

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

Н.М. Морозова, Ю.В. Кузнецов

Проектирование схем энергоснабжения промышленных предприятий и городов

Учебное пособие для курсового проектирования

Екатеринбург

2004

УДК 621.314 (075.8)

ББК 3-19 я 73-1

М 80

Морозова И.М., Кузнецов Ю.В. Проектирование систем энергоснабжения промышленных предприятий и городов: Учеб. пособие. Екатеринбург. 2004. Рос. гос. проф.-пед. ун-т, 2004. 66 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) специальности 030504.19 – Электроэнергетика, энергоаудит, энергосбережение.

Рецензенты:

декан электроэнергетического факультета РГППУ, 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 теплоснабженков, 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 в 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. Работа 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 очной форме обучения). КП может стать составной частью раздела, главы 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, формулируется 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 ВСКД.

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 энергетик 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 присоединять непосредственно к ШНН.

1.2.2. Применяя 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 к 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 $I_{ам} \geq K_m I_{ном}$.

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

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

1.2.5. Выбрать и проверить силовое выключателя ВН.

1.2.6. Рассчитать замыкающее устройство электроустановок.

1.2.7. Рассчитать молниезащиту.

Выполнять чертёж 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. Выполнять расчет тепловых нагрузок на ГВС (горячее водоснабжение).

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

Заключение

Наложить 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

2.3.1. Расчет электрических нагрузок ввода. Выбор числа и мощности питающих трансформаторов

Методика расчета

Метод коэффициента максимума (уточненный вариант)

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

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

$$Q_m = K_m \cdot Q_{\Sigma};$$

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

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_{Σ} – средняя активная мощность за наиболее нагруженную систему, кВт;

Q_{Σ} – средняя реактивная мощность за наиболее нагруженную систему, квар.

$$P_{\Sigma} = K_{\Sigma} \cdot P_n$$

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

где: K_{Σ} – 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 резервов электроприемников, кВт;

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

$K_{\text{гп}} = F(K_{\text{гп}}, n_{\text{г}})$ определяется по таблицам (графикам) (см. табл. 2.1.3), а при отсутствии их может быть вычислено по формуле:

$$K_{\text{гп}} = 1 + \frac{3,5}{\sqrt{n_{\text{г}}}} \sqrt{\frac{1 - K_{\text{гп}}}{K_{\text{гп}}}},$$

где: $n_{\text{г}}$ — эффективное число электроприводов;

$K_{\text{гп}}$ — средний коэффициент использования группы электроприводов,

$$K_{\text{гп}} = \frac{P_{\text{акт}}}{P_{\text{н}}},$$

где: $P_{\text{акт}}$, $P_{\text{н}}$ — суммы активных мощностей за смену и номинальных в группе электроприводов, кВт;

$n_{\text{г}} = F(n, m, K_{\text{гп}}, P_{\text{н}})$ может быть определено по упрощенным формулам (таблица 2.1.2),

где: n — фактическое число электроприводов в группе;

m — показатель силовой сборки в группе,

$$m = \frac{P_{\text{акт}}}{P_{\text{н}}},$$

где: $P_{\text{акт}}$, $P_{\text{н}}$ — номинальные приведенные к длительному режиму активные мощности электроприводов наибольшего и наименьшего в группе, кВт.

В соответствии с практикой проектирования принимается $K_{\text{гп}} = 1,1$ при $n_{\text{г}} \leq 10$; $K_{\text{гп}} = 1$ при $n_{\text{г}} > 10$.

Приведение мощностей 3-фазных электроприводов к длительному режиму

$P_{\text{н}} = P_{\text{н}}$ — для электроприводов ДР;

$P_{\text{н}} = P_{\text{н}} \sqrt{10}$ — для электроприводов ПКР;

$P_{\text{н}} = S_{\text{н}} \cos \varphi \sqrt{10}$ — 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)

$$N = \frac{P_{\text{ф.н}} - P_{\text{ф.м}}}{P_{\text{ф.м}}} \cdot 100\%$$

где: $P_{\text{ф.н}}$, $P_{\text{ф.м}}$ - мощность наиболее и наименее загруженной фазы, кВт.

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

$$P_r^{(3)} = 3P_{\text{ф.н}}^{(1)}$$

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

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

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

$P_r^{(3)} = \sqrt{3}P_{\text{ф.н}}^{(1)}$ - для одного электроприемника;

$P_r^{(3)} = 3P_{\text{ф.н}}^{(1)}$ - для нескольких электроприемников.

При $N \leq 15\%$ 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:

$$\Delta P = 0,02 S_{\text{ном}};$$

$$\Delta Q = 0,1 S_{\text{ном}};$$

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

$$S_{\text{ном}} = S_{\text{ном}} + \Delta S;$$

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 в 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).

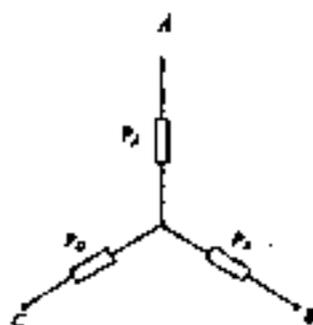


Рис. 2.1.2 Схема включения 1-фазных нагрузок на фазное напряжение

Таблица 2.1.1

Рекомендуемые значения коэффициентов

Наименование механизмов и аппаратов	K_{Σ}	K_{Σ}	$\cos \phi$	$\tan \phi$
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, дизель-генераторы	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_2

n	$K_{\text{загр}}$	m	P_n	Формула для n_2
1	2	3	4	5
< 5	$\geq 0,2$	≥ 3	Переменная	$n_2 = \frac{\left(\sum P_i\right)^2}{\sum P_i^2}$
≥ 5	$\geq 0,2$	≥ 3	Постоянная	$n_2 = n$
≥ 5	$\geq 0,2$	< 3	Переменная	$n_2 = n$
≥ 5	$< 0,2$	< 3		n_2 не определяется, в $P_n = K \cdot P_n \cdot \Sigma$, где K - коэффициент загрузки $K_{\text{загр}} = 0,75$ (повторно- кратковременный режим) $K_{\text{дл}} = 0,9$ (длительный режим) $K_{\text{авт}} = 1$ (автоматический режим)
≥ 5	$\geq 0,2$	≥ 3		$n_2 = \frac{2 \sum P_i}{P_{\text{ном}}}$
≥ 5	$< 0,2$	≥ 3		Применяются относительные единицы $n^* = n^* \cdot P^*;$ $n_2^* = F(n^*, P^*);$ $n^* = \frac{n_1}{n}; P^* = \frac{P_{\text{эл}}}{P_{\text{ном}}}$
> 300	$\geq 0,2$	≥ 3		—

Примечание. В таблице 2.1.2:

K_z - коэффициент загрузки - это отношение фактической потребляемой активной мощности (P_6) к номинальной активной мощности (P_n) электропривода;

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

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

n_1 - относительное число наибольших по мощности электроприемников;

P' - относительная мощность наибольших по мощности электроприемников.

Таблица 2.1.3

Зависимость $K_n = F(n, K_d)$

n,	Коэффициент использования, K_n									
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	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	1,03
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	1,89	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	1,55	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 $\Phi_p = F(\mu^*, P^*)$

μ^*	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	0,045	0,060	0,067	0,070	0,073	0,075	0,077	0,079	0,081	0,083	0,085	0,087	0,089	0,091	0,093	0,095	0,097	0,10	0,10	
0,01	0,009	0,011	0,012	0,013	0,015	0,017	0,019	0,021	0,023	0,026	0,029	0,032	0,035	0,039	0,043	0,047	0,051	0,055	0,06	0,06	
0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	
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	0,18	0,21	0,24	0,28	0,32	0,36	0,41	
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	0,27	0,34	0,41	0,5	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	0,16	0,2	0,26	0,32	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	0,37	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	0,51	0,62	0,76	0,89	0,99	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	0,58	0,7	0,85	0,97	0,97	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	0,8	0,98	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	0,86	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	0,92	0,93	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	0,94	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	0,88	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	0,93	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 _н , кВт	n	K _н	cosφ	q _{гр}
1	2	3	4	5	6	7
1	3-фазный ДР	28	5	0,65	0,8	0,75
2	Вентилляторная 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 малячный	2,8	5			
9	Станок шлифовальный	15	6			
10	Станок расточный	42	2			
11	Станок шлифовальный	3	15			
12	Станок шлифовальный	45	4			
13	Станок гальванический	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	0,87		
19	Печь сопротивления	35	6	0,8	0,95	0,33
20	Котлефер ленточный	35	2	0,55	0,75	0,88
21	Транспортер конвейерный	10	3			
22	3-фазный ПСК 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 ПСК 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

1.1.3 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

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

где: $Q_{\text{кр}}$ — расчетная мощность КУ, квар;

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

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

Компенсиацию реактивной мощности по опыту эксплуатации производят до получения значения $\cos \varphi_{\text{н}} = 0,92 \dots 0,95$.

Знаясь $\cos \varphi_{\text{н}}$ из этого промежутка, определяют $\operatorname{tg} \varphi_{\text{н}}$.

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

• Знаясь типом КУ, значение $Q_{\text{кр}}$ и напряжением, выбирают стандартную компенсирующую установку, близкую по мощности.

