прочие товары) могут быть отечественными и импортными. Как говорят специалисты, особых различий по качеству между ними нет. Импортные подороже, зато предлагают больше вариантов внешнего вида, более широкий выбор. Отечественные чугунные радиаторы стоят около 100 рублей за одну секцию. Обычно они 4- и 7-секционные, но может набираться и большее количество за счет ниппельного соединения. Есть еще белорусские радиаторы – у них современнее дизайн, более плоская лицевая поверхность. Стоят они подороже – порядка 120-140 рублей за секцию.

Из импортных более всего распространены итальянские алюминиевые различных фирм, цена которых в розницу – порядка 10-12 долларов за секцию. Примерно столько же стоят испанские чугунные. Итальянские и испанские биметаллические (внутренняя стальная трубка в 5 мм толщиной выдерживает рабочее давление до 20 атмосфер) могут работать в высотных домах и становятся хорошей альтернативой конвекторам «советского» дизайна. Но их цена повыше – 15-16 долларов за секцию.

Если же вы живете в доме, где рабочее давление в отопительной система не превышает 6 атмосфер, то хорошим конкурентом «гармошкам» могут стать стальные панели. В этих батареях, по внешнему виду напоминающих масляный радиатор, совмещен принцип радиатора и конвектора (есть и много каналов для теплоносителя, и решеточка). Они и самые дешевые. Если пересчитать стоимость на киловатт – получается порядка 35-40 долларов. Для сравнения – для алюминиевых этот показатель в районе 70 долларов, у чугуна – 100-110, у биметалла – порядка 150.

Размещение и установка отопительных приборов

Столь сложную работу, разумеется, не стоит делать самостоятельно, а лучше привлечь специализированную фирму. Но и хозяину квартиры придется изрядно похлопотать. Предстоит визит в РЭУ или ДЭЗ. Помимо уже упоминавшегося выяснения давления и температуры в системе, там еще неплохо было бы получить разрешение на замену радиаторов. Все-таки дом – сложная и взаимосвязанная система, и поменяв что-то у себя, можно хорошо «подсадить» другие квартиры. Мы далеки от мысли, что разрешение получают все (многие жители новостроек могут рассказать истории о том, как вначале было тепло, а потом становилось все холоднее – потому что соседи наращивали батареи, «оттягивая» все тепло себе), но, по совести, это сделать бы неплохо.

Еще одна причина, по которой визит в эксплуатирующие службы необходим – нужно отключить подачу воды в стояки. Цены на это в Москве не сложились, все зависит от аппетитов конкретного сотрудника. Иногда просят и 400 рублей за час – это при том, что для установки обычно нужно 2-3 часа: снять старые батареи, все промерить, повесить новые, поставить арматуру.

Что касается расценок самих фирм, что в среднем она – в районе 80 долларов «за точку», то есть за одну батарею. Окончательно цена зависит от многих факторов – здесь играет роль не только конструкция самой батареи и подводки, но и состояние квартиры. Если квартира с ремонтом, отделанная, то рабочим придется изворачиваться, например, не пользоваться сваркой. А рост сложности – это увеличение и времени, и цены. Так что лучше менять батареи пораньше, на стадии ремонта.

И еще одно. Если конструктивно это возможно, попросите установщиков подсоединить батарею диагонально – то есть, чтобы вход и выход были с разных сторон. От этого улучшится ток воды внутри, и батарея значительно большее время не засорится.

Внешний вид конструкций и способ установки отопительных приборов должны гармонировать с архитектурным оформлением помещения.

Отопительные приборы следует располагать преимущественно под окнами у наружных стен. В этом случае приборы создают равномерный обогрев помещения и препятствуют появлению токов холодного воздуха над полом и возле окон. Все отопительные приборы устанавливаются без ограждений и, по возможности, в нишах.

Отопительные приборы, как правило, устанавливаются на кронштейнах с подводками длиной не более 1 - 1,25 м. Окраска наружной поверхности отопительных приборов с применением алюминиевого или бронзового порошка, декоративные гальванические покрытия и прочие виды отделки и декоративных решеток, снижающие лучистую теплоотдачу, не рекомендуются.

