

## Содержание

Введение.....	3
1 Расчет тепловых нагрузок потребителей.....	4
1.1 Расчет тепловой нагрузки для производственно-технологических потребителей (пар) .....	4
1.2 Расчет тепловой нагрузки для коммунально-бытовых потребителей.....	5
1.3 Расчет тепловой сантехнической нагрузки для производственных потребителей .....	6
1.4 Расчет отпуска тепловой нагрузки по сетевой (горячей) воде.....	7
1.5 Методика построения графика нагрузки по продолжительности.....	7
2 Выбор основного оборудования ТЭЦ.....	9
2.1 Выбор паровых турбин.....	9
2.2 Выбор пикового водонагревательного котла.....	10
2.3 Выбор парового котла.....	10
Заключение.....	12
Список использованной литературы.....	13

## Введение

В данной курсовой работе проводится расчет тепловых нагрузок производственно-технологических потребителей по пару и коммунально-бытовых и производственных потребителей по горячей воде, а так же последующий подбор основного оборудования теплоэлектроцентрали для обеспечения паром и горячей водой потребителей района города Новосибирск.

Целью данной курсовой работы является применения на практике утвержденными соответствующими нормативными документами методов расчета тепловых нагрузок потребителей и методов подбора основного технологического оборудования теплоэлектроцентрали, при этом следует учитывать экономические ресурсы и потребности, выбрав наиболее экономически выгодное основное оборудование.

№ п/п	Показатели	Обозначение	Единица измерения	Количество единиц измерения
1	Расчетный отпуск пара на производственно-технологические нужды	$D_{II}^P$	Кг/с	195
2	Давление и температура технологического пара	$P_{II}$ и $t_{II}$	МПа, °С	1,1 и 210
3	Доля возврата и температура конденсата технологического пара	$\beta_k$ и $t_k$	-, °С	0,85 и 95
4	Годовое время использования максимума технологической нагрузки	$T_{TH}$	ч	4500
5	Расчетные нагрузки отопления-вентиляции и горячего водоснабжения промышленного предприятия	$Q_{ОВП}^P$ $Q_{ГП}^P$	МВт	150 64
6	Климатические условия города			Новосибирск
7	Численность населения в районе теплоснабжения	$m$	тыс.чел	130
8	Тип системы теплоснабжения(СТО-открытая, СТЗ-закрытая)			СТЗ
9	Топливо, используемое в паровых котлах ТЭЦ(Т-твердое, Г-газ и мазут)			ГМ

# 1 Расчет тепловых нагрузок потребителей

## 1.1 Расчет тепловой нагрузки для производственно-технологических потребителей (пар)

1. Расчетная технологическая нагрузка с учетом потерь в тепловых сетях определяется по формуле:

$$Q_{II}^p = D_{II}^p [h_{II} - \beta(h_k - h_x) - h_x] (1 + q_{II}), \text{ МВт} \quad (1.1)$$

где  $h_{II}, h_k, h_x$  - энтальпии технологического пара, обратного конденсата и холодной воды зимой (температура и давление холодной воды зимой соответственно 5°C и 0,4 МПа), кДж/кг;

$D_{II}^p = 195$  кг/с – расчетный отпуск пара на технологические нужды;

$q_{II}$  - доля тепловых потерь в паровых сетях (принимается в пределах от 0,04 до 0,6). Примем равной 0,4;

$\beta = 0,85$  - коэффициент перевода обратного конденсата и воды.

$h_k = 398$  кДж/кг

$h_x = 21$  кДж/кг

$h_{II} = 2847$  кДж/кг, по данным давления и температуры технологического пара.

$$Q_{II}^p = 195 \cdot [2847 - 0,85 \cdot (398 - 21) - 21] (1 + 0,4) = 684 \text{ МВт}$$

2. Годовой отпуск теплоты технологическим потребителям определяется по формуле:

$$Q_{II}^g = Q_{II}^p T_{исп} \cdot 3,6 \cdot 10^{-6}, \text{ ГДж} \quad (1.2)$$

где  $T_{исп} = 4500$  ч – годовое время использования максимума технологической нагрузки.