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

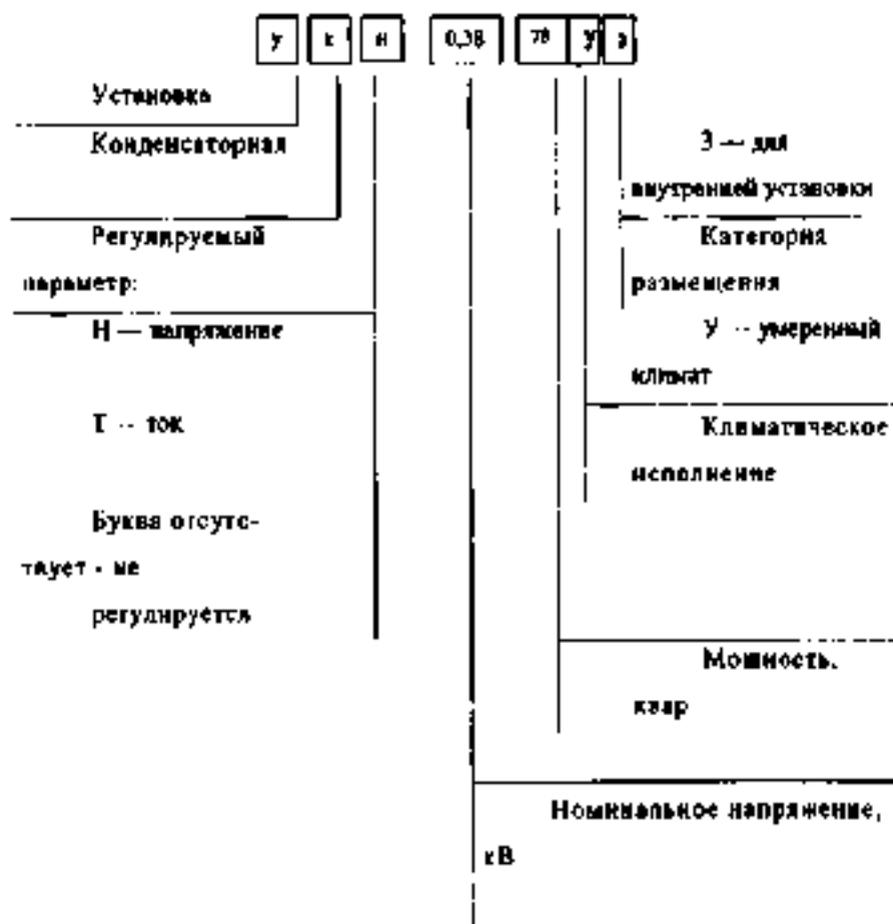
• После выбора стандартного КУ определяется фактическое значение $\cos \varphi_{\text{ф}}$

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

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

$$\cos \varphi_0 = \cos(\arctg r_0)$$

Структура условного обозначения компенсирующей устройств



		Категория размещения
Конденсатор		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 в линии электроснабжения

Методика расчета

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

- Ток (в амперах) в линии определяется по формуле

$$I_1 = \frac{S_1}{\sqrt{3} \cdot V_{н1}} \text{ — сразу после трансформатора,}$$

где: S_1 — номинальная мощность трансформатора, кВ·А;

$V_{н1}$ — номинальное напряжение трансформатора, кВ. Принимается $V_{н1} = 0,4$ кВ.

$$I_{PY} = \frac{S_{нPY}}{\sqrt{3} \cdot V_{нPY}} - \text{линия к РУ (РП или шиннопровод)},$$

где: $S_{нPY}$ — максимальная расчетная мощность РУ, кВт·А;

$V_{нPY}$ — номинальное напряжение РУ, кВ.

Принимается $V_{нPY} = 0,18$ кВ.

$$I_{\phi} = \frac{P_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot V_{н\phi} \cdot \eta_{\phi} \cdot \cos \phi_{\phi}} - \text{линия к ЭД переменного тока},$$

где: P_{ϕ} — мощность ЭД переменного тока, кВт;

$V_{н\phi}$ — номинальное напряжение ЭД, кВ;

η_{ϕ} — КПД ЭД, отн. ед.

Примечание. Если ЭД повторно-кратковременного режима, то

$$P_{\phi} = P_{\phi\phi} \cdot \sqrt{\text{ПВ}},$$

$$I_{\phi} = \frac{S_{\phi\phi} \cdot \sqrt{\text{ПВ}}}{\sqrt{3} \cdot V_{\phi}} - \text{линия к сварочному трансформатору},$$

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

ПВ — продолжительность включения, отн. ед.

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

• Автоматы выбираются согласно условиям:

$$I_{н\phi} \geq I_{нр}; \quad I_{нр} \geq I_{д\phi} - \text{для линии без ЭД};$$

$$V_{н\phi} \geq V_{\phi}; \quad I_{нр} \geq 1,1 I_{\phi} - \text{для линии с одним ЭД};$$

$$I_{н\phi} \geq 1,25 I_{д\phi} - \text{для групповой линии с несколькими ЭД}$$

где: $I_{н\phi}$ — номинальный ток автомата, А;

$I_{нр}$ — номинальный ток распределителя, А;

$I_{д\phi}$ — длительно допустимый ток в линии, А;

I_{ϕ} — максимальный ток в линии, А;

$V_{н\phi}$ — номинальное напряжение автомата, В;

V_0 — напряжение сети, В;

$$K_0 \geq \frac{I_0}{I_n}$$

$I_0 \geq 1,2I_n$ — для линии без ЭД;

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

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

где: K_0 — кратность отсечки;

I_0 — ток отсечки, А;

I_n — пусковой ток, А,

$$I_n = K_n \cdot I_{n0},$$

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_{n0} — номинальный ток, А;

I_{max} — пиковый ток, А,

$$I_{max} = I_{n0} + I_n - I_{n0},$$

где: I_{n0} — пусковой ток наибольшего по мощности ЭД, А;

I_{n0} — номинальный ток наибольшего в группе ЭД, А;

I_n — максимальный ток на группу, А.

Зная тип, I_{n0} и число полюсов автомата, выбираются все каталожные данные. Предохранители выбираются согласно условиям:

$I_{от} \geq 1,2I_n$ — для линии без ЭД;

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

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

$I_{от} \geq \frac{I_n + I_{n0}}{1,6}$ — для линии к РУ (РП или шинпровод);

$I_{от} \geq 1,2 \cdot I_{от} \sqrt{I_{ПВ}}$ — для линии к сварочному трансформатору,

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

$$I_{\text{нз}} \geq I_{\text{нп}}$$

где: $I_{\text{нз}}$ — номинальный ток предохранителя, А.

- Тепловые реле выбираются согласно условию

$$I_{\text{тр}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{нз}}$$

где: $I_{\text{тр}}$ — 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:

$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{нз}}$ — для линий, защищенной автоматом с комбинированным расцепителем;

$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{нп}}$ — для линий, защищенной только от КЗ предохранителем;

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

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

$K_{\text{зщ}}$ — коэффициент защиты.

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

$K_{\text{зщ}} = 1$ — для нормальных (взрывных) помещений;

$K_{\text{зщ}} = 0,33$ — 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

Расчитать ток короткого замыкания (КЗ) — это значит:

- по расчетной схеме составить схему замещения, выбрать точки КЗ;
- рассчитать сопротивления;
- определять 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:

$$I_1^{(3)} = \frac{V_1}{\sqrt{3}Z_n},$$

где: V_1 — линейное напряжение в точке КЗ, кВ;

Z_n — полное сопротивление до точки КЗ, Ом;

б) 2-фазного, кА:

$$I_1^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_1^{(3)} = 0,87 \cdot I_1^{(3)};$$

в) 1-фазного, кА:

$$I_1^{(1)} = \frac{V_{ф}}{Z_n + \frac{Z_T}{3}},$$

где: $V_{ф}$ — фазное напряжение в точке КЗ, кВ;

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

Z_T — полное сопротивление трансформатора однофазному КЗ, Ом;

г) ударного, кА

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_1^{(1)},$$

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

$$K_y = F\left(\frac{R_1}{X_1}\right)$$

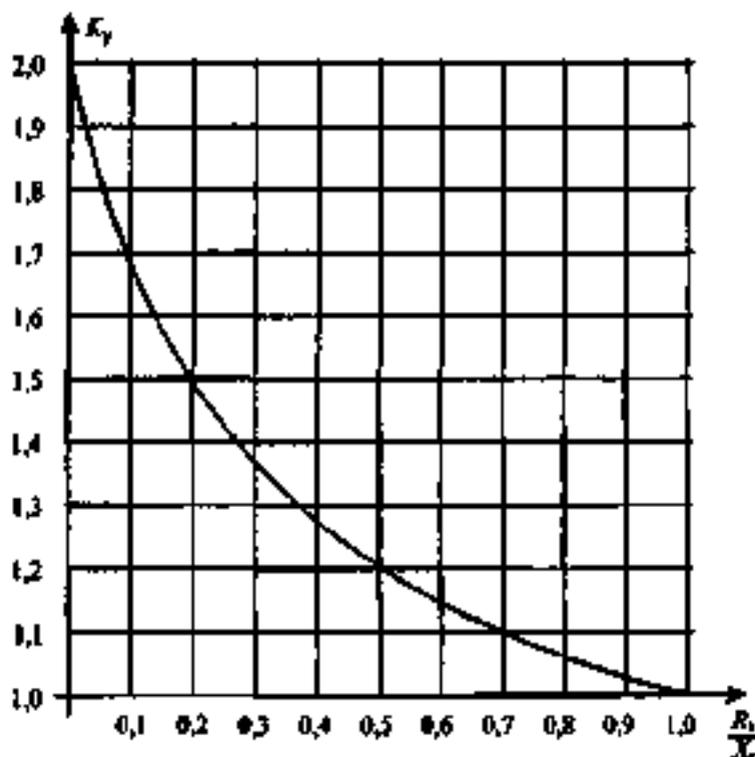


Рис. 2.1.3 Зависимость $\dot{E}_y = f\left(\frac{R_1}{X_1}\right)$

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

$$\dot{E}_y = f\left(\frac{X_1}{R_1}\right);$$

д) действующего значения ударного тока, кА:

$$I_y = q \cdot I_y^{(0)},$$

где: q — коэффициент действующего значения ударного тока,

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

• Сокращенный схем замещения определяется следующим образом.

