

УДК 621.319.4

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ТУРБИН ДЛЯ НУЖД ТЕПЛОФИКАЦИИ ГОРОДА

Пуныко Р.Л.

Научные руководители – старший преподаватель Романко В.А., ассистент Павловская А.А.

Теплоснабжение является одной из основных подсистем энергетики. На теплоснабжение народного хозяйства и населения расходуется около 1/3 всех используемых в стране первичных топливно-энергетических ресурсов. Основными направлениями совершенствования этой подсистемы являются концентрация и комбинирование производства теплоты и электрической энергии (теплофикация) и централизация теплоснабжения.

Рассмотрим АЭС, как источник тепловой энергии на теплоснабжение города-спутника на примере города Нововоронежа. Определим тепловые нагрузки данного промышленно-жилого района.

Определение максимального расхода теплоты на отопление промышленных предприятий, общественных и жилых зданий

Расход теплоты на отопление промышленных предприятий определяется из выражения (1):

$$Q_{OT}^{IP} = q \cdot V_{IP} \cdot (t_{BH} - t_{HO}) \cdot 10^{-3} \text{ кВт}, \quad (1)$$

Максимальный расход теплоты на отопление производственных промышленных зданий вычисляется по формуле (2):

$$Q_{OT1}^{IP} = q^I \cdot V_{IP} \cdot (t_{BH} - t_{HO}) \cdot 10^{-3} = 0,7 \cdot 110000 \cdot (16 - (-25)) \cdot 10^{-3} = 3,157 \text{ МВт}. \quad (2)$$

Максимальный расход теплоты на отопление непроизводственных промышленных зданий вычисляется по формуле:

$$Q_{OT2}^{IP} = q^{II} \cdot V_{IP} \cdot (t_{BH} - t_{HO}) \cdot 10^{-3} = 0,4 \cdot 110000 \cdot (16 - (-25)) \cdot 10^{-3} = 1,804 \text{ МВт}$$

Расход теплоты на отопление жилых зданий определяется с помощью выражения (3):

$$Q_{OT}^{ЖИЛ} = q_0 \cdot F \cdot m \cdot 10^{-3} \text{ кВт}, \quad (3)$$

q – укрупненный показатель максимального расхода теплоты на отопление зданий, Вт/м², зависит от расчетной температуры наружного воздуха t_{HO} , таблица 1 (промежуточные значения определяются интерполяцией).

Таблица 1 – Зависимость показателя расхода теплоты на отопление зданий, от расчетной температуры наружного воздуха

t_{HO} °C	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
q , Вт/м ²	93	110	128	142	156	165	174	179	185

$$Q_{OT}^{ЖИЛ} = 165 \cdot 10 \cdot 31508 \cdot 10^{-3} = 51,99 \text{ МВт}.$$

Расход теплоты на отопление общественных зданий определяется из выражения (4):

$$Q_{OT}^{ОБЩ} = K_1 \cdot Q_{OT}^{ЖИЛ} = 0,25 \cdot 51,99 = 13 \text{ МВт}, \quad (4)$$

Суммарный расход теплоты на отопление определяется по формуле (5):

$$Q_{OT} = Q_{OT}^{IP} + Q_{OT}^{ЖИЛ} + Q_{OT}^{ОБЩ} = 4,961 + 51,99 + 13 = 69,95 \text{ МВт}. \quad (5)$$

Определение максимального расхода теплоты на вентиляцию промышленных предприятий, общественных и жилых зданий

Расход теплоты на вентиляцию промышленных зданий определяется из выражения (6):

$$Q_B^{IP} = q_B \cdot V_{IP} \cdot (t_{BH} - t_{HB}) \cdot 10^{-3} \text{ кВт}, \quad (6)$$

Приближенно вентиляционную характеристику промышленных зданий можно определить по формуле (7):

$$q_B \approx \frac{l \cdot C_V \cdot V_{PP}^B}{V_{PP}} \cdot 10^3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{°C}}, \quad (7)$$

$$l = 1,5 \frac{1}{\text{час}} = 4,166 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{с}};$$

$$q_B \approx \frac{l \cdot C_V \cdot V_{PP}^B}{V_{PP}} \cdot 10^3 = \frac{4,166 \cdot 10^{-4} \cdot 1,25 \cdot 77000}{110000} \cdot 10^3 = 0,365 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{°C}};$$

$$Q_B^{PP} = q_B \cdot V_{PP} \cdot (t_{BH} - t_{HB}) \cdot 10^{-3} = 0,364 \cdot 110000 \cdot (16 - (-14)) \cdot 10^{-3} = 1,203 \text{ МВт}.$$

