

3. ГСССД 187-99 Вода. Удельный объем и энтальпия при температурах 0...1000°C и давлениях 0,001...1000 МПа (приняты МГС под номером 98-2000 взамен ГСССД 98-86) — М. : ВНИИМС. — 1999. — 17 с.

4. Российская Федерация. Постановление Правительства РФ от 13.08.2006 № 491. Об утверждении Правил содержания общего имущества в многоквартирном доме и правил изменения размера платы за содержание и ремонт жилого помещения в случае оказания услуг и выполнения работ по управлению, содержанию и ремонту общего имущества в многоквартирном доме ненадлежащего качества и (или) с перерывами, превышающими установленную продолжительность [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://base.consultant.ru/> (дата обращения 01.08.2011).

5. Корректировка размера величины индивидуального теплопотребления в зависимости от типа используемого отопительного прибора [Текст] / В. С. Казачков [и др.] // Омский научный вестник. — 2009. — № 3(83). — С. 102—105.

6. ГОСТ 31311-2005 Приборы отопительные. Общие технические условия. [Текст]. — Введ. 01.01.2007. — М. : Стандартинформ. — 2007. — 8 с.

7. Европейский стандарт EN442. Тепловая мощность отопительных приборов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.abok.ru/> (дата обращения 01.08.2011).

**ШАЛАЙ Виктор Владимирович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Транспорт и хранение нефти и газа, стандартизация и сертификация», ректор ОмГТУ.

Адрес для переписки: e-mail: [info@omgtu.ru](mailto:info@omgtu.ru)

**ПОПОВ Алексей Анатольевич**, начальник отдела метрологического обеспечения и перспективного развития федерального бюджетного учреждения «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Омской области».

Адрес для переписки: e-mail: [omskmetr@mail.ru](mailto:omskmetr@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 28.06.2011 г.

© В. В. Шалай, А. А. Попов

УДК 621.331 : 621.311.004.18

**О. А. ИБРАГИМОВА**

Омский государственный  
университет путей сообщения

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ТЭЦ И РАЙОННОЙ КОТЕЛЬНОЙ

Рассматривается вопрос определения температуры наружного воздуха для включения в работу пиковой котельной и расчет тепловых нагрузок при организации совместной работы ТЭЦ и районной котельной для сравнения с данными предприятия 2009 года. Предложена схема совместной работы ТЭЦ и районной котельной (РК), а также расчет температур в трубопроводах теплоисточников.

**Ключевые слова:** ТЭЦ, районная котельная, тепловая нагрузка, пиковый режим работы, выработка.

Становление централизованного теплоснабжения в 50-х годах прошлого века развивалось быстрыми темпами. Теплоэлектростанции появлялись в населенных пунктах для обеспечения потребителей электричеством и теплом. Чаще всего на первом этапе на стройплощадке появлялись водогрейные котлы для удовлетворения нужд тепловой энергии ближайших потребителей, а уже потом строилась сама станция. Водогрейные котлы переводились в пиковый режим работы либо на площадке ТЭЦ, либо в одном из районов города, образуя определенную иерархическую структуру.

Так, в г. Омске, например, при строительстве ТЭЦ-3, ТЭЦ-4, ТЭЦ-5 тоже были включены в состав электростанций мощные водогрейные котлы, покрывающие пик графика тепловой нагрузки.

Анализ современного состояния теплоисточников в г. Омске позволил выявить наличие свободных тепловых мощностей паровых турбин на Омской ТЭЦ-5, а при совместной ее работе с котельной ООО «Теплогенерирующий комплекс», находящейся в пос. «Амурский», позволит снизить расход топлива

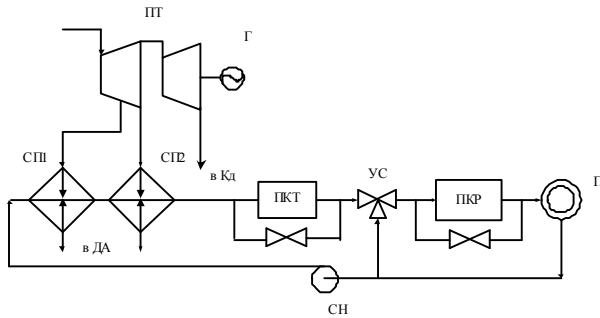
на источнике, а так же увеличить выработку электрической энергии на тепловом потреблении за счет дополнительной загрузки теплофикационных отборов.