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

$$R_r = \Delta P_r \cdot \left(\frac{V_{\text{нн}}}{S_t} \right) \cdot 10^4;$$

$$Z_r = u_r \cdot \frac{V_{\text{нн}}^2}{S_t} \cdot 10^4;$$

$$X_r = \sqrt{Z_r^2 - R_r^2},$$

где: ΔP_r — потери мощности КЗ, кВт;

u_r — напряжение КЗ, %;

$V_{\text{нн}}$ — линейное напряжение обмотки ВН, кВ;

S_t — полная мощность трансформатора, кВ·А.

2. Для токовых трансформаторов по таблице 2.1.7

3. Для конденсаторных и запястных аппаратов по таблице 2.1.8.

Сопротивления зависят от $L_{\text{а}}$ 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 шиннопроводов из соотношений

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

где: $r_{\text{л}}$ и $X_{\text{л}}$ — 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:

$$r_{\text{л}} = \frac{10^7}{\gamma \cdot S},$$

где: S — сечение проводника, мм²;

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

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

$\gamma = 50$ м/(Ом · мм²) — для меди.

$$\gamma = 30 \text{ м/(Ом} \cdot \text{мм)} \text{ — для стали.}$$

При отсутствии данных X_d можно принять равным

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$r_{дн} = 2r_0$$

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

Примечание. При расчетах можно использовать следующие значения K_r :

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

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

$K_r = 1$ — при более удаленных точках;

$K_r = 1,5$ — при КЗ в сетях ВН, где активное сопротивление не оказывает существенного влияния.

• Сопротивления элементов на ВН приводятся к НН по формулам

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

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

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

$V_{нп}$ и $V_{вы}$ — напряжения 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

$$\Delta I_{(max)} = 4,5I_{ном}; \quad \Delta i_1 = 6,5I_{ном}$$

где: $I_{ном}$ — номинальный ток одновременно работающих АД.

Таблица 2.1.6

Сопротивление трансформаторов 10/0,4 кВ

Мощность, кВА	R_T , мОм	X_T , мОм	Z_T , мОм	$Z_T^{(0)}$, мОм
25	133,9	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 типа Т

Класс трансформатора тока	Сопротивление, мОм класса точности			
	1		2	
	$X_{гг}$	$r_{гг}$	$X_{гг}$	$r_{гг}$
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

Значения сопротивлений автоматических выключателей,
рубильников, разъединителей до 1 кВ

$I_{ном}$, А	Автомат			Рубильник	Разъединитель
	R_{Σ} , мОм	X_{Σ} , мОм	R_{Σ} , 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	$R_{\text{ср}}$, 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 щитовые пункты	20	
3	Вторичные распределительные щитовые пункты	25	
4	Аппаратура управления электроприводов, получающих питание от вторичных РП	30	

Значения удельных сопротивлений кабелей, проводов

S, мм ² жила	R _л , мОм/м при 20°С		R _к , мОм/М	
	Al	Cu	кабель с бумажной полной 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	0,1
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	0,37	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

Значение удельных сопротивлений
трехфазных шиннопроводов до 1 кВ

Тип	$I_{н.н.}$, А	Сопротивление, мОм/м		
			Z_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
$I_{н.н.}$, А	1250	1600	2500	3200	250	400	630
r_0 , мОм/м	0,034	0,03	0,017	0,015	0,21	0,15	0,1
r_0 , мОм/м	0,016	0,014	0,008	0,007	0,21	0,17	0,13
$r_{0\phi}$ ($\phi=0$), мОм/м	0,068	0,06	0,034	0,03	0,42	0,3	0,2
$r_{0\phi}$ ($\phi=0$), мОм/м	0,053	0,06	0,075	0,044	0,42	0,24	0,26
$Z_{0\phi}$ ($\phi=0$), мОм/м	0,086	0,087	0,082	0,053	0,59	0,38	0,33

2.1.3 Выбор и проверка силовых выключателей ВН

Методика расчета

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

$$V_{нв} \geq V_{уу};$$

$$I_{нв} \geq I_{уу},$$

где: $V_{нв}$ — номинальное напряжение выключателя, кВ;

$V_{уу}$ — номинальное напряжение установки, кВ;

$I_{нв}$ — номинальный ток выключателя, А;

$I_{уу}$ — 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.

$$I_{р.откл} = I_3^{(1)};$$

$$S_{р.откл} = \sqrt{3} I_{р.откл} V_{нв};$$

$$S_{н.откл} = \sqrt{3} I_{н.откл} V_{нв}.$$

где: $I_3^{(1)}$ — 3-фазный ток КЗ в момент отключения выключателя, действующее значение в установившемся режиме, кА;

б) на динамическую стойкость.

Должно быть выполнено условие

$$i_{нв} \geq i_{уу},$$

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

i_y — амплитуда ударного тока электроустановки, кА.

а) на термическую стойкость.

Должно быть выполнено условие

$$I_{кр} \geq I_{р,т};$$
$$I_{р,т} = I_{р,откл} \sqrt{\frac{t_{кр}}{t_{откл}}} = I_{р,откл} \sqrt{\frac{t_{кр}}{t_{ф}}},$$

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

$t_{кр}$ — приведенное время действия КЗ, если отключение происходит в зоне переходного процесса, с. Приблизительно $t_{кр} \approx 1,5 t_{ф}$; $t_{ф}$ — время действия КЗ фактическое, с.

$$t_{ф} = t_{р} + t_{откл}.$$

где: $t_{р}$ — время срабатывания релейной защиты, с.

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

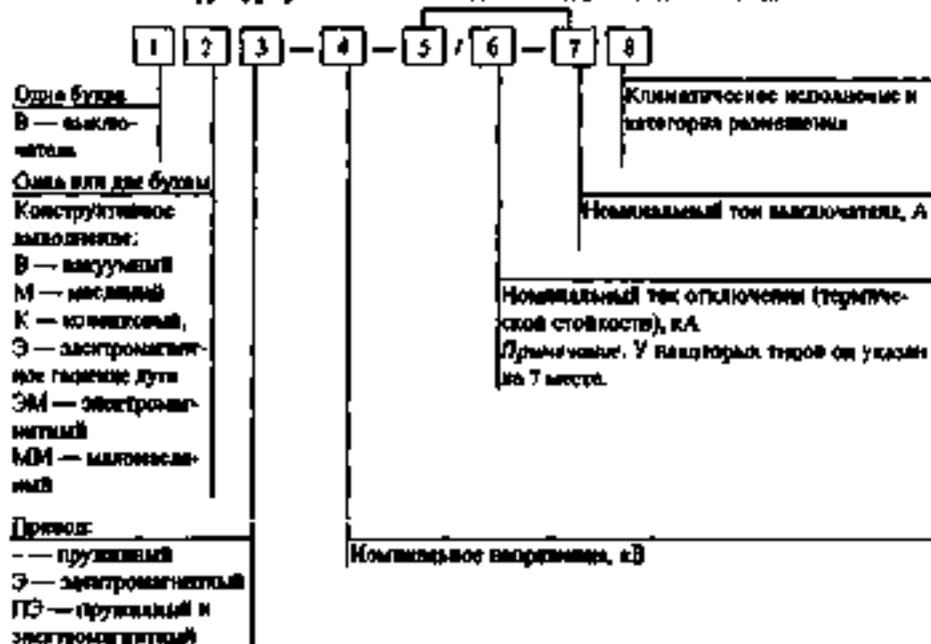
Примечание. Величина $t_{р}$ определяется при расчете конкретной РЗ.

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

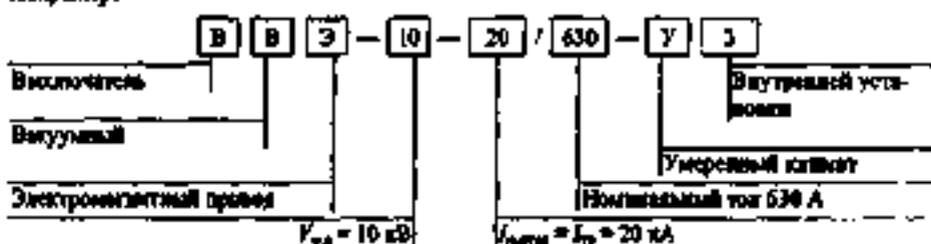
Время одного периода при частоте 50 Гц составляет 0,02 с. Время действия КЗ ($t_{ф}$) для сетей 10 кВ составляет 1...3 с, значит, самое быстрое отключение происходит через 50 периодов, что соответствует зоне длительно установившегося КЗ (через 8... 10 периодов).

Каталожными данными являются: $V_{кр}$, $I_{кр}$, $i_{кр}$, $I_{р,т}$, $I_{р,откл}$, $t_{откл}$.

Структура условного обозначения сварочного инвертирующего источника



Например:



Технические данные выключателей ВМ на 10 кВ

Тип	Конструктивное исполнение	$I_{нз}$, А	Предельные		$t_{отс}$, с	$I_{отс}$, кА	$t_{отс}$, с
			$I_{отс}$, кА	$I_{то}$, кА			
1	2	3	4	5	6	7	8
ВВЭ-1 0-20/630 У3 -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	80	31,5			
		1600					
		630					
		1000					
		1600					
		2000					
3150							
ВЭ-1 0-1250-20 У3 -1600- -2500- -3600- -1250-31,5 У3 -1600- -2500- -3600-	С электромагнитным гашением дуги	1250	51	20	4	20	0,06
		1600					
		2500					
		3600					
		1250					
для КРУ	2500						
	3600						
ВЭМ-ЮЭ-1 000-20 -1250-	Электромагнитный	1000 1250	52	20	4	20	0,05
ВММ-10-400- -10-400-10 У1	Маломасляный	400	25	10	4	10	0,1
ВМЭЗ-1 0-630-20 -10-630-31,5 У2	Масляный	630	52	20	4	20	0,25
			80	31,5			
ВК-1 0-630-20 У2 -1000- -1600- -630-31,5 У2 -1000- -1600-	Колошковая масляный	630	52	20	4	20	0,05
		1000					
		1600					
		630					
		1000					
1600							
ВКЭ-1 0-20/630 У3 -20/1000 -20/1600 -31,5/630 -31,5/1000 -31,5/1600		630	52	20	4	20	0,07
		1000					
		1600					
		630					
		1000					
		1600					
		80					

2.1.6 Расчет заземляющего устройства электроустановок

Методика расчета

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

- определить расчетный ток замыкания на землю (I_1) 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

$$R_{\text{з}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2},$$

где: R_1, R_2 — сопротивление искусственных и естественных заземлений, Ом.