Расход теплоты на вентиляцию жилых и общественных зданий определяется из следующих выражений (8) и (9):

$$Q_B^{ЖИЛ} = K_2 \cdot Q_{OT}^{ЖИЛ} = 0,1 \cdot 51,99 = 5,199 \text{ МВт}, \quad (8)$$

$$Q_B^{ОБЩ} = K_3 \cdot Q_{OT}^{ЖИЛ} = 0,4 \cdot 51,99 = 20,8 \text{ МВт}; \quad (9)$$

Суммарный расход теплоты на вентиляцию вычисляется по формуле (10):

$$Q_B = Q_B^{ЖИЛ} + Q_B^{ОБЩ} + Q_B^{PP} = 5,199 + 20,8 + 1,203 = 27,202 \text{ МВт}. \quad (10)$$

Определение максимального расхода теплоты на горячее водоснабжение промышленных предприятий, общественных и жилых зданий

Расход теплоты на горячее водоснабжение промышленных зданий определяется из выражения (11):

$$Q_{ГВ}^{PP} = \frac{m' \cdot a' \cdot c_p \cdot (t_{ГВ} - t_{ХВ})}{n_{см}} = \frac{9452 \cdot 45 \cdot 4,187 \cdot (55 - 5)}{28800} = 3,092 \text{ МВт}, \quad (11)$$

Расчетный (максимальный) расход теплоты на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий вычисляется по формуле (12):

$$Q_{ГВ}^{ЖИЛ+ОБЩ} = K_{ч}^{max} \cdot Q_{ГВ. ср. нед.}^{ЖИЛ+ОБЩ}, \text{ кВт}; \quad (12)$$

$$Q_{ГВ}^{ЖИЛ+ОБЩ} = 2,4 \cdot 12,37 = 29,68 \text{ МВт}.$$

Суммарный расход теплоты на горячее водоснабжение вычисляется по формуле (13):

$$Q_{ГВ} = Q_{ГВ}^{ЖИЛ+ОБ} + Q_{ГВ}^{PP} = 29,68 + 3,092 = 32,77 \text{ МВт}. \quad (13)$$

Суммарная потребность в тепловой энергии вычисляется по формуле (14):

$$Q_{Г}^{MAX} = (Q_{OT} + Q_B + Q_{ГВ}) \cdot 1,1 = (69,95 + 27,202 + 32,77) \cdot 1,1 = 142,9 \text{ МВт}. \quad (14)$$

Построение годового графика тепловых нагрузок по продолжительности

Режим работы любой станции зависит от величины и графика тепловых нагрузок. Расчетные температуры и длительность их стояния за отопительный сезон определяются по таблице 2.

Таблица 2 – Температуры наружного воздуха города спутника и их продолжительность во время отопительного периода

$t_1, \text{°C}$	-25	$\tau_1, \text{час}$	34
$t_2, \text{°C}$	-20	$\tau_2, \text{час}$	144
$t_3, \text{°C}$	-15	$\tau_3, \text{час}$	470
$t_4, \text{°C}$	-10	$\tau_4, \text{час}$	1020
$t_5, \text{°C}$	-5	$\tau_5, \text{час}$	1850
$t_6, \text{°C}$	0	$\tau_6, \text{час}$	3380
$t_7, \text{°C}$	+5	$\tau_7, \text{час}$	-
$t_8, \text{°C}$	+8	$\tau_8, \text{час}$	4780

Расчет нагрузки на отопление: $Q_{отi} = Q_{от}^{пр} \frac{16-t_{ни}}{16-t_{нд}} + (Q_{от}^{жил} + Q_{от}^{общ}) \frac{18-t_{ни}}{18-t_{нд}}$;

Расчет нагрузки на вентиляцию: $Q_{вi} = Q_{в}^{пр} \cdot \frac{16-t_{ни}}{16-t_{нд}} + (Q_{в}^{жил} + Q_{в}^{общ}) \cdot \frac{18-t_{ни}}{18-t_{нд}}$;

Расчет нагрузки на горячее водоснабжение: $Q_{г.в} = 32,77$ МВт;