Наиболее оптимальный вариант совместной работы, если ТЭЦ находится за чертой города, когда значительно снижается количество вредных выбросов от подобного мощного теплоисточника (возможность реализации дальнего теплоснабжения).

Наличие пиковых источников теплоснабжения при авариях на теплопроводах или станции позволяет обеспечить необходимый минимальный уровень теплотребления жителей района, исключить возможность замораживания системы.

Предлагается передача части тепловой нагрузки с котельной ООО «Теплогенерирующий комплекс» в размере  $628,5 \cdot 10^6$  кДж/ч на ТЭЦ-5, остальная часть —  $134,08 \cdot 10^6$  кДж/ч остается на балансе котельной, которая переводится в пиковый режим работы.

Схема совместной работы ТЭЦ-5 и котельной ООО «Теплогенерирующий комплекс» представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Схема системы теплоснабжения при организации совместной работы ТЭЦ и районной котельной**  
 ПТ – паровая турбина; Г – генератор;  
 СП1, СП2 – сетевые подогреватели первой и второй ступени; НП – неавтономные потребители теплоты;  
 ПКТ – пиковая котельная ТЭЦ; СН – сетевой насос;  
 УС – узел смешения; ПКР – пиковая котельная района;  
 П – автономные потребители теплоты

Сетевая вода после сетевых подогревателей турбин разделяется на два потока: один поток следует в пиковые водогрейные котлы ТЭЦ-5 (если это требуется по температурному графику), а затем к потребителям тепла от электростанции; второй поток направляется в район потребления тепла абонентов пос. Амурский.

На районной котельной ООО «Теплогенерирующий комплекс» (суммарная нагрузка составляет  $762,58 \cdot 10^6$  кДж/ч) имеется узел смешения потоков тепла из прямой линии теплосети от ТЭЦ-5 с нагрузкой  $628,5 \cdot 10^6$  кДж/ч и потока тепла из обратного трубопровода сетевой воды, циркулирующей в районе с нагрузкой  $134,08 \cdot 10^6$  кДж/ч. После смешения сетевая вода либо поступает напрямую к потребителю, минуя пиковые водогрейные котлы в котельной, либо проходит водогрейные котлы, повышая свою температуру до  $130^\circ\text{C}$  при температурном графике района – 130/70.

Предлагается качественный режим работы ТЭЦ-5 и районной котельной ООО «Теплогенерирующий комплекс», т.к. отпуск тепла от ТЭЦ-5 осуществляется в открытой системе при качественном режиме. От котельной ООО «Теплогенерирующий комплекс» необходимо осуществить качественно-количественный режим работы закрытой системы теплоснабжения района.

На ТЭЦ-5 от районной котельной передается нагрузка  $628,5 \cdot 10^6$  кДж/ч, которая обеспечивает практически всю отопительную нагрузку ( $685,91 \cdot 10^6$  кДж/ч) района. Максимальная температура воды, отпускаемой от ТЭЦ-5 в район потребления тепла, составляет  $112^\circ\text{C}$  (после сетевых подогревателей турбин).

Температура теплоносителя после смешения на районной котельной двух потоков: теплоносителя от ТЭЦ с температурой, равной температуре в прямой магистрали, и теплоносителя от РК с температурой, соответствующей температуре в обратном трубопроводе от котельной,  $^\circ\text{C}$ , может быть определена по формуле

$$\tau_{\text{см}} = \frac{G_{\text{ТЭЦ}} \cdot \tau'_1 + G_{\text{РК}} \cdot \tau_2}{G}, \quad (1)$$

где  $G_{\text{ТЭЦ}}$  — расход теплоносителя от ТЭЦ, зависящий от величины переданной тепловой нагрузки с котельной на баланс ТЭЦ, т/ч;

$G_{\text{РК}}$  — расход теплоносителя от районной котельной, зависящий от оставшейся тепловой нагрузки на теплоисточнике, т/ч;

$G$  — суммарный расход теплоносителя в поселке города, т/ч;

$\tau'_1$  — температура воды в прямой магистрали от ТЭЦ,  $^\circ\text{C}$ ;

$\tau_2$  — температура воды в обратном трубопроводе от котельной,  $^\circ\text{C}$ .

Уравнение (1) записано в соответствии с законом Кирхгофа [1].

Для определения температуры, соответствующей включению в работу пиковой котельной района (ПКР), воспользуемся формулой, предложенной проф. В.Б. Пакшвером [2] для системы с однотрубной магистралью и двухтрубной распределительной сетью.