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

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

где: $\rho = 100$ Ом · м (сульфиток);

S — площадь, ограниченная периметром здания, м

Определение I_1 и R_3

В любое время года согласно ПУЭ

$$R_3 \leq \frac{250}{I_1},$$

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

I_1 — расчетный ток замыкания на землю, А (не более 500 А).

Расчетный (высостный) ток замыкания на землю определяется приближенно

$$I_1 = \frac{V_{\text{н}}(35L_{\text{н}} + L_{\text{м}})}{350}$$

где: V_n — номинальное линейное напряжение сети, кВ;

$L_{\text{каб}}, L_{\text{воз}}$ — длины кабельных и воздушных электрических соединений линий, км.

Примечание. В электроустановках с ИИ до 1 кВ

$$R_1 \leq \frac{125}{I_1} \text{ (не более 4 Ом).}$$

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

По этой же формуле рассчитывается R_1 , если ЗУ выполняется обжим для сетей до и выше 1 кВ.

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

Определение ρ_p грунта

$$\rho_p = K_{\text{сез}} \rho,$$

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

$K_{\text{сез}}$ — коэффициент сезонности, учитывающий промерзание и просыхание грунта, $K_{\text{сез}} = F$ (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.

Приблизочно сопротивление одиночного вертикального заземлителя определяется по формуле

$$r_1 = 0,2 \rho_p$$

Сопротивление горизонтального электрода (полосы) определяется по формуле

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

где L_p — длина полосы, м;

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

c — глубина заложения, м.

Определение сопротивлений с учетом коэффициента использования.

$$R_v = \frac{R_1}{\eta_1}; \quad R_h = \frac{R_2}{\eta_2},$$

где R_1 и R_2 — сопротивление вертикального и горизонтального электродов с учетом коэффициентов использования, Ом;

η_1 и η_2 — коэффициенты использования вертикального и горизонтального электродов, определяются по таблице 2.1.18;

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

где a — расстояние между вертикальными заземлителями, м;

L — длина вертикального заземлителя, м;

N_v — число вертикальных заземлителей.

Необходимое сопротивление вертикальных заземлителей с учетом соединительной полосы

$$R_v \leq \frac{R_1 \cdot R_2}{R_2 - R_1}.$$

Уточнение числа вертикальных электродов

Необходимое число вертикальных заземлителей определяется следующим образом:

$$N_v' = \frac{R_2}{R_2 \eta_2} \quad (\text{при использовании естественных и искусственных заземлителей});$$

$$N_v'' = \frac{R_2}{R_2 \eta_2} \quad (\text{при использовании только искусственных заземлителей});$$

$$N_v''' = \frac{R_2}{R_2 \eta_2 \eta}$$

где $\gamma_{\text{в.у}}$ — уточненное значение коэффициента, используемых вертикальных заземлителей.

Таблица 2.1.14

Наибольшие допустимые значения R_0 для 3-фазных сетей

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

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

Таблица 2.1.15

Коэффициенты сезонности $K_{\text{сез}}$

Климатическая зона	Вид заземлителя		Дополнительные сведения
	вертикальный	горизонтальный	
I	2	3	4
I	1,9	5,8	Глубина заложения вертикальных заземлителей от поверхности земли 0,5... 0,7 м
II	1,7	4,0	Глубина заложения горизонтальных заземлителей
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, земля садовая	Чернозем	Суглинок	Каменистая почва	Суглинок	Песок с галькой
ρ , Ом·м	20	40	50	100	200	300	600

Таблица 2.1.17

Рекомендуемые электроды

Вид электрода	Размеры, мм	L, м	С, 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	
Труба стальная	Ø60	2,5	
Полоса стальная	40x4	Расчетная	
Прутки стальной	Ø10...12		

Значения коэффициентов использования электродов

N _э	$\frac{a}{L}$						Дополнительные сведения
	1		2		3		
	η_1	η_2	η_1	η_2	η_1	η_2	
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 %.

Параметры молниезащиты являются:

h — полная высота стержневого молниеотвода, м;

h_0 — высота вершины конуса стержневого молниеотвода, м;

h_n — высота защищаемого сооружения, м;

h_m — высота стержневого молниеприемника, м;

h_a — активная высота молниеотвода, м;

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

h_c — высота средней части двойного стержневого молниеотвода, м;

$2r_0, 2r_c$ — 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_{op} — высота опоры троса, м;

$r_c + r_a$ — ширина зоны тросового молниеотвода на уровне защищаемого сооружения, м;

$a + 2r_c$ — 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)

$$N = 9k \cdot h_c^2 \cdot a \cdot 10^{-4},$$

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

k — среднегодовое число ударов молнии в 1 км² земной поверхности в месте нахождения здания или сооружения (т. е. удельная плотность ударов молнии в землю), 1/(км²·год), определяется по таблице 2.1.20;

— для зданий и сооружений прямоугольной формы

$$N = [(B + 6h_0)(A + 6h_0) - 7,7h_0^2] \cdot 10^6,$$

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 молниезащиты при $h \leq 150$ м

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

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

Продолжение табл. 2.1.19

1	2
Многостержневые стержневые молниеотводы (рис. 2.1.7)	
Зона защиты строится посредством попарно взятых соседних стержневых молниеотводов. Основным условием защищенности одного или нескольких объектов высотой s надземностью зон А или Б является $r_{ca} > 0$	
Одиночные тросовые молниеотводы (рис. 2.1.8)	
$b_0 = 0,85h$ $r_0 = (1,35 - 25 \cdot 10^{-4} h)$	$b_0 = 0,92h$ $r_0 = 1,7h$
Двойные тросовые молниеотводы одинаковой высоты (рис. 2.1.9)	
При $L \leq h$ $h_c = h_0$ $r_{c1} = r_{c2}$ $r_c = r_0$	

При $h < L \leq 2h$	При $h < L \leq 6h$
$h_c = h_0 - (0,14 + 5 \cdot 10^{-4} h)(L - h)$	$h_c = h_0 - 0,14(L - h)$
$r'_c = \frac{L(h_2 - h_1)}{2(h_2 - h_1)}$	$r'_c = \frac{L(h_2 - h_1)}{2(h_2 - h_1)}$
$r_c = r_0$	$r_c = r_0$
$r_{ca} = r_0 \cdot (h_c - h_0) \cdot \frac{1}{h_1}$	$r_{ca} = r_0 \cdot (h_c - h_0) \cdot \frac{1}{h_1}$
Двойные тросовые молниеотводы разной высоты (рис.2.1.10)	
<p>Значения $h_{01}, h_{02}, r_{01}, r_{02}, r_{c1}, r_{c2}$ 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>Значения $h_{c1}, h_{c2}, r'_{c1}, r'_{c2}, r_{ca}$ вычисляются по выше приведенным формулам двойного тросового молниеотвода</p>	

Примечание. Для одиночного тросового молниеотвода h — это высота троса над серединой пролета. С учетом провеса троса сечением 35...50 мм² при известной высоте опор (A_{00}) и длине пролета (a) высота троса (в метрах) определяется по формулам