Конвекторы с боковым выпуском нагретого воздуха устанавливаются в нишах под окнами, а с верхним выпуском воздуха – у глухих стен и перегородок без ниш.

Светлая окраска приборов уменьшает теплоотдачу лишь на 1-2%, но алюминиевое или медное покрытие – на 25%; увеличение теплоотдачи на 3-5% обеспечивает окраска в темные тона. Установка за прибором светоотражательного листа увеличивает теплоотдачу прибора.

Таблица 2.2.1

Удельные тепловые характеристики жилых зданий

Наружный строительный объем зданий, м ³	Удельная отопительная характеристика зданий q ₀ , ккал/м ³ ч°С		Наружный строительный объем зданий, м ³	Удельная отопительная характеристика зданий q ₀ , ккал/м ³ ч°С	
	Постройки до 1958 г.	Постройки после 1958 г.		Постройки до 1958 г.	Постройки после 1958 г.
100	0,74	0,92	4000	0,40	0,47
200	0,66	0,82	4500	0,39	0,46
300	0,62	0,78	5000	0,38	0,45
400	0,60	0,74	6000	0,37	0,43
500	0,58	0,71	7000	0,36	0,42

600	0,56	0,69	8000	0,35	0,41
700	0,54	0,68	9000	0,34	0,40
800	0,53	0,67	10000	0,33	0,39
900	0,52	0,66	11000	0,32	0,38
1000	0,51	0,65	12000	0,31	0,38
1100	0,50	0,62	13000	0,30	0,37
1200	0,49	0,60	14000	0,30	0,37
1300	0,48	0,59	15000	0,29	0,37
1400	0,47	0,58	20000	0,28	0,37
1500	0,47	0,57	25000	0,28	0,37
1700	0,46	0,55	30000	0,28	0,36
2000	0,45	0,53	35000	0,28	0,35
2500	0,44	0,52	40000	0,27	0,35
3000	0,43	0,50	45000	0,27	0,34
3500	0,42	0,48	50000	0,26	0,34

Примечание. Удельные тепловые характеристики соответствуют климатическим зонам с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления (средняя температура наиболее холодной пятидневки) равной -30°C . При другой расчетной температуре наружного воздуха к указанным значениям удельной тепловой характеристике следует применять коэффициент α по данным табл.2.2.5

Таблица 2.2.2

Удельные тепловые характеристики административных, лечебных и культурно-просветительных зданий и зданий детских учреждений

Наименование зданий	Объем зданий V, тыс.м ³	Удельные тепловые характеристики, ккал/м ³ °С		Расчетная внутренняя	Наименование зданий	Объем зданий V, тыс.м ³	Удельные тепловые характеристики, ккал/м ³ °С		Расчетная внутренняя
		Отопл.	Вентл.				Отопл.	Вентл.	
		q ₀	q _в				q ₀	q _в	
Адм. здания, главные конторы	До 5	0,43	0,09	18	Больницы	До 5	0,40	0,29	20
	До 10	0,38	0,08			До 10	0,36	0,28	
	До 15	0,35	0,07			До 15	0,32	0,26	
	Более 15	0,32	0,06			Более 15	0,30	0,25	
Клубы	До 5	0,37	0,25	16	Бани	До 5	0,28	1,0	25
	До 10	0,33	0,23			До 10	0,25	0,95	
	Более 10	0,30	0,20			Более 10	0,23	0,90	
Кино театры	До 5	0,36	0,43	14	Прачечные	До 5	0,38	0,80	15
	До 10	0,32	0,39			До 10	0,33	0,78	
	Более 10	0,30	0,38			Более 10	0,31	0,75	
Театры	До 10	0,29	0,41	15	Предприятия общественного питания, фабрики-кухни	До 5	0,35	0,70	16
	До 15	0,27	0,40			До 10	0,33	0,65	
	До 20	0,22	0,38			Более 10	0,30	0,60	
	До 30	0,20	0,36						
Более 30	0,18	0,34							
Универмаги	До 5	0,38	-	15	Лаборатории	До 5	0,37	1,00	16
	До 10	0,33	0,08			До 10	0,35	0,95	
	Более 10	0,31	0,27			Более 10	0,33	0,90	
Детские ясли и сады	До 5	0,38	0,11	20	Пожарное депо	До 2	0,48	0,14	15
	Более 5	0,34	0,10			До 5	0,46	0,09	
Школы, высшие учебные заведения	До 5	0,39	0,09	16	Гаражи	До 2	0,70	-	10
	До 10	0,35	0,08			До 3	0,60	-	
	Более 10	0,33	0,07			До 5	0,55	0,7	
						Более 5	0,50	0,65	