$Q_{II}^p = 684$  МВт - расчетная технологическая нагрузка с учетом потерь в тепловых сетях.

$$Q_{II}^g = 684 \cdot 4500 \cdot 10^{-6} \cdot 3,6 = 11,1 \text{ млн. ГДж}$$

3. Абсолютная величина среднего отпуска технологической нагрузки (теплоты) за рассматриваемый месяц  $i$ , определяется по формуле, ГДж:

$$Q_{IIi} = (Q_{II}^g \cdot \bar{Q}_{IIi}) : \sum_{i=1}^{12} \bar{Q}_{IIi} \quad (1.3)$$

где  $\bar{Q}_{IIi}$  - относительная величина средней технологической нагрузки месяца  $i$ ;  
 $\bar{Q}_{IIi} = k_i \cdot Q_{II}^g$

$\sum_{i=1}^{12} \bar{Q}_{IIi}$  - сумма относительных величин средних технологических нагрузок по месяцам за год. [1; прил.В, табл.2].

4. Построение годового графика технологических нагрузок строится в виде ступенчатой линии или столбчатой диаграммы, а высота каждой ступеньки или столбца соответствует средней нагрузке за рассматриваемый месяц.

Таблица 1.1 - Значения среднемесячных относительных нагрузок

Месяц года	$k_i$	относительная величина средней технологической нагрузки месяца, млн. ГДж	абсолютная величина средней технологической нагрузки, млн. ГДж
Январь	1	11,1	1,25
Февраль	0,92	10,21	1,15
Март	0,81	8,99	1,01
Апрель	0,65	7,22	0,81
Май	0,59	6,55	0,74
Июнь	0,57	6,33	0,71
Июль	0,55	6,11	0,69
Август	0,56	6,22	0,70
Сентябрь	0,63	6,99	0,79
Октябрь	0,75	8,33	0,94
Ноябрь	0,88	9,77	1,10
Декабрь	0,95	10,55	1,19
$\sum_{i=1}^{12} \bar{Q}_{\text{пг}}$		98,35	

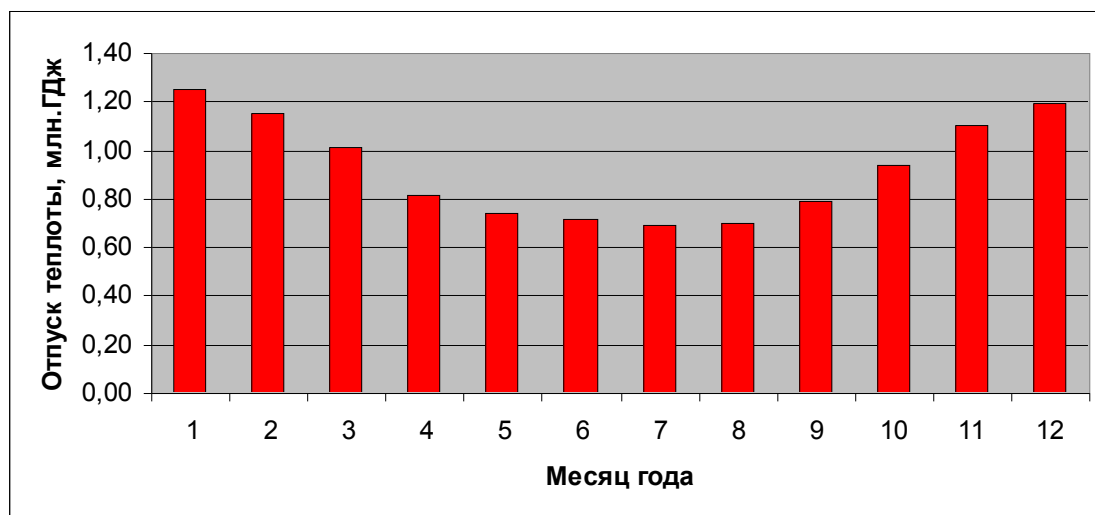


Рисунок 1.1 – Среднемесячные нагрузки производственно-технологических потребителей (пар)

## 1.2 Расчет тепловой нагрузки для коммунально-бытовых потребителей

### 1. Расчетная нагрузка отопления

Расчетная нагрузка отопления рассчитывается по формуле:

$$Q_o^p = q_o A (1 + k_1) = q_o mf (1 + k_1), \text{ MBt} \quad (1.4)$$

где  $q_o = 94,2$  - укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление жилых зданий на  $1 \text{ м}^2$  общей площади,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ; [1; прил.С, табл.3]

$A = mf$  – общая площадь жилых зданий,  $\text{м}^2$ ;

$$A = mf = 130 \cdot 10^3 \cdot 18 = 234 \cdot 10^4$$

$f$  – норма общей площади в жилых зданиях на 1 чел (может приниматься равной 18 м<sup>2</sup>/чел.),

$m = 130$  тыс. чел.