$$h = h_{00} \cdot 2 \text{ — при } a \leq 120 \text{ м;}$$

$$h = h_{00} \cdot 3 \text{ — при } 120 < a \leq 150 \text{ м.}$$

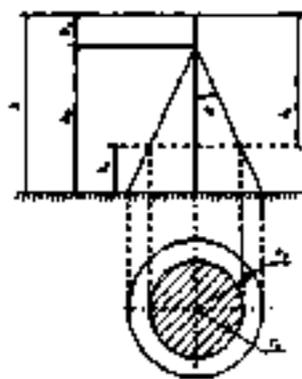


Рис.2.1.4 Зона одиночного стержневого молниеотвода

Зависимость $\alpha = F(t_{\text{сп}})$

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

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

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

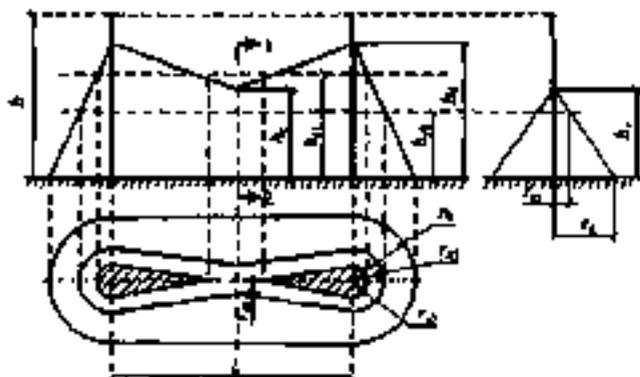


Рис.2.1.5 Зона защиты двойного-выпуклого менискообразной линзы

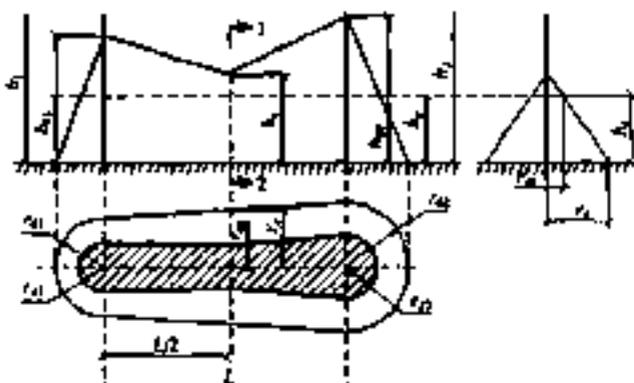


Рис. 2.1.6 Зона защиты двойного-выпуклого менискообразной линзы

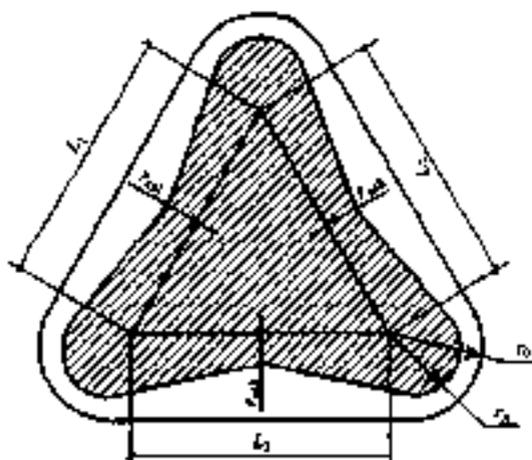


Рис.2.1.7 Зона защиты (в плане) многогранного стержневого менискообразной

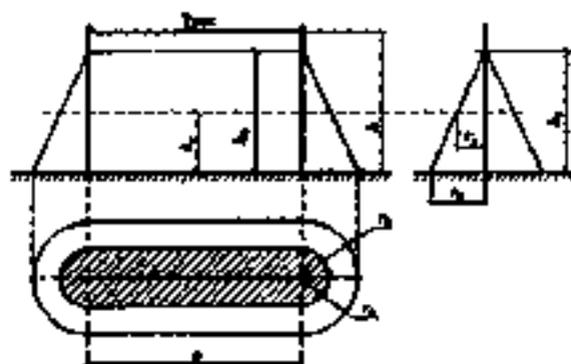


Рис.2.1.8 Зона защиты оловячного тросового монтажного

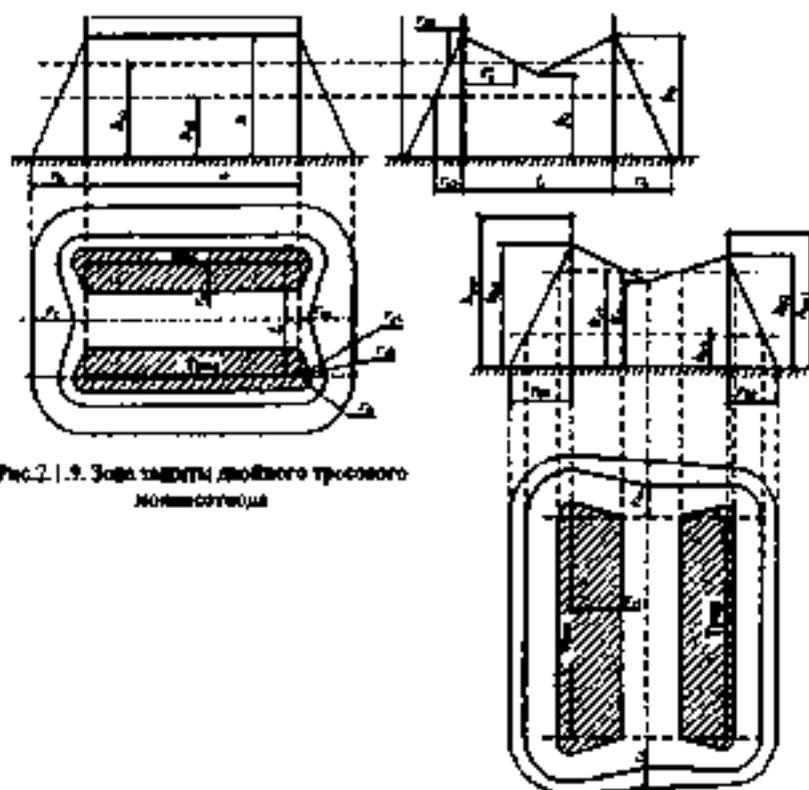


Рис.2.1.9 Зона защиты двойного тросового монтажного

Рис.2.1.10 Зона защиты двух тросовых монтажных 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 тепловой энергией 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 выше 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: возможность качественного регулирования тепловой нагрузки (изменением начальной температуры), отсутствии потерь конденсата греющего пара, значительной аккумулярующей способностью и длительностью 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, при потреблении горячей воды в течение дня приходится на утренние и вечерние часы (домытые, приготовление пищи).

2.2.2. Расчет тепловых нагрузок на отапливание, 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^а, Строительная теплофизика с изменениями №3 от 11.08.95;

2.01.01 - 82, Строительная климатология и вентиляция;

2 - 04 - 85, Внутренний воздухопровод в кавальтатах зданий;

2 - 04 - 86, Тепловые сети;

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

Отапливание 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 помещениях 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

$$Q = Q_0 + Q_{in},$$

где Q - суммарные тепловые потери здания;

Q_0 - приток теплоты в здание через отопительную систему;

Q_{int} - внутренние источники теплоты.

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

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

$$Q_{\Sigma} = (1 + \mu) Q$$

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

Теплопотери от здания рассчитываются по укрупненным показателям для каждого типа зданий. При особых требованиях теплопотери рассчитываются по всем элементам ограждения – 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

$$Q = \epsilon q_0 V (t_{sp} - t_{m0}) 10^{-6} \text{ Гкал/ч,}$$

где q_0 - удельная отопительная характеристика здания, $\text{ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{К})$

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

V - объем здания по наружному обмеру, м^3 . 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). Этому важно 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.).

$t_{вн}$ - расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления. Максимальная нагрузка отопления соответствует вунт 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 $t_{вн}$ принимается по СН и П 2.01.01 - 82 для соответствующего климатического пункта. Поскольку климат периодически изменяется, величина $t_{вн}$ 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_n и $(t_{вп} - t_{вн})$. При $t_{вн} = -30^\circ \text{C}$ $\alpha = 1,0$, с уменьшением величины $t_{вн}$ 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 вентиляруемого 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, подвсемый приточным вентилятором, нагревается в калориферах до расчетной температуры в помещении. Этим система вентиляции отличается от системы воздушного отопления, в которой воздух нагревается выще, до 40 - 50°C.

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

$$Q_b = b_n q_b V (t_{вн} - t_{вн}^0) 10^4 \text{ Г кал/ч,}$$

где q_b - удельная вентиляционная характеристика здания, ккал/(м³·К). (см. табл. 2.2.1; 2.2.2; 2.2.3.)

Величина $t_{вн}^0$ сейчас равна $t_{вн}$, 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_b . В промышленных зданиях расход теплоты на вентиляцию может иногда превышать расход теплоты на отопление.

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

$$Q_b = m_b V C_{p,в}^0 (t_{вн} - t_{вн}^0) 10^4 \text{ Г кал/ч,}$$

где $C_{p,в}^0$ - изохорная теплоемкость воздуха; принимается равной $C_{p,в}^0 = 0,3$ ккал/(м³·К);

$t_{\text{в}}$ - температура нагретого в калорифере воздуха, подаваемого в помещения, °С;

$n_{\text{в}}$ - кратность воздухообмена, под которой понимается отношение объема вентиляционного воздуха $V_{\text{в}}$, м³/ч к внутреннему объему ventilуемого помещения V , м³:

$$\pm n_{\text{в}} = V_{\text{в}}/V$$

Кратности притока присвоен знак (+), а вытяжки - знак (-). Этим кратность, определяет воздухообмен

$$V_{\text{п}} = \pm n_{\text{в}} V.$$

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 как рассчитывается, так и кратность его принимается предварительно до $n_{\text{в}} \leq 5$. К тому же авторегуляторы вентиляционных установок позволяют регулировать кратность обмена воздуха в широких пределах.

Значения $Q_{\text{в}}$ и $Q_{\text{в}}$ дают максимальную тепловую мощность, которую необходимо иметь для обеспечения комфортных условий в самое холодное время.

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

$$Q_{\text{в}}' = Q_{\text{в}} \cdot n_{\text{в}} \text{ гкал,}$$

где $n_{\text{в}}$ - продолжительность отопительного периода, ч.

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

8°C и ниже. Эту температуру $t_{\text{н}} = 8^\circ\text{C}$ 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 $Q_{\text{вн}}$ может быть определена по формуле

$$t_{\text{н}} = t_{\text{в}} - \frac{Q_{\text{вн}}}{Q} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \leq +8^\circ\text{C}$$

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

Среднегодовая нагрузка за отопительный период

$$Q_{\text{г}}^{\text{от}} = Q_{\text{от}} \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}} \text{ Гкал/ч.},$$

где $t_{\text{н}}$ - средняя за отопительный период наружная температура, принимается по СН и П 2.01.01 - 82 для соответствующего населенного пункта. Для климатических зон Свердловской области $t_{\text{н}}$ 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

$$Q_{\text{г}}^{\text{от}} = K Q_{\text{от}}$$

где

$$K = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}},$$

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

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{от}} = m^{\text{от}}_{\text{ГВС}} \rho_w C_{\text{ра}}^{\text{от}} (t_r - t_n) 10^6 \text{ Гкал/сутки.}$$

По СН и П 9.04.01 – 85 температуру горячей воды t_r 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 $t_5^\circ\text{C}$.

Удельная теплоемкость воды $C_{\text{ра}}^{\text{от}} = 1 \text{ ккал/(кг}\cdot\text{K)}$.

Плотность воды ρ_w при температуре 55°C равна 985 кг/м^3 ; с небольшой погрешностью ее принимают равной 1000 кг/м^3 .

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

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

где $d_{\text{от}}$ – среднесуточная норма горячей воды на одного потребителя в литрах в сутки. Норматив $d_{\text{от}}$ 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 технических 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 $K_{\text{от}}$ учитывает режим работы предприятия (число смен в сутки, число рабочих суток в неделю и т.д.). Для жителей $K_{\text{от}} = 1$.