Таблица 2.2.3

Удельные тепловые характеристики промышленных зданий

Наименование зданий	Объем зданий тыс. м ³	Удельные тепловые характеристики, ккал / м ² °С		Наименование зданий	Объем зданий тыс.м ³	Удельные тепловые характеристики, ккал / м ² °С		
		Отопл. Q ₀	Вентил. Q _в			Отопл. Q ₀	Вентил. Q _в	
Чугунолитейные цехи	10-15	0,3-0,25	1,1-1,0	Мастерские и цехи ПТУ	5-10	0,5	0,5	
	50-100	0,25-0,22	1,0-0,9		10-15	0,4	0,3	
	100-150	0,22-0,18	0,9-0,8		15-20	0,35	0,25	
					20-30	0,3	0,2	
Меднолитейные цехи	5-10	0,4-0,35	2,5-2,0	Насосные	До 0,5	1,05	-	
	10-20	0,35-0,25	2,0-1,5		0,5-1	1,00	-	
	20-30	0,25-0,2	1,5-1,2		1-2	0,6	-	
					2-3	0,5	-	
Термические цехи	До 10	0,4-0,3	1,3-1,2	Компрессорные	До 0,5	0,7-2,0	-	
	10-30	0,3-0,25	1,2-1,0		0,5-1	0,6-0,7	-	
	30-75	0,25-0,2	1,0-1,6		1-2	0,45-0,6	-	
					2-3	0,40-0,45	-	
Кузнечные цехи	До 10	0,4-0,3	0,7-0,6	Газогенераторные	5-10	0,1	1,8	
	10-50	0,3-0,25	0,6-0,5					
	50-100	0,25-0,15	0,5-0,3					
Механосборочные, механические отделения инструментальных цехов	5-10	0,55-0,45	0,4-0,25	Регенерация масел	2-3	0,6-0,75	0,5-0,6	
	10-15	0,45-0,4	0,25-0,15					
	50-100	0,4-0,38	0,15-0,12					
	100-200	0,38-0,35	0,12-0,08					
Деревообделочные цехи	До 5	0,6-0,55	0,6-0,5	Склады химикатов, красок и т.п.	До 1	0,85-0,75	-	
	5-10	0,55-0,45	0,55-0,45		1-2	0,75-0,65	-	
	10-50	0,45-0,4	0,45-0,4		2-5	0,65-0,58	0,6-0,45	
Цехи металлических конструкций	50-100	0,38-0,35	0,53-0,45	Склады моделей и главные магазины	1-2	0,8-0,7	-	
	100-150	0,35-0,3	0,45-0,35		2-5	0,7-0,6	-	
					5-10	0,6-0,45	-	
Цехи покрытий (гальванических и др.)	До 2	0,65-0,6	5-4	Бытовые и административные внохозяйственные помещения	0,5-1	0,60-0,45	-	
	2-5	0,60-0,55	4-3		1-2	0,45-0,4	-	
	5-10	0,55-0,45	3-2		2-5	0,40-0,33	0,14-0,12	
					5-10	0,33-0,30	0,12-0,11	
Ремонтные цехи	5-10	0,60-0,50	0,2-0,15	Проходные	До 0,5	1,3-1,2	-	
	10-20	0,50-0,45	0,15-0,1		0,5-2	1,2-0,7	-	
					2-5	0,70-0,55	0,15-0,10	
Паровозное депо	До 5	0,70-0,65	0,4-0,3	Казармы и помещения ВОХР	5-10	0,38-0,33	-	
	5-10	0,65-0,60	0,3-0,25		10-15	0,33-0,31	-	
Котельные цехи	100-200	0,25	0,6					
	Котельные (отопительные, паровые)	2-5	0,1					0,3-0,5
		5-10	0,1					0,3-0,5
		10-20	0,08					0,2-0,4