Температура наружного воздуха, соответствующая включению в работу ПКР,  $^\circ\text{C}$ , определяется по формуле:

$$t_{\text{н(пко)}} = t_{\text{вр}} - \bar{Q}_0 \cdot (t_{\text{вр}} - t_{\text{нор}}), \quad (2)$$

где  $t_{\text{вр}}$  — расчетное значение температуры воздуха внутри отапливаемых зданий,  $^\circ\text{C}$  (для г. Омска соответствует  $20^\circ\text{C}$  [3]);

$t_{\text{нор}}$  — расчетное значение температуры наружного воздуха для проектирования отопления и вентиляции в конкретной местности,  $^\circ\text{C}$  (для г. Омска соответствует  $-37^\circ\text{C}$  [3]);

$\bar{Q}_0$  — доля расчетной тепловой мощности дальнего источника теплоснабжения от суммарной расчетной тепловой нагрузки района.

Доля расчетной тепловой мощности дальнего источника теплоснабжения от суммарной расчетной тепловой нагрузки района может быть определена

$$\bar{Q}_0 = \frac{Q'_{\text{ТЭЦ}}}{Q_A}, \quad (3)$$

где  $Q_A$  — суммарная нагрузка отопления, вентиляции и ГВС рассматриваемого района города, кДж/ч;

$Q'_{\text{ТЭЦ}}$  — расход теплоты из отборов турбин ТЭЦ на отопительные нужды района города (величина переданной тепловой нагрузки с котельной), кДж/ч.

Тогда

$$\bar{Q}_0 = \frac{628,5 \cdot 10^6}{762,58 \cdot 10^6} = 0,824.$$

Следовательно, температура наружного воздуха, соответствующая включению в работу ПКР будет равна

$$t_{\text{н(пко)}} = 20 - 0,824 \cdot (20 + 37) = -27^\circ\text{C}.$$

Отпуск тепла из отборов турбин ТЭЦ для покрытия тепловой нагрузки района  $Q'_{\text{отб}}$ , а также отпуск тепла от районной котельной после организации совместной работы ТЭЦ и РК  $Q_{\text{ку}}^{\text{пу}}$ , могут быть определены в зависимости от величины нагрузок отопления, вентиляции и ГВС.

Общая тепловая нагрузка района составляет  $762,58 \cdot 10^6$  кДж/ч, из них на отопление —  $685,91 \cdot 10^6$  кДж/ч, на вентиляцию —  $11,17 \cdot 10^6$  кДж/ч и на ГВС —  $65,5 \cdot 10^6$  кДж/ч. На ТЭЦ передается нагрузка  $628,5 \cdot 10^6$  кДж/ч, из них на отопление  $551,83 \cdot 10^6$  кДж/ч, на вентиляцию —  $11,17 \cdot 10^6$  кДж/ч и на ГВС —  $65,5 \cdot 10^6$  кДж/ч. На районной котельной остается пиковая нагрузка  $134,08 \cdot 10^6$  кДж/ч, которая соответствует нагрузке на отопление.

Сначала следует определить количество тепла, кДж, от ТЭЦ для удовлетворения нужд абонентов централизованного теплоснабжения.

Таблица 1

Значения температуры теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха

Температура наружного воздуха, °С	Температура воды в транзитном трубопроводе от ТЭЦ $t_1^T$ , °С	Температура воды в обратном трубопроводе района $t_2^P$ , °С	Температура воды после смешения $t_{см}$ , °С	Необходимая температура воды в подающем трубопроводе района $t_1^P$ , °С
-27	112	63,26	107,06	112
-30	112	65,32	107,27	117,95
-35	112	68,68	107,61	126,57
-37	112	70	107,74	130

Количество тепловой энергии, кДж, необходимой для отопления зданий на планируемый период от ТЭЦ, определяется по формуле:

$$Q_o = \frac{Q_{o \max} \cdot (t_{вп} - t_{ср}) \cdot n}{(t_{вп} - t_{нор})} \quad (4)$$

где  $Q_{o \max}$  — расчетное значение часовой тепловой нагрузки отопления, кДж/ч, принимается по проекту зданий или по укрупненным показателям с учетом удельной отопительной характеристики;

$t_{ср}$  — среднее значение температуры наружного воздуха за планируемый период, °С;

$n$  — продолжительность функционирования систем отопления в планируемый период, ч.