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 муниципальным образованием (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

$$W_{\text{гвк}}^{\text{гм}} = \tau_p W_{\text{гвк}}^{\text{гт}} \text{ м}^3/\text{год},$$

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

Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение

$$Q_{\text{гвк}}^{\text{гм}} = Q_{\text{гвк}}^{\text{гт}} n_p + Q_{\text{гвк}}^{\text{гт}} (350 - n_p), \text{ Гкал/год},$$

где n_p – 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 теплотрас).

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

Соответственно

$$Q_{\text{гвк}}^{\text{гт}} = Q_{\text{гвк}}^{\text{гт}} \left(\frac{t_w - t_{\text{вх}}}{t_w - t_{\text{н}}} \right) K_p, \text{ Гкал/сутки}.$$

Для упрощения расчетов принимают, что продолжительность зимнего периода (когда $t_w = 5^\circ\text{C}$) равна длительности отопительного периода, остальное – лето.

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

температурой и холодной воде с температурой 15°C (летом) подмешивается меньше горячей воды, чем зимой при ее температуре 5°C.

Для ГВС производственным зданием этот коэффициент не вводится.

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

$$W_{сн} = \sum Q / \bar{C}_{п}(t_{п} - t_{сн}) \text{ М}^3/\text{ч},$$

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

$t_{п}$, $t_{сн}$ – температура прямой и обратной воды соответственно, °С.

Температура сетевой воды в течение отопительного сезона изменяется в широких пределах: от 60 до 150°C в подающей линии и от 30 до 70°C в обратной линии тепловой сети. В расчетах по минимуму принимается температурный перепад $t_{п}/t_{сн} = 95/70$;

$\bar{C}_{п}$ – изобарная удельная теплоемкость воды: $\bar{C}_{п} = 1 \text{ ккал}/(\text{кг}\cdot\text{К})$.

2.2.4. Годовой график расхода теплоты

Годовой график расхода теплоты на отопление, вентиляцию, ГВС и технологические нужды по месяцам показан 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 помесячно тепловые нагрузки на отопление и вентиляцию, их суммируют с базовыми нагрузками на

ГВС в техникумы и получают годовые графики расхода тепла на здание (сооружение) по месяцам года.

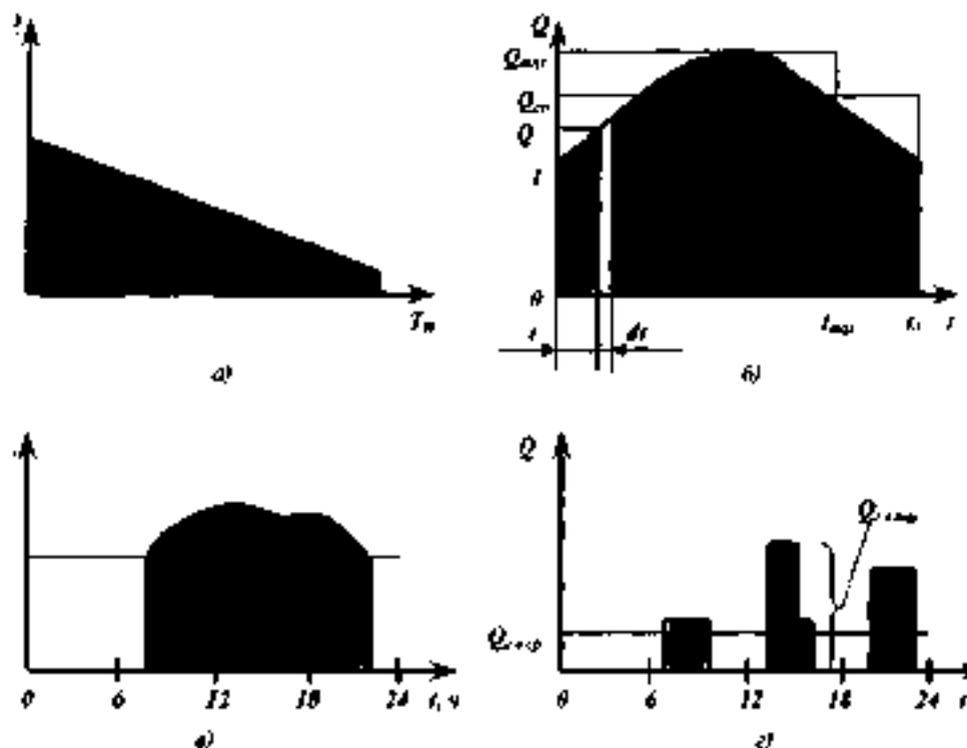


Рисунок 2.2.1. – Графики изменения тепловой нагрузки:

а – зависимость суммарного расхода теплоты Q от температуры T_n наружного воздуха, б – зависимость тепловой нагрузки Q во времени t ; в – суточный график изменения расхода теплоты при двухсменной работе промышленного предприятия; г – суточный график при одноклассной неравномерной теплоотдаче.

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, в приборах, передающие свыше 25% тепла лучевым способом — к радиаторам.

Для удобства сравнения нагревательных приборов используется понятие об эквивалентном квадратном метре (ЭКМ²), 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_p

$$\Delta t_w = t_w - t_p = \frac{95 - 70}{2} = 12,5^\circ\text{C}.$$

отвечающей наиболее характерным условиям водяного отопления.

Характерным для теплоэкономической оценки является «коэффициент пересчета» — $K_{\text{экв}}$, отношение теплоотдачи 1 м² того или иного прибора к теплоотдаче 1 экм его поверхности при одинаковой Δt_w (64,5⁰С) 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 (древобделочные цеха, шлифовальные и т.п.), и применяются для отапливания оранжерей, теплиц, переходов между зданиями и т.д. Теплоотдача гладких труб несколько

уменьшается с увеличением диаметра и числа их рядов по вертикали. Для однофазной трубы $d_1 \leq 25$ мм, $K_{\text{отр}} = 1,79 \text{ экм/м}^2$ и $d_1 > 32$ мм, $K_{\text{отр}} = 1,57 \text{ экм/м}^2$.

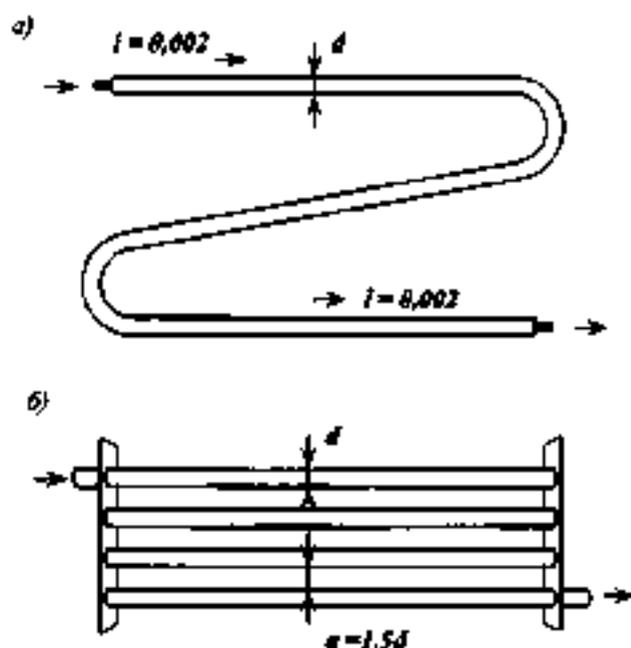


Рисунок 2.2.2. – Приборы из гладких труб
 а – зигзагового типа; б – регистр

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

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

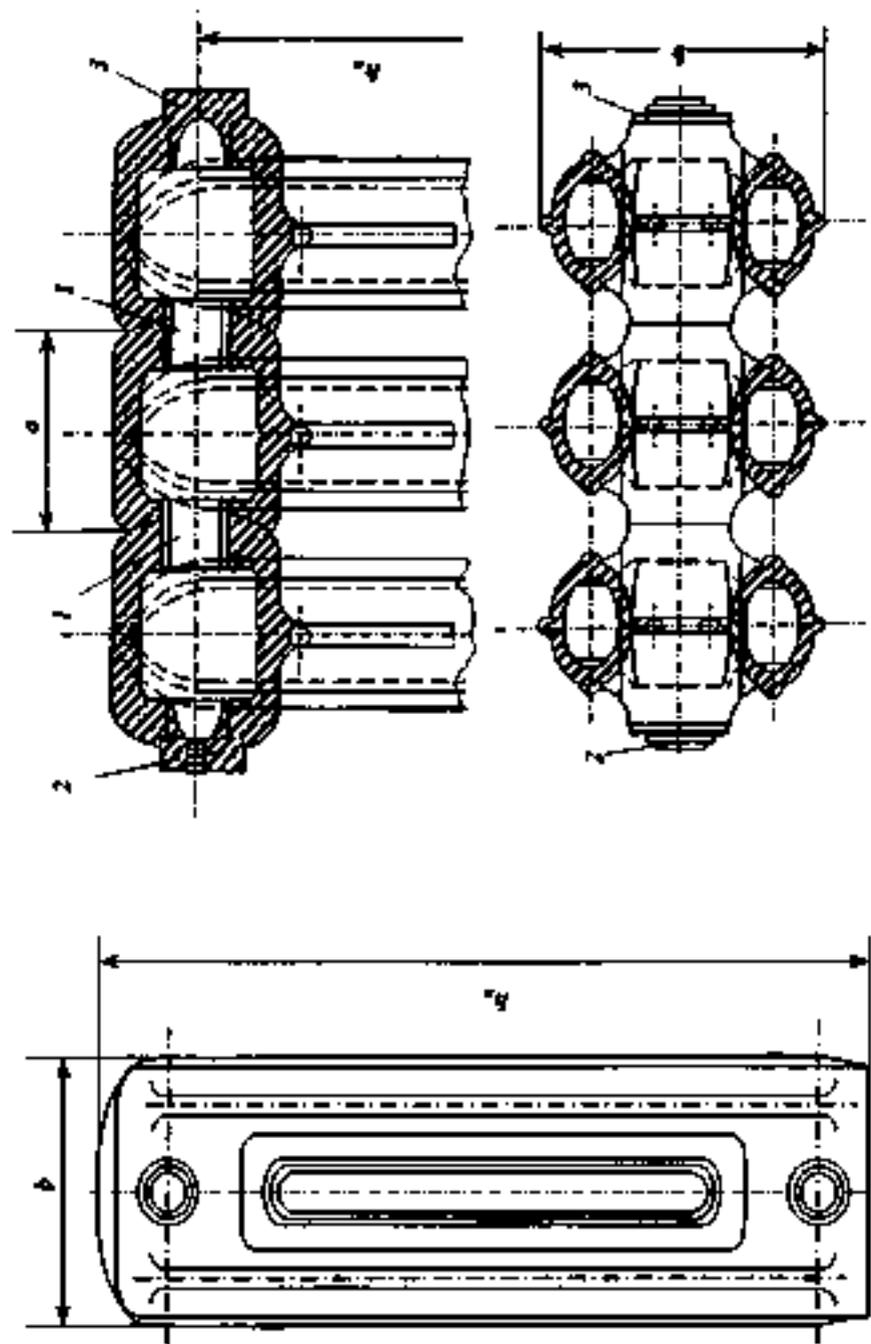


Рисунок 2.2.3. — Фитинг № 140

1 - шарики; 2 - прокладка радиаторной футорки для присоединения к трубопроводу;
3 - гнезда радиаторных пробки.