Таблица климатических зон Свердловской области

№ зоны	Муниципальное образование	t н.р., °С	t ср.н., °С	n о, дней (часов)
I	Белоярский район Богдановичское Каменский район Камышловский район Пышминский район Сысертский район Талицкий район г. Арамилъ г. Асбест г. Березовский г. Верхняя Пышма г. Екатеринбург г. Заречный г. Каменск-Уральский г. Камышлов р.п. Верхнее Дуброво п. Рефтинский	- 35	-6,4	228 (5472)
II	Артемовский район Невьянский район Ревдинский район Режевской район г. Алапаевск г. Верхний Тагил г. Дегтярск г. Кировград г. Первоуральск г. Полевской г. Среднеуральск п. Верх-Нейвинский р.п. Мальшпева	- 36	-6,9	229 (5496)

	г. Новоуральск			
Ш	г. Нижний Тагил Пригородный район	-36	-6,6	238 (5712)
IV	Слободо-Туринский район Тугулымский район Туринский район	-37	-7,3	227 (5448)
IV-1	Качканар	-37	-6,8	240 (5760)
№ зоны	Муниципальное образование	t _{н.р.о.} °C	t _{ср.п.} °C	n _{от дней} (часов)
V	Нижнесергинское Таборинский район Серовский район Шалинский район г. Верхняя Тура г. Карпинск г. Краснотурьинск г. Кушва г. Серов п. Староуткинск Бисертское МО Гаринский район Волчанск Тавдинский район	-37	-7,3	237 (5688)
VI	Аргинский район Ачитский район Верхнесалдинский район Верхотурский район Ирбитский район Красноуфимский район Нижнетуринский район г. Ирбит г. Красноуральск г. Красноуфимск г. Нижняя Салда	-37	-7,3	239 (5736)

	г. Лесной Алапаевский район Новолялинский район Байкаловский район			
VII	г. Ивдель г. Североуральск п. Пельым	-39	-7,6	248 (5952)

Таблица 2.2.5

Значения коэффициента α при расчетных температурах наружного воздуха для проектирования отопления, отличных от -30°C

Расчетная температура наружного воздуха, $t_{н.р.}, ^{\circ}\text{C}$	α	Расчетная температура наружного воздуха, $t_{н.р.}, ^{\circ}\text{C}$	α
0	2,05	-30	1,00
-5	1,67	-35	0,95
-10	1,45	-40	0,90
-15	1,29	-45	0,85
-20	1,17	-50	0,82
-25	1,08	-55	0,80

Таблица 2.2.6

**Коэффициенты пересчета на среднюю температуру периода
для климатических зон Свердловской области**

1 зона

$t_{н.р.о.} = -35^{\circ}\text{C}$, $t_{ср.н.} = -6,4^{\circ}\text{C}$, $n = 228$ дней (5472 часа)

$t_{в.р.}$ $^{\circ}\text{C}$	1 квартал 2184 часа в 2000 году (високосный год 91 дней) 2160 часов (90 дн.) в 2001 году и др.				2 квартал 1104 часа (46 дней)			4 квартал 2208 часов (92 дня)				$t_{ср.в.}$ $^{\circ}\text{C}$
	Средние температуры периодов $^{\circ}\text{C}$											
	январь	февр.	март	средн. 1 кв.	апр.	май	средн. 2 кв.	окт.	нояб.	дек.	средн. 4 кв.	
	- 15,3	-13,4	-7,3	-12,0	2,6	10,1	6,35	1,3	-7,1	-13,3	-6,37	
22	0,654	0,621	0,514	0,596	0,340	0,241	0,295	0,371	0,51	0,619	0,500	0,498
20	0,642	0,607	0,496	0,583	0,316	0,180	0,248	0,340	0,493	0,605	0,480	0,480
18	0,628	0,592	0,477	0,566	0,290	0,149	0,220	0,315	0,474	0,591	0,460	0,460
16	0,614	0,576	0,457	0,549	0,263	0,116	0,189	0,288	0,453	0,575	0,439	0,439
14	0,598	0,556	0,435	0,531	0,233	0,080	0,156	0,259	0,431	0,557	0,416	0,416
12	0,581	0,540	0,411	0,511	0,200	0,040	0,120	0,228	0,406	0,538	0,390	0,391
10	0,562	0,520	0,384	0,489	0,164	0	0,081	0,193	0,380	0,518	0,364	0,364