Расчёт тепловых нагрузок: $Q_{Ti} = Q_{OTi} + Q_{Bi} + Q_{Г.В.}$

Результаты расчётов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчёта тепловых нагрузок

$t_{ни}$	-25	-20	-15	-14	-10	-5	0	5	8
$Q_{отi}$	69,95	61,78	53,62	51,99	45,46	37,3	29,14	20,98	16,08
$Q_{вi}$	31,83	31,83	31,83	31,83	27,85	22,86	17,88	12,9	9,9
Q_{Ti}	134,6	126,4	118,2	116,6	106,1	92,94	79,79	66,65	58,76

По расчётным данным строим график тепловых нагрузок по продолжительности, рисунок 1.

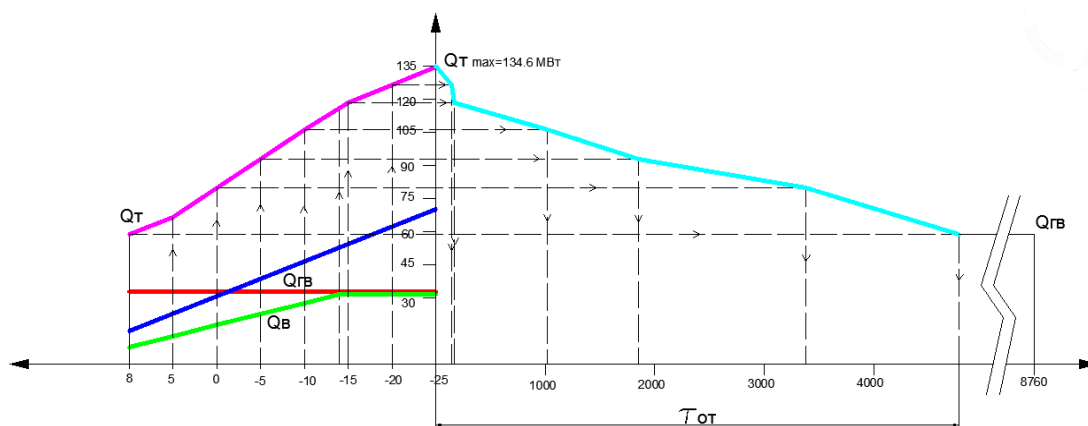


Рисунок 1 – График тепловых нагрузок

Назначение трубопроводов тепловой сети – бесперебойное снабжение потребителей тепловой энергией установленных параметров при минимальных утечках теплоносителя (горячей воды) и минимальных тепловых потерях. По правилам устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды для объектов использования атомной энергии трубопроводы тепловой сети Ду 700 ТФУ относятся к 4 категории. Трубопроводы тепловой сети относятся к системе нормальной эксплуатации и имеют классификационное обозначение 4Н.

По способу прокладки – надземная в двухтрубном исполнении. Диаметр трубопроводов – Ду 700 мм. Протяженность тепловой сети 7960 пм. отдельно прямого и обратного трубопровода. Рабочие параметры: давление 16 кгс/см², температура 130 °С. Теплоноситель – горячая вода. Схема теплоснабжения двухступенчатая по подогреву воды: 1 ступень – ТФУ НВ АЭС; 2 ступень – пиковый режим работы котлов ПТВМ – 30 М с открытым водоразбором воды.

Организованная подпитка тепловой сети производится от ХВО котельных УТЭСиК НВ АЭС. Максимальный расход подпиточной воды – 400 м³/ч.

Зоны действия источников тепловой энергии

В границах города Нововоронежа действует 2 источника тепловой энергии. Котельная НФ ООО «АТЭС» обеспечивает тепловой энергией 7 «Б» микрорайон и Северный

микрорайон. Котельные УТЭСиК НВ АЭС обеспечивает теплом 1,2,3,4,5 кварталы, 6 и 7 «А» микрорайоны. А также промышленную зону города Нововоронежа. Границы зон действия источников тепловой энергии представлены на рисунке 2.