$k_1 = 0,25$  - коэффициент, учитывающий долю теплового потока на отопление общественных зданий.

$$Q_O^P = 94,2 \cdot 234 \cdot 10^4 (1 + 0,25) \cdot 10^{-6} = 275,5 \text{ MBt}$$

## 2. Расчетная нагрузка вентиляции

Расчетная нагрузка вентиляции рассчитывается по формуле:

$$Q_B^P = q_O A k_1 k_2, \text{ MBt} \quad (1.5)$$

где  $k_2$  - коэффициент, учитывающий долю теплового потока на вентиляцию зданий ( $k_2 = 0,6$  - для зданий постройки после 1985 г.)

$q_O$  - укрупненный показатель максимального теплового потока на вентиляцию зданий на 1 м<sup>2</sup> общей площади, Вт/м<sup>2</sup>

$$Q_B^P = 0,6 \cdot 0,25 \cdot 234 \cdot 10^4 \cdot 94,2 \cdot 10^{-6} = 33,1 \text{ MBt}$$

## 3. Расчетная нагрузка горячего водоснабжения

Расчетная нагрузка горячего водоснабжения рассчитывается по формуле:

$$Q_G^P = q_G m, \text{ MBt} \quad (1.6)$$

где  $q_G$  - укрупненный показатель среднего теплового потока на горячее водоснабжение на 1 чел., Вт/чел. [1; прил. D, табл. 4]

$q_G = 376$  Вт/чел. (при расходе горячей воды 105 л/сут. (с ваннами длиной от 1,5 м и душами [3; прил. 5]))

$$Q_G^P = 376 \cdot 130 \cdot 10^3 = 48,9 \text{ MBt}$$

## 4. Расчетная нагрузка коммунально-бытовых потребителей

Расчетная нагрузка коммунально-бытовых потребителей рассчитывается по формуле:

$$Q_K^P = Q_O^P + Q_B^P + Q_G^P, \text{ MBt} \quad (1.7)$$

$$Q_K^P = 275,5 + 33,1 + 48,9 = 357,5 \text{ MBt}$$

### 1.3 Расчет тепловой сантехнической нагрузки для производственных потребителей

#### 1. Расчетная сантехническая нагрузка, MBt:

$$Q_C^P = Q_{ОВП}^P + Q_{ГП}^P, \text{ MBt} \quad (1.8)$$

где  $Q_{ОВП}^P$  - расчетная нагрузка на отопление-вентиляции.

$Q_{ГП}^P$  - расчетная нагрузка на горячее водоснабжение промышленного предприятия.

$$Q_C^P = 150 + 64 = 214 \text{ MBt}$$

## 1.4 Расчет отпуска тепловой нагрузки по сетевой (горячей) воде

1. Расчетная нагрузка потребителей сетевой воды (с учетом тепловых потерь в сетях)

$$Q_{CB}^P = (1 + q)(Q_K^P + Q_C^P), \text{ МВт} \quad (1.9)$$

где  $Q_C^P$  - расчетная сантехническая нагрузка, МВт;

$Q_K^P$  - нагрузка коммунально-бытовых потребителей, МВт.

$q$  - доля тепловых потерь в тепловых сетях (принимается в пределах от 0,04 до 0,06 при надземной прокладке и от 0,02 до 0,04 при подземной прокладке, если прокладываемые трубопроводы изолированы пенополиуретаном (ППУ) и имеют гидроизоляционную оболочку (ГО) из полиэтилена).