Таблица 2.2.7

НОРМЫ РАСХОДА ВОДЫ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ
(СНиП 2.04.01-85, Приложение 3, обязательное)

Водопотребители	Измеритель	Нормы расхода воды, л.					
		В средние сутки		В сутки наибольшего водопотребления		В час наибольшего водопотребления	
		Общая, (в т.ч. горячей)	Горячей	Общая, (в т.ч. горячей)	Горячей	Общая, (в т.ч. горячей)	Горячей
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Жилые дома квартирного типа: с водопроводом и канализацией без вайн, с газоснабжением, с водопроводом, канализацией и ванными с газовыми водонагревателями, с централизованным горячим водоснабжением, оборудованные умывальниками, мойками и душами с сидячими ваннами, оборудованными душами высотой св. 12 этажей и повышенными требованиями к их благоустройству	1 житель	95	-	120	-	6,5	-
	то же	120	-	150	-	7	-
	"	190	-	225	-	10,5	-
	"	195	85	230	100	12,5	7,9
	"	230	90	275	110	14,3	9,2
2. Административные здания:	1 работающ.	12	5	16	7	4	2
3 Учебные заведения (в том числе высшие и средние специальные) с душевыми при гимнастических залах и буфетами, реализующими готовую продукцию	1 учащийся и 1 преподаватель	17,2	6	20	8	2,7	1,2
1	2	3	4	5	6	7	8

4. Лаборатории высших и средних специальных учебных Заведений	1 прибор в смену	224	112	260	130	43,2	21,6
5. Общеобразовательные школы с душевыми при гимнастических залах и столовых, работающих на полуфабрикатах	1 учащийся и 1 преподаватель в смену	10	3	11,5	3,5	3,1	1
То же, с продленным днем	то же	12	3,4	14	4	3,1	1
6. Профессионально-технические училища с душевыми при гимнастических залах и столовыми, работающими на полуфабрикатах	1 учащийся и 1 преподаватель в смену	20	8	23	9	3,5	1,4
7. Научно-исследовательские институты и лаборатории:	1 работающ.	460	60	570	80	55,6	8
химического профиля	то же	310	55	370	75	32	8,2
биологического профиля	"	125	15	155	20	12,9	1,7
физического профиля	"	12	5	16	7	3,5	1,7
естественных наук							
8. Предприятия общественного питания: для приготовления пищи, реализуемой в обеденном зале	1 услов. блюдо	16	12,7	16	12,7	16	12,7
9. Стадионы и спортзалы: для зрителей	1 место	3	1	3	1	0,3	0,1
Для физкультурников (с учетом приема душа)	1 физкультурник	50	30	50	30	4,5	2,5
для спортсменов	1 спортсмен	100	60	100	60	9	5
1	2	3	4	5	6	7	8
10. Душевые в бытовых помещениях предприятий	1 душевая	-	-	500	270	500	270

	сетка в смену						
11.Цехи с тепловыделениями св. 84 кДж на м ³ /ч	1 чел. в смену	-	-	45	24	14,1	8,4
12.Остальные цехи	то же	-	-	25	11	9,4	4,4