$$Q_o^{тэц} = \frac{551,83 \cdot 10^6 \cdot (20 + 8,4) \cdot 5304}{(20 + 37)} = 1458318,24 \text{ кДж.}$$

Количество тепловой энергии, кДж, необходимое для приточной вентиляции на планируемый период, определяется формулой:

$$Q_v = \frac{Q_{v \max} \cdot (t_{вп} - t_{ср}) \cdot n}{(t_{вп} - t_{нор})} \quad (5)$$

где  $Q_{v \max}$  — расчетное значение часовой тепловой нагрузки приточной вентиляции, кДж/ч, принимается по проекту зданий или по укрупненным показателям с учетом удельной вентиляционной характеристики.

$$Q_v = \frac{11,17 \cdot 10^6 \cdot (20 + 8,4) \cdot 5304}{(20 + 37)} = 29518,9 \text{ кДж.}$$

Необходимое количество тепловой энергии на горячее водоснабжение на планируемый период, кДж, определяется по формуле:

$$Q_{гвс} = Q_{гвс \text{ от}} \cdot n_o + Q_{гвс \lambda} \cdot n_\lambda \quad (6)$$

где  $Q_{гвс \text{ от}}$  — среднее значение часовой тепловой нагрузки горячего водоснабжения в отопительный период, кДж/ч;

$Q_{гвс \lambda}$  — среднее значение часовой тепловой нагрузки горячего водоснабжения в неотапительный период, кДж/ч;

$n_o$  — продолжительность функционирования систем горячего водоснабжения в отопительном периоде, ч;

$n_\lambda$  — продолжительность функционирования систем горячего водоснабжения в неотапительном периоде, ч.

Общая продолжительность функционирования систем горячего водоснабжения, сут., принимается по [4] в размере 350 сут.

$$Q_{гвс} = 350 \cdot 24 \cdot 65,5 = 550200 \text{ кДж.}$$

Таким образом, количество теплоты из отборов турбин ТЭЦ для покрытия тепловой нагрузки, кДж, будет равно сумме количества тепловой энергии на нужды отопления, вентиляции и ГВС:

$$Q'_{отб} = 1458318,24 + 29518,9 + 550200 = 2038037,14 \text{ кДж.}$$

Количество выработанного тепла от котельной п. Амурский будет зависеть от числа часов стояния наружной температуры воздуха ниже  $-27$  °С. По данным дневника погоды ([www.gismeteo.ru](http://www.gismeteo.ru)) количество дней с температурой наружного воздуха ниже  $-27$  °С в 2009–2010 гг. составляла: декабрь — 7 дней, январь — 14 дней, февраль — 7 дней. Тогда количество тепловой энергии на нужды отопления за рассматриваемый период работы пиковой котельной (декабрь — февраль) можно определить отдельно для каждого месяца.

$$Q_o^{\text{дек}} = \frac{134,08 \cdot (20 + 27) \cdot 7 \cdot 24}{(20 + 37)} = 18573,61 \text{ кДж;}$$

$$Q_o^{\text{янв}} = \frac{134,08 \cdot (20 + 27) \cdot 14 \cdot 24}{(20 + 37)} = 37147,22 \text{ кДж;}$$

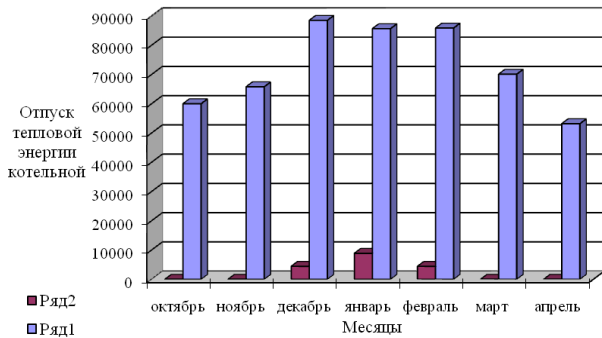
$$Q_o^{\text{фев}} = \frac{134,08 \cdot (20 + 27) \cdot 7 \cdot 24}{(20 + 37)} = 18573,61 \text{ кДж.}$$

Тогда общее максимальное количество тепловой энергии, отпущенной от пиковой котельной, работающей в часы пика нагрузки, будет равно:

$$Q_{ку}^{\text{пу}} = 18573,61 + 37147,22 + 18573,61 = 74294,44 \text{ кДж.}$$

В табл. 1 приведены расчетные значения температуры теплоносителя в трубопроводах в зависимости от температуры наружного воздуха.