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

Приборы из ребристых и гладких труб из-за малой лучистой теплоотдачи используются редко – рис. 2.2.4

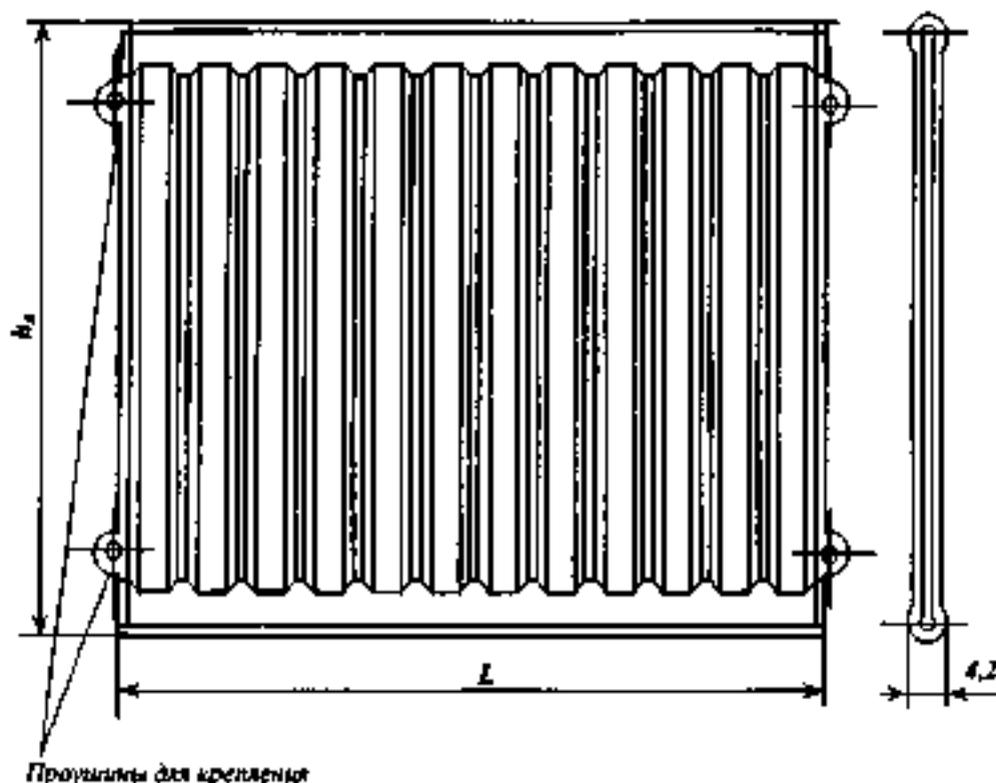


Рисунок 2.2.4. – Сварная двухлистовая панель МЗ с шовной сваркой по контуру и точечной (шаг 54 мм) – между колонками для циркулирующей воды

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 $\Delta t_{\text{см}}$ расхода теплоносителя, типа прибора, способе его установки т.д., что учитывается различными поправками β_n т.е.

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

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

$\Delta t_{\text{см}}$ – фактическая средняя разность температур воды и окружающего воздуха, $^\circ\text{C}$;

β_1 – коэффициент, учитывающий зависимость теплоотдачи приборов от $\Delta t_{\text{см}}$

$$\beta_1 = \sqrt[3]{\Delta t_{\text{см}} / 64,5} \text{ ,}$$

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

$$F = Q_0 / Q_1 \text{ [эки],}$$

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

Количество секций устанавливаемого типа и прибора

$$n_c = F / \ell \text{ ,}$$

где: S_c – поверхность одной секции, экв. (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 (печутся два шифра: меньшее – 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, ДЭЗо 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 комплексное 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 другик 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» сойдет 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 потолок выше, 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 батарей зависит от «дельты Т» – разницы температуры теплоносителя и температуры в комнате. В паспорте обычно указывается мощность при «дельте 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 РЗУ или ДЭЗ. 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 нас 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 отаповь не самые холодные. В Европе, даже в Скандинавских странах, считают исходя из «дельты Т» 50, то есть температура воды в батареях не выше 68 °С. Не потому, что не могут разогреть теплоноситель больше, а потому, что раскаленная батарея – источник повышенной опасности, об ней можно обжечься. Пусть уж лучше будет похолоднее, но зато безопаснее...

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

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, особый разрыв 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 неплательного соединения. Есть еще белорусские радиаторы – у них современный дизайн, более плоская ливневая поверхность. Стоит они подороже – порядка 120-140 рублей за секцию.

Из импортных более всего распространены итальянские алюминевые 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 системе не превышает 6 атмосфер, то хорошим конкурентом «старошколе» 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 в холл или квартиру придется нередко похлопотать. Предстоит визит в РЭУ для 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 «полюбить» другие квартиры. Мы далеки от мысли, что разрешения получают все (многие жители новостроек могут рассказать историю о том, как вначале было тепло, а потом становилось все холоднее – потому что соседи наращивали батареи, «отгибали» 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 проверить, повесить новые, доставить арматуру.

Что касается расценок самих фирм, что в среднем одна – 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 приходится 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 подтягиванию 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 подводящими длиной не более 1 - 1,25 м. Окраска наружной поверхности отопительных приборов с применением алюминиевого или бронзового порошка, декоративные гальванические покрытия и прочие виды отделок 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 светоотражающего 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 °С		Наружный строительный объем зданий, м ³	Удельная отопительная характеристика зданий q_0 , ккал/м ³ °С	
	Постройки до 1950 г.	Постройки после 1958 г.		Постройки до 1950 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. Указанные 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 характеристики следует применять коэффициент α по данным табл.2.2.5

Таблица 2.2.2

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

Наименование зданий	Объем зданий, V, тыс. м ³	Удельные тепловые характеристики помещений, ккал/м ³ °С		Расчетная нагрузка	Назначение помещений	Объем зданий, V, тыс. м ³	Удельные тепловые характеристики помещений, ккал/м ³ °С		Расчетная нагрузка
		Отопл. φ	Вентил. φ				Отопл. φ	Вентил. φ	
Адм. здания, главные корпуса	До 5	0,43	0,09	18	Больничные	До 5	0,40	0,29	20
	До 10	0,38	0,09			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	Вели	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	Приветственные	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 общепитового назначения, 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							
Учебные	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	
						Более 5	0,45	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	0,31	0,07			До 5	0,55	0,7	
						Более 5	0,50	0,65	

Таблица 2.2.3

Удельные тепловые характеристики промышленных зданий

Наименование здания	Объем здания тыс. м ³	Удельные тепловые характеристики, ккал / м ³ ·°С		Наименование здания	Объем здания тыс. м ³	Удельные тепловые характеристики, ккал / м ³ ·°С	
		Отопл.	Вентиляц.			Отопл.	Вентиляц.
Чугуннолитейное здание	10-15	0,3-0,25	1,1-1,0	Магистральные и цеховые 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	
Меднолитейное здание	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		0,1	-	
Термическое цеховое	До 10	0,4-0,3	1,3-1,2	Компрессорные	До 0,5	0,7-2,0	-
	10-20	0,3-0,25	1,2-1,0		0,5-1	0,6-0,7	-
	20-75	0,25-0,2	1,0-1,0		1-2	0,45-0,6	-
			2-3		0,40-0,45	-	
					0,35-0,40	-	
Кухонные цеховые	До 10	0,4-0,3	0,5-0,6	Газосварочные	5-10	0,1	1,5
	10-50	0,3-0,25	0,6-0,5				
	50-100	0,25-0,15	0,5-0,3				
Механооборудованные, металлообрабатывающие, инструментальные цеховые	5-10	0,55-0,45	0,4-0,25	Регистры тепловые	2-3	0,6-0,75	0,5-0,6
	10-15	0,45-0,4	0,25-0,15				
	50-100	0,4-0,30	0,15-0,12				
	100-200	0,30-0,35	0,12-0,08				
Деревообрабатывающие цеховые	До 5	0,6-0,55	0,6-0,5	Склады климатов, прессов и т.д.	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
Цеховые многоэтажных конструкций	50-100	0,30-0,33	0,35-0,45	Склады молотых и грушевых зольных	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	-
Цеховые открытые (гальванические и др.)	До 2	0,65-0,6	5-4	Буровые и др. аппараты многоэтажные или передвижные	0,5-1	0,60-0,45	-
	2-5	0,60-0,55	4-3		1-2	0,45-0,6	-
	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	
			10-20		0,30-0,25	0,11-0,10	
Резиновые цеховые	5-10	0,60-0,50	0,2-0,15	Процессные	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
Львовские цеховые	До 5	0,70-0,65	0,4-0,3	Краны и подъемники ВОХР	5-10	0,38-0,33	-
	5-10	0,65-0,60	0,3-0,25		10-15	0,33-0,31	-
Котельные цеховые	100-200	0,25	0,6				
	2-5	0,1	0,3-0,5				
	5-10	0,1	0,3-0,5				
Котельные (отопительные, паровые)	10-20	0,05	0,2-0,4				