Примем коэффициент 0,04.

$$Q_{CB}^P = 1,04 \cdot (357,5 + 214) = 594 \text{ МВт}$$

## 1.5 Методика построения графика нагрузки по продолжительности

По результатам расчета нагрузок потребителей сетевой воды строится график тепловых нагрузок по продолжительности, который помещается в ПЗ в качестве Рисунка 2.

### Методика построения графика нагрузки по продолжительности

График строится для:

1. визуального анализа внутригодовой (сезонной) неравномерности тепловой нагрузки;
2. графического суммирования годового потребления тепла;
3. определения годовой продолжительности использования расчетной мощности потребления и производства тепла парогенераторами и его выдачи из теплофикационных отборов турбин при разных значениях коэффициента теплофикации.
4. Визуальной логической проверки правильности расчетов.

На листе миллиметровки наносятся оси координат с предварительным выбором масштабов: на горизонтальной оси вправо - 8400 часов, влево от  $t_{HO}$  до  $t_H=18^{\circ}\text{C}$ ; на вертикальной оси вверх от нуля до  $Q_P$ ; вниз - от нуля до продолжительности стояния  $t_{H\leq+8^{\circ}\text{C}}$ .

В левом верхнем квадранте строится график  $Q_o(t_{HO})$ :

- 1) на вертикальной оси откладывается  $Q_o$  при  $t_{HO}$  и соединяется прямой линией с  $t_H = t_B=16^{\circ}\text{C}$ ;
- 2) от точки  $t_H = t_{HB}$  вверх откладывается расчетная мощность вентиляции, полученная точка соединяется с  $t_H=16^{\circ}\text{C}$  слева, а вправо проводится горизонтальная линия - т.е. **вентиляционная нагрузка** (которая при  $t_H < t_B$  остается постоянной, что обеспечивается сокращением кратности вентиляции);
- 3) строится график суммарной нагрузки отопления и вентиляции на вертикальной оси к  $Q_o$  прибавляется  $Q_B$ , затем линия  $Q_o + Q_B$  идет

к  $t_H=18^{\circ}\text{C}$ . Отрезки всех трех линий в диапазоне  $t_H=+(8-16^{\circ}\text{C}$  используются лишь для построения графиков, поскольку отопление и вентиляция отключается при  $t_H \geq +8^{\circ}\text{C}$ .

В левом нижнем квадранте строится график продолжительности стояния  $T(t_H)$ . Значения температуры отопительного периода  $t_H$  и число часов за отопительный период со среднесуточной температурой (и ниже) наружного воздуха принимаются согласно варианта (приложение E, табл. 5- климатологические данные городов).

В правом верхнем квадранте строится график продолжительности стояния отопительно - вентиляционной нагрузки  $Q_O + Q_B$  с использованием графиков в левых верхнем и нижнем квадрантах – по пересечениям линий, соответствующих ряду значений  $t_H$ :

- 1) в правом верхнем квадранте к линии  $Q_O + Q_B$  прибавляется  $Q_{ГВС}$  (значения для зимы и лета различные);
- 2) пристраивается линия тепловых потерь  $Q_{П}$ , которые имеют разные значения зимой и летом;
- 3) пристраивается линия  $Q_T$  (условно в расчетах принимаем двухсменную работу предприятий - 16 часов в сутки), следовательно,  $Q_T$  продолжается  $(16/24) \times (16/24) \times h_0$  и  $(16/24) \times (8760 - h_0)$ , 16-число часов в сутки при двухсменной работе предприятия; 24-число часов в сутки;  $h_0$  – число часов за отопительный период со среднесуточной температурой  $t_H = +8^{\circ}\text{C}$ .

Огибающая линия представляет собой искомый график суммарного расхода тепла или распределения необходимой мощности его генерации во времени.

Суммарное годовое потребление тепла - это площадь под кривой, построенная в координатах  $Q_i$  и  $T$  (верхний правый квадрант) МВт·ч. После этого проводятся горизонтальные линии, соответствующие заданным значениям коэффициента теплофикации  $Q_i = Q_p / \alpha_i$  – и измеряются площади ниже этих линий. Результаты сводятся в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 – Обеспечение потребления тепла за счет отбора турбин

Показатели		Коэффициент теплофикации						
		1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
Мощность отбора $Q_{отб}$ МВт								
Обеспечение потребления W	МВт/ ч							
	%							
Годовая продолжительность использования мощности, ч.								