Таблица 2.2.8

Техническая характеристика одиночных нагревательных приборов

Наименование прибора	Поверхность нагревания секции (панели)		Коэффициент пересчета ш с м ² на экм	Строительные размеры, мм				Масса одной секции (панели), кг
	м ²	экм		Высота		ширина а	Глубина б	
				полная h _п	монтажная h _м			
Радиаторы:								
М-140	0,254	0,310	1,22	582	500	96	140	7,60
НМ-150	0,254	0,310	1,22	585	500	96	150	7,52
Польза № 6	0,460	0,492	1,07	1090	1000	80	185	17,50
РД-90	0,203	0,275	1,35	582	500	96	90	6,96
РД-26	0,205	0,275	1,34	582	500	100	90	6,87
В-85А	0,176	0,240	1,36	593	500	88	87	5,45
Двухлистовые стальные панели:								
МЗ-501-1	0,64	0,83	1,3	564	500	518	25	7,5
МЗ-501-2	0,96	1,25	1,3	564	500	766	25	11,0
МЗ-501-3	1,20	1,56	1,3	564	500	952	25	13,8
МЗ-501-4	1,601	2,08	1,3	564	500	1260	25	18,8
МЗ-501-5	1,92	2,40	1,25	564	500	1510	25	22,6
МЗ-350-1	0,425	0,60	1,4	406	350	518	25	5,97
МЗ-350-2	0,637	0,89	1,4	406	350	766	25	8,65
МЗ-350-3	0,797	1,12	1,4	406	350	952	25	10,8
МЗ-350-4	1,062	1,49	1,4	406	350	1262	25	14,4
МЗ-350-5	1,275	1,78	1,4	406	350	1510	25	17,3

Таблица 2.2.9

Техническая характеристика одиночных чугунных труб с круглыми ребрами

Длина, м	Поверхность нагрева		Коэффициент пересчета m с m^2 на $экм$	Масса одной трубы, кг
	m^2	экм		
0,5	1	0,69	0,69	18,8
0,75	1,5	1,03	0,69	28,2
1	2	1,37	0,69	37,5
1,5	3	2,07	0,69	56,5
2	4	2,76	0,69	75,2

Таблица 2.2.10

**Данные к выбору нагревательных приборов
И предельные температуры носителя**

Наименование помещений, зданий	Тип приборов	$t_{пв.}$ °C
Жилые, общественно-административные лечебные, учебные, общественного питания, спортивные, вокзалы, аэропорты	Радиаторы, конвекторы и панели	95
Детские сады и ясли	Радиаторы, панели	85
Больницы и родильные дома	Панели	85
Читальные залы	Радиаторы, панели	95
Бани, прачечные	Радиаторы, панели	150
Производственные помещения, в которых нет выделения пыли	Радиаторы, ребристые трубы и конвекторы	130
Производственные помещения с выделением невзрывоопасной пыли и некоторых газов и паров	Радиаторы, панели	110
Бытовые помещения	Ребристые трубы и радиаторы	150

Литература

Основная:

Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок – М.: В.Ш., 2001.

Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Метод. пособие для курсового проектирования. М.: «Инфра – М, Форум», 2003.

Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. Учебное пособие для студентов. – М.:изд-во «Мастерство», 2001.

Бороздин И.В. Электроснабжение предприятий. Практикум. «Дизайн ПРО», 2000.

Назмеев Ю.Г. Теплоэнергетические системы и энергобалансы промышленных предприятий. М.: МЭИ, 2003.

Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: МЭИ, 2001.

Правила устройства электроустановок. Минэнерго – М.: «Энергоатомиздат», 2003.

Григорьев В.В., Киреева Э.А. Справочные материалы по электрооборудованию систем электроснабжения промышленных предприятий. М.: « Энергоатомаиздат», 2002.

Дополнительная:

Киреева Э.А. Автоматизация и экономия электроэнергии в системах промышленного электроснабжения. Справочные материалы и примеры расчетов. – М.: Энергоатомиздат, 1998.

Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: «Энергоатомиздат», 1995.

Ристхейн Э.М. Электроснабжение промышленных предприятий. Учеб. для вузов. М.: «Энергоатомиздат», 1991.

Электроснабжение промышленных предприятий. Под ред./ Ю.Г. Барыбина. – М.: «Энергоатомиздат», 1990.

Козлов В.А. Электроснабжение городов. – Л.: «Энергоатомиздат», 1988.
Бердин А.С.

Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: «Энергоатомиздат», 1987.

Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для вузов. – М.: «Энергоатомиздат», 1987.