Таблица климатических зон Свердловской области

№ зоны	Муниципальное образование	$t_{\text{явл}}$ °С	$t_{\text{прп}}$ °С	n дней (часов)
I	Белоярский район Богдановичское Камышловский район Камышловский район Пышминский район Свердловский район Талицкий район г. Армянь г. Асбест г. Березовский г. Верхнее Пышма г. Екатеринбург г. Заречный г. Кавказ-Уральский г. Камышлов р.п. Верхнее Дуброво п. Рефтинский	-35	-6,4	228 (5472)
II	Артинский район Навлятинский район Радвинский район Радвинский район г. Алашелек г. Верхний Татыш г. Дегтярка г. Кировград г. Первоуральск г. Полковой г. Среднеуральск п. Верх-Исетинский р.п. Малышева	-36	-6,9	229 (5496)

	г. Новоуральск			
III	г. Нижний Тагил Пригородный район	-36	-6,6	234 (5712)
IV	Свободо-Туринский район Тугулымский район Туринский район	-37	-7,3	227 (5448)
IV-1	Качканар	-37	-6,8	240 (5760)
№ заны	Муниципальное образование	$t_{\text{эфф}}$ °C	$t_{\text{эфф}}$ °C	$n_{\text{эфф}}$ (часов)
V	Нижнесергитское Табаринский район Серовский район Шаманский район г. Верхняя Тура г. Карпинск г. Красноуральск г. Кушва г. Серов к. Староутыаск Бисертское МО Гаринский район Волчанск Тамбовский район	-37	-7,3	237 (5688)
VI	Артинский район Ачитский район Верхнесалдинский район Верноурский район Нурбитский район Красноуральский район Нидмануральский район с. Нурбит г. Красноуральск с. Красноуральск г. Целина Салда	-37	-7,3	239 (5736)

	г. Лесной Алдавский район Новоалемский район Тамбовский район			
VII	г. Ижевск г. Североуральск п. Питки	-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, $t_{\text{вн.р.}}, ^{\circ}\text{C}$	α	Расчетная температура наружного воздуха, $t_{\text{вн.р.}}, ^{\circ}\text{C}$	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

I зона

 $t_{p,н} = -35^{\circ}\text{C}$, $t_{p,к} = -6,4^{\circ}\text{C}$, $n = 228$ дней (5472 часа)

$t_{ср}$ $^{\circ}\text{C}$	I квартал 2184 часа в 2000 году (наименьший год 91 дней) 2160 часов (90 дн.) в 2001 году и др.			2 квартал 1184 часа (46 дней)			4 квартал 2000 часов (92 дня)			$t_{p,к}$ $^{\circ}\text{C}$			
	Средние температуры в градусах $^{\circ}\text{C}$												
	яно	февр	март	средн. 1 кв.	апр	май	средн. 2 кв.	июн	июль		авг	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	-6,4	
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	0,433	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	0,531	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	

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

Видопотребителя	Норматив	Нормы расхода воды, л					
		В среднем сутки		В сутки максимальное водопотребление		В час максимального водопотребления	
		Общая (в т.ч. горячая)	Горячей	Общая (в т.ч. горячая)	Горячей	Общая (в т.ч. горячая)	Горячей
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Жилые дома квартирного типа: с водопроводом III категории без учета, с газоснабжением, с вентиляцией, сантехникой и ваннами с горячей водонагревательной, с электрическим подогревом водоснабжающих трубопроводов, унитазами и душевыми с сантехникой и ваннами, оборудованными душевой кабиной 12-этажей и коммунальными требованиями к водоснабжению	1 этаж то же " " " " " "	95 120 190 195	· · · 85	120 150 225 290	· · · 100	6,5 7 10,5 12,5	· · · 7,9
2. Административные здания:	1 работник	12	5	16	7	4	2
3. Учебно-зачетная (в том числе высшая и средняя специальная) с душевыми кабинками, туалетом, умывальниками, ваннами, сантехникой, вентиляцией, кондиционированием воздуха	1 учащийся в 1 учебном кабинете	17,2	6	20	4	2,7	1,2
1	2	3	4	5	6	7	8

4. Лаборатории вышивки в часовых, сувенирных учебных заведениях	1 прибор в школу	224	112	240	120	43,2	21,6
5. Специализированные школы с дружинами при гимнастических залах в городах, районных или подушевых	1 уча- щийся в 1 группе лично в смену по 10	10	5	11,2	5,5	3,1	1
Т4 мл. с предначало дня		12	5,4	14	4	3,1	1
6. Профессионально- технические училища с дружинами при гимнастических залах в городах, районных или подушевых	1 уча- щийся в 1 группе лично в смену	20	8	21	9	3,5	1,4
7. Научно-исследовательский институт в лабораториях кабинетов при физико- биологическом профин- формационного профин- формационного профин- формационного профин-	1 рабо- тник по 10	400 140 125 12	66 51 15 5	570 370 155 16	20 15 20 7	55,6 30 12,0 3,4	11 1,2 1,7 0,7
8. Профсоюзные общественные центры: для работников школ, районной в области или	1 учени- ческий бюджет	16	12,7	16	12,7	16	12,7
9. Станции и спортзалы: для детей	1 место	3	1	3	1	9,3	0,1
Для физкультурников (с участием взрослых клубов)	1 физ- культур- ный	40	30	50	30	4,5	2,5
Для молодежи	1 спорт- зал	100	60	100	60	9	5
1	2	3	4	5	6	7	8
10. Дворовые и бытовые интересы предприятий	1 пред- приятие	-	-	500	270	540	270

	сорта в штырь						
11.Прям с теплообменником ст. 84 кВт/м ² /ч	1 штырь в штырь	.	.	45	24	14,1	3,4
12.Остальные сорта	по до	.	.	25	11	9,4	4,4

Таблица 2.2.8

Техническая характеристика одноконтурных нагревательных приборов

Наименование прибора	Поверхность нагрева с/кВт (мм ²)		Коэффициент поверхности м ² с м ² при 200С	Строительные размеры, мм				Масса одной секции (весовая) кг
	Ш	Д		Высота		Глубина в	Глубина в	
				подвес	настенная			
Радикторы:								
М-140	0,254	0,310	1,22	582	500	96	140	7,60
ММ-150	0,254	0,310	1,22	585	500	96	130	7,52
Панель № 6	0,460	0,492	1,07	1090	1000	80	185	17,50
РД-60	0,203	0,275	1,31	582	500	96	90	6,96
РД-26	0,205	0,275	1,34	582	500	100	90	6,87
В-45А	0,176	0,248	1,36	593	500	88	87	5,45
Двухконтурные 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	1263	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 чулковых труб с круглым
ребром**

Длина, м	Площадь шпирала		Коэффициент оборота α с м^2 на мм	Масса одной трубы, кг
	м^2	мм		
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 измерительных приборов
в предельные температуры воздуха**

Назначение помещений, зданий	Тип приборов	$t_{\text{гв}}, ^\circ\text{C}$
Жилые, общественно-вещнострелковые лечебные, учебные, общественного питания, спортивные, вокзалы, аэровокзалы	Радиаторы, конвекторы и панели	95
Детские сады и школы	Радиаторы, панели	85
Больницы и родильные дома	Панели	85
Читальные залы	Радиаторы, панели	95
Бани, прачечные	Радиаторы, панели	150
Производственные помещения, в которых нет конденсата влаги	Радиаторы, ребристые трубы и конвекторы	120
Производственным помещениям с выделением невысокой влажности и теплоотражающих газов и парами	Радиаторы, панели	110
Балочные помещения	Ребристые трубы и радиаторы	150

Литература

Основная:

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

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

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

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

Назимов Ю.Г. Теплоэнергетические системы и энергобалансы промышленных предприятий. М.: МЭН, 2003.

Соколов Е.А. Теплофикация и тепловые сети. М.: МЭН, 2001.

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

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

Дополнительная:

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

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

Рытский 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.
Берлин А.С.

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

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

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

Задание

На курсовое проектирование до дисциплины: *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 теплопотреблений механического цеха*

Расчетно-конструкторская часть: _____

Графическая часть:

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

Задание выдан: _____ (_____)

«___» _____ 200__ г. _____ (_____)

(дата получения студентом)

(подпись студента)

Таблица 1

Средняя мощность нагрузок

Наименование электроприемника кВт	Заданная нагрузка, принятая в						м			А _н	Максимальная нагрузка				
	n	P _н кВт	P _{н.г} кВт	K _в	cos φ	tg φ	P _{ср} кВт	Средняя нагрузка			Q _н квар	I _н кВА	I _{н.г}		
								Q _{ср} квар	S _{ср} кВА						
1	3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17
ПУИ															
Котельная	1	0,75	0,75	0,5	0,7	3	—	0,4	0,4						
Заводской	1	0,75	0,75	0,4	0,8	1,3	—	0,3	0,4						
Всего на ВВ без КУ	31	—	106,5	0,5	0,52	0,63	—	70,2	47,2	36,9	—	91,5	51,6	108,4	—
Всего на ВВ с КУ	31	—	106,5	0,5	0,53	0,53	—	70,2	23,2	73,1	—	91,5	21,6	94	—
Потребительская												1,09	2,4		
Всего на ВВ												93,38	31	114,9	

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 мезж. аппаратов. Печать плоская. Усл. печ. л 4,6. Уч.-изд. л. 4,75. Тираж 150 экз. Заказ № 367

Ризограф РГТТУ. Екатеринбург, ул. Малышостроителей, 11.