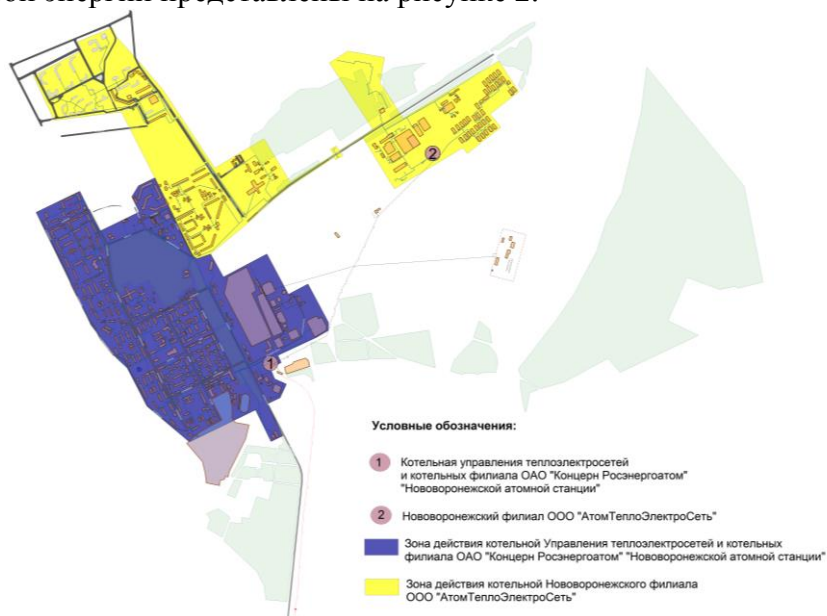


Рисунок 2 – Границы зон действия источников тепловой энергии

УТЭСиК – структурное подразделение филиала ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская АЭС» производит тепловую энергию на трех котельных в отдельно стоящих зданиях, находящихся территориально на одной площадке (площадью 29 000 м²). Отпуск тепловой энергии и горячей воды потребителям осуществляется от сетевых трубопроводов котельных, находящихся территориально на ее площадке через тепловые сети транспортирующей организации. В качестве основного топлива на котельных используется природный газ, в качестве резервного – мазут.

Газоснабжение котельных УТЭСиК осуществляется от газопроводов высокого давления по двум вводам с давлением 6 кгс/см² диаметром Ду 200.

Состав и технические характеристики основного оборудования Котельных УТЭСиК НВ АЭС представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики основного оборудования Котельных УТЭСиК НВ АЭС

Наименование источника адрес	Тип и количество котлов	Тип котлоагрегата	Производительность, Гкал/час	Завод-изготовитель котлов	Год ввода в эксплуатацию
Котельная № 1 Заводской проезд, д. 1 г. Нововоронеж, 396070	котел № 7 ДКВр-6,5/13	паровой	4,20	Бийский котельный завод	1968
	котел № 8 ДКВр-6,5/13	паровой	4,20		1997
	котел № 5 ДКВр-6,5/13	паровой	4,20		1997
	котел № 15 ДКВр-6,5/13	паровой	4,20		1970
	котел № 16 Е-6,5-1,4 ГМ (ДКВр-6,5/13 ГМ)	паровой	4,20		2005
Котельная № 2 Заводской проезд, д. 1 г. Нововоронеж, 396070	котел № 10 ДКВр-10/13 ГМ	паровой	6,50	Бийский котельный завод	2006
	котел № 11 Е-10-1,4 ГМ (ДКВр-10/13 ГМ)	паровой	6,50		1997
	котел № 12 Е-10-1,4 ГМ (ДКВр-10/13 ГМ)	паровой	6,50		1997
	котел № 13 ДКВр-10/13	паровой	6,50		1968
	котел № 14 ДКВр-10/13	паровой	6,50		1968
Котельная № 3 Заводской проезд, д. 1 г. Нововоронеж, 396070	котел № 17 ПТВМ-30 М-4	водогрейный	30,00	Дорогобужский котельный завод	1973
	котел № 18 ПТВМ-30 М-4	водогрейный	30,00		1973

Таким образом, проведенный расчет показывает целесообразность использования АЭС для теплоснабжения города-спутника. Данная система реализована в городе Нововоронеж и доказала свою эффективность на практике.

Литература

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. 7-е изд., стереотип. М.: Издательство МЭИ, 2001. – 478 с.
2. Справочное пособие теплоэнергетика электрических станций / Н.П. Волков, А.Д. Качан и др.; Под ред. А.М. Леонкова и Б.В. Яковлева, Минск: Беларусь, 1974. – 368 с.
3. Схема теплоснабжения муниципального образования городского округа город Нововоронеж с 2013 по 2029 год. Санкт-Петербург, 2013.