Арсеньев Г.В. Тепловое оборудование и тепловые сети. Учебник для вузов. – М.: «Энергоатомиздат», 1988.

Задание

На курсовое проектирование по дисциплине: *Энергоснабжение промышленных предприятий и городов*

Выдано студенту «___»
курса _____

Срок выполнения проекта «___» _____ 200__ г.

Тема проекта: *Энергоснабжение механического цеха*

Исходные данные:

- 1. План расположения и ЭСН ЭО механического цеха*
- 2. Перечень электро и теплоприемников механического цеха*

Расчетно-конструкторская часть: _____

Графическая часть:

- 1. Принципиальная электрическая схема ЭСН ЭО механического цеха*
- 2. Схема теплоснабжения механического цеха*

Задание выдал: _____ ()

«___» _____ 200__ г. _____ ()

(дата получения студентом)

(подпись студента)

Таблица 1

Сводная ведомость нагрузок

Наименование электроприемников	Заданная нагрузка, приведенная к						Сменная нагрузка				K_m	Максимальная нагрузка				
	n	P _н кВт	P _{н.Σ} кВт	K _п	COS φ	tg φ	m		нагрузка			P _н кВт	Q _н квар	S _н кВА	I _н , А	
							P _{см} кВт	Q _{см} квар	S _{см} кВА							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
РПЦ																
Конвейер	1	0,75	0,75	0,5	0,7	1	—	0,4	0,4							
Элеватор	1	0,75	0,75	0,4	0,6	1,3	—	0,3	0,4							
Всего на НН без КУ	31		106,5	0,5	0,82	0,68	—	70,2	47,7	84,9	—	—	91,5	51,6	105,4	—
														30		
Всего на НН с КУ	31	—	106,5	0,5	0,95	0,33	—	70,2	23,2	73,9	—	—	91,5	21,6	94	—
Потери мощности													1,88	9,4		
Всего на ВН													93,38	31	114,9	

Таблица 2

Сводная ведомость ЭСН электроприемников

РУ	Электроприемники				Аппараты защиты				Линия ЭСН						
	Тип	I_n, A	№ п/п	Наименование	$P_{\text{в}}, \text{кВт}$	I_n, A	Тип	$I_{\text{нр}}, A$	$K_{(n)}$	$K_{(с)}$	Марка	$I_{\text{доп}}, A$	$L, \text{м}$		
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
РПЗ															
ПР85-301121-У3		160	1	Стяжок	3,6	12,4	ВА 51-1 5-3	16	1,35	7	АВВГ-3 х 4	27	18		
			2	Стяжок сверляльный	4,5	15,5	ВА 51-1 5-3	20	1,35	1	АВВГ-3 х 4	27	24		

Таблица 3

Сводная ведомость токов КЗ по точкам

№ точки КЗ	Трёхфазные токи КЗ						Двухфазные токи КЗ			Однофазные токи КЗ			Примечания	
	$X_{\text{к}}, \text{МОМ}$	$R_{\text{к}}, \text{МОМ}$	$Z_{\text{к}}, \text{МОМ}$	$I_{\text{к}}^{(3)}, \text{КА}$	K_{γ}	$i_{\gamma}, \text{КА}$	q	$I_{\text{ср}}, \text{КА}$	$I_{\text{к}}^{(2)}, \text{КА}$	$X_{\text{д}}, \text{МОМ}$	$R_{\text{д}}, \text{МОМ}$	$Z_{\text{д}}, \text{МОМ}$		$I_{\text{к}}^{(1)}, \text{КА}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K1	44	68,3	81,2	2,9	1	4,06	1	29	25	1,35	17,1	17,2	1,1	—
K2														
K3														

Морозова Ирина Михайловна
Кузнецов Юрий Васильевич

**Проектирование схем энергоснабжения
промышленных предприятий и городов**
Учебное пособие для курсового проектирования

Подписано в печать 13.12.2004. Формат 60×84/16. Бумага для множ. аппаратов. Печать плоская. Усл. печ. л 4,6. Уч.-изд. л. 4.75. Тираж 150 экз. Заказ № 367

Ризограф РГПТУ. Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11.