Анализируя данные табл. 1 можно сделать вывод, что для осуществления комфорта потребителей необходим узел смешения (рис. 1), установленный на котельной, который производит смешение двух потоков: воды из транзитной магистрали и обратной воды района теплоснабжения. Это подтверждается расчетами табл. 1, из которых следует, что температура воды после смешения не превышает необходимые  $110$  °С перед подачей в водогрейный котел по паспорту.



**Рис. 2. Сравнение отпущенной тепловой энергии по месяцам от котельной ООО «Теплогенерирующий комплекс» до и после организации совместной работы ее с Омской ТЭЦ-5**  
 Ряд 1 – величина отпущенной тепловой энергии потребителям до организации совместной работы котельной с ТЭЦ; ряд 2 – величина отпущенной тепловой энергии после организации совместной работы котельной с ТЭЦ

На рис. 2 приведена диаграмма выработки тепловой энергии по месяцам от котельной ООО «Теплогенерирующий комплекс» до и после организации совместной работы ее с Омской ТЭЦ-5. На диаграмме наглядно показано, какой была выработка тепловой энергии на котельной в 2009 году и ее расчетные значения после перевода котельной в пиковый режим работы. Выработка тепловой энергии от котельной уменьшится более чем на 90 %.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Температура для включения в работу пиковой водогрейной котельной соответствует температуре

наружного воздуха  $-27^{\circ}\text{C}$ . Время стояния ниже указанной наружной температуры воздуха в среднем составляет 389 часов. Поэтому пиковая котельная будет работать не менее 389 часов в год.

2. Небольшое число часов работы пиковой котельной указывает на снижение расхода топлива теплоисточником, что позволяет уменьшить экологическое напряжение на окружающую среду поселка города.

3. Организация совместной работы двух теплоисточников дает возможность увеличить выработку электрической энергии на тепловом потреблении и оптимально загрузить теплофикационные отборы паровых турбин ТЭЦ.

#### Библиографический список

1. Зингер, Н. М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем / Н. М. Зингер. – 2-е изд., перераб. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 320 с.
2. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Е. Я. Соколов. – 8-е изд., стереот. – М. : Издательский дом МЭИ, 2006. – 472 с.
3. Строительные нормы и правила. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. – М. : ГУП ЦПП. 2004. – 79 с.
4. Строительные нормы и правила. СНиП 2.04.07-86\*. Тепловые сети. – М. : Минстрой России, 1994. – 46 с.

**ИБРАГИМОВА Ольга Анатольевна**, аспирантка кафедры «Теплоэнергетика».

Адрес для переписки: e-mail: ibr-olga@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 14.06.2011 г.

© О. А. Ибрагимова

## Книжная полка

621.317/Б64

**Бирюков, С. В. Измерение напряженности электрических полей в диэлектрических средах электроиндукционными датчиками. Методы и средства измерений : монография / С. В. Бирюков; ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2011. – 193 с. – ISBN 978-5-8149-1078-3.**

Разработаны методы и средства измерений низкочастотных электрических полей в непроводящих средах с использованием электроиндуктивных датчиков. Описаны структурные схемы измерительных цепей электроиндукционных датчиков напряженности электрического поля, дан анализ их метрологических характеристик, приведены практические схемы этих устройств с расчетными характеристиками. Монография предназначена для научных работников и инженеров, занимающихся разработкой приборов и электромагнитными измерениями в непроводящих средах, аспирантов, магистрантов и студентов.

621.3/О-39

**Огорелков, Б. И. Стационарное магнитное поле систем прямолинейных проводов круглого сечения : учеб. пособие / Б. И. Огорелков. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2011. – 64 с.**

Пособие содержит основной теоретический материал по практическому применению уравнений стационарного магнитного поля в интегральной и дифференциальной формах к расчету магнитных полей, создаваемых токами прямолинейных проводов круглого сечения. Отличается глубиной исследования даже простейших систем, что облегчает понимание процессов в более сложных системах.

621.313/П79

**Проектирование электрических машин : учеб. для студентов электромехан. и электроэнергет. специальностей вузов / И. П. Копылов [и др.] ; под ред. И. П. Копылова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2011. – 766 с. – ISBN 978-5-9916-0904-3.**

Рассмотрены электромагнитные, тепловые, вентиляционные и механические расчеты асинхронных, синхронных машин и машин постоянного тока. Приведены примеры расчетов электрических машин новых серий. Даны необходимые справочные материалы для выполнения курсовых и дипломных проектов.