## 2 Выбор основного оборудования ТЭЦ

### 2.1 Выбор паровых турбин

В курсовой работе предполагается, что в качестве основного источника теплоснабжения сооружается паротурбинная ТЭЦ. К основному оборудованию ТЭЦ относят паровые (ПК) и водогрейные котлы (ПВК) и паровые турбины (ПТ).

Выбор паровой турбины (ПТ) осуществляется по расчетным тепловым нагрузкам, характеристикам выбираемых паровых турбин [1; прил.Ф, табл.6] и расчетным значениям коэффициентов теплофикации по пару и сетевой воде, которые должны меняться в пределах соответственно  $\alpha_{П}^P = 0,7...1,0$  и  $\alpha_{СВ}^P = 0,4...0,7$ . При этом используются выражения

$$\alpha_{П}^P = D_{П}^{TVP} / D_{П}^P \quad (2.1)$$

$$\alpha_{СВ}^P = Q_{СВ}^{TVP} / Q_{СВ}^P \quad (2.2)$$

где  $D_{П}^{TVP}$  - расчетный отпуск пара из производственных отборов и противодавления выбранных турбин типа ПТ и Р, кг/с;

$D_{П}^P = 195$  кг/с – расчетный отпуск пара на технологические нужды;

$Q_{СВ}^{TVP}$  - расчетный отпуск теплоты из отопительных отборов и встроенных пучков конденсаторов выбранных турбин типа Т и ПТ, МВт.

$Q_{СВ}^P = 594$  МВт - расчетная нагрузка потребителей сетевой воды.

Выберем две турбины типа ПТ-140/165 так как, ее расчетный отпуск пара из производственных отборов, практически равен расчетному отпуску пара на технологические нужды. Если расчетный отпуск пара из производственных отборов будет выше расчетного отпуску пара на технологические нужды, то коэффициент теплофикации будет превышен.

Выберем две турбины ПТ-140/165-12,8

Характеристика теплофикационной паровой турбины ПТ-140/165-12,8

Электрическая мощность:

- Номинальная – 140 МВт
- Максимальная – 165 МВт

Начальные параметры пара:

- Давление – 12,8 Мпа
- Температура – 555 °С

Расход пара на турбину:

- Номинальный – 205 кг/с
- Максимальный – 211 кг/с

Номинальная нагрузка отбора:

- Производственного – 93 кг/с
- Отопительного – 134 МВт

Нагрузка встроенного пучка – 12 МВт

$\alpha_{П}^P = 2 \cdot 93 / 195 = 0,95$ ; коэффициент теплофикации по пару находится в допустимых пределах. (0,7...1,0)

$$\alpha_{СВ}^P = \frac{Q_{СВ}^{TVP}}{Q_{СВ}^P} = \frac{2 \cdot (134 + 12)}{594} = \frac{292}{684} = 0,49 \quad - \text{коэффициент теплофикации по}$$

сетевой воде соответствует допустимым пределам ( $\alpha_{СВ}^P$  должен быть 0,4...0,7).

## 2.2 Выбор пикового водонагревательного котла



Паровые (ПК) и водогрейные котлы (ПВК) выбираются, исходя из требуемой паро- и теплопроизводительности по соответствующим характеристикам выпускаемых котлов [1; прил. К, L; табл. 7, 8].

Пиковые паровые нагрузки технологических потребителей

$$Q_{ПВК}^P = Q_{СВ}^P - Q_{СВ}^{TYP} = Q_{СВ}^P - (Q_{СВ}^{III} + Q_{СВ}^T) \quad (2.3)$$

$$Q_{ПВК}^P = 594 - 2 \cdot x(134 + 12) = 302 \text{ МВт}$$

Выбор типа и количества паровых котлов производится по сумме максимальных расходов свежего пара на все турбины ( $D_{0\Sigma}^{TYP}$ ) и РОУ ( $D_0^{POY}$ ) с коэффициентом 1,02 для компенсации неучтенных потерь в цикле ТЭЦ, кг/с

$$D_{0\Sigma}^{ПК} = 1,02(D_{0\Sigma}^{TYP} + D_0^{POY}) \quad (2.4)$$

$$D_{0\Sigma}^{TYP} = n \cdot D_{OM}^{III} + n \cdot D_{OM}^T = 2 \cdot 211 = 422 \text{ кг/с}$$

$$D_0^{POY} = (D_{II}^P - D_{II}^{TYP}) \frac{h_{II} - h_{ПВ}}{h_0 \eta_{POY} - h_{ПВ}} \quad (2.5)$$

$h_{ПВ} = 993$  - энтальпии питательной воды, кДж/кг;

$h_{II} = 2847$  кДж/кг, по данным давления и температуры технологического пара (рассчитано в пункте 1.1).

$\eta_{POY} = 0,98$  - КПД РОУ.

$h_0 = 3488$  кДж/кг; по данным давления и температуры пара, из [1; прил. К табл. 7].

$$D_0^{POY} = (195 - 2 \cdot 93) \frac{2847 - 993}{3488 \cdot 0,98 - 993} = 6,9 \text{ кг/с}$$

$$D_{0\Sigma}^{ПК} = 1,02 \cdot (422 + 6,9) = 437,5 \text{ кг/с}$$

По числовому значению  $D_{0\Sigma}^{ПК}$  выбираем тип парового котла [1; прил. К табл. 7]: четыре котла Е-420-13,8ГМ

$$D_{УСТ}^{ПК} = 116,7 \cdot 4 = 466,8 \text{ кг/с}$$

### 2.3 Выбор парового котла

Характеристика парового котла Е-420-13,8ГМ

Номинальная паропроизводительность – 116,7 кг/с

Параметры пара:

- Давление – 13,8 МПа
- Температура – 560 °С

Температура питательной воды – 230 °С

Топливо – ГМ

КПД брутто – 93,5-94,7 %

По рассчитанной пиковой паровой нагрузке технологических потребителей выберем пиковые водогрейные котлы [1; прил. L, табл. 8]: три котла КВ-ГМ-100.

$$Q_{ПВК}^P = 594 - 2 \cdot x(134 + 12) = 302 \text{ МВт}$$

$$Q_{ПВК}^{уст} = 3 \cdot 116 = 348 \text{ МВт}$$

Характеристика водогрейного котла КВ-ГМ-100

Номинальная теплопроизводительность – 116 (100) МВт (Гкал/ч)

Температура воды:

- На входе – 70-110 °С
- На выходе – 150 °С

Топливо – ГМ

**Заключение**

В данной курсовой работе был произведен расчет тепловых нагрузок производственно-технологических потребителей по пару и коммунально-бытовых и производственных потребителей по горячей воде, а так же последующий подбор основного оборудования теплоэлектростанции для обеспечения паром и горячей водой потребителей района города Новосибирск.

В расчетной части курсового проекта были получены значения:

1. Производственно-технологической нагрузки потребителей по пару.
2. Коммунально-бытовой нагрузки потребителей по горячей воде

В связи с полученными данными было выбрано следующее оборудование для ТЭЦ:

Паровые турбины типа:

ПТ-140/165-12,8/ 2 шт.

Паровые котлы типа:

Е-420-13,8ГМ 4 шт.

Водогрейные котлы типа:

КВ-ГМ-100 3 шт.

## **Список использованной литературы**

1. Лукина Г.В., Суслов К.В., Подъячих С.В. Энергоснабжение предприятий: Методические указания к курсовой работе. - ИрГСХА: Иркутск, 2012.
2. Трухин А.Д. Ломакин Б.В. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки. – МЭИ : Москва, 2002.
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М. :Изд-во МЭИ, 2001.
4. Быстрицкий Г.Ф. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий: Уч. пос. для студ. ВУЗов. - М.: Изд-во АКАДЕМИЯ, 2008-304 с.
5. Михайлов С.А., Клименко А.В. Извеков А.В. и др. Концепция развития теплоснабжения в России включая коммунальную энергетику, на среднесуточную перспективу. - Москва: Минэнерго, 2002-91 с.
6. Быстрицкий Г.Ф. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий: Уч. пос. для студ. ВУЗов. - М.: Изд-во АКАДЕМИЯ, 2008.
7. Елизаров Д.П. Тепловые электрические станции. - М.: ЭНЕРГИЯ, 2008.