



Институт промышленной безопасности,
охраны труда и социального партнерства

Э.А. Пущина, Е.А. Бирюзова

КОММУНАЛЬНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Учебное пособие



**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ**

Институт промышленной безопасности,
охраны труда и социального партнерства

Направление подготовки теплоэнергетического персонала

Э.А. Пущина, Е.А. Бирюзова

КОММУНАЛЬНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Учебное пособие

по подготовке и повышению квалификации
персонала организаций, поднадзорных
Федеральной службе по экологическому,
технологическому и атомному надзору

Санкт-Петербург
ТД «ЦОТ»
2020

УДК 620.92(07)
ББК 31.3я7
П88

*Рекомендовано на заседании кафедры «Теплогазоснабжение и охрана
воздушного бассейна» СПбГАСУ (протокол № 3 от 23.11.2010)
к изданию в качестве учебного пособия*

Рецензенты:

зав. кафедрой «Теплогазоснабжение и охрана труда воздушного бассейна» СПбГАСУ,
д. т. н., проф. *А.Н. Воликов*,
зам. нач. отдела газификации регионов Управления капитального строительства
ОАО «Газпромрегионгаз» Санкт-Петербурга, к. т. н., доц. *М.А. Кочергин*

Пушина Э.А., Бирюзова Е.А.

П88 Коммунальная и промышленная теплоэнергетика. Учебное пособие по подготовке и повышению квалификации персонала организаций, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору. – СПб.: ТД «ЦОТ», 2020. – 172 с.

ISBN 978-5-326-00187-0

Пособие рассчитано на руководителей и специалистов организаций, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, а также ответственных за исправное состояние и безопасную эксплуатацию, назначаемых для непосредственного выполнения функций по эксплуатации тепловых энергоустановок.

В пособии приводятся справочная информация об оборудовании систем теплоснабжения, схемы присоединений абонентских систем, режимы теплоснабжения, практические советы по эксплуатации.

**УДК 620.92(07)
ББК 31.3я7**

ISBN 978-5-326-00187-0

© Торговый дом
«Центр охраны труда»,
оформление, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Тема 1. Давление	4
Тема 2. Температура	8
Тема 3. Централизованное теплоснабжение.....	15
Тема 4. Теплоисточники.....	18
Тема 5. Тепловые сети	37
Тема 6. Системы отопления	56
Тема 7. Вентиляция, воздушное отопление, кондиционирование	64
Тема 8. Системы горячего водоснабжения.....	74
Тема 9. Схемы присоединения тепловых энергоустановок.....	79
Тема 10. Тепловые пункты	87
Тема 11. Приборы теплового контроля, учета и регулирования	107
Тема 12. Подготовка и прохождение отопительного сезона	123
Тема 13. Гидравлический и температурный режимы работы системы теплоснабжения.....	128
Тема 14. Контроль и анализ работы абонентских сетей, тепловых пунктов и систем теплопотребления	133
Тема 15. Подключение новых и реконструируемых объектов теплоснабжения	139
Тема 16. Взаимодействие энергоснабжающей организации с потребителями тепловой энергии и структурами администрации города	141
Тема 17. Охрана труда и техника безопасности	145
<i>Приложение 1</i>	147
<i>Приложение 2</i>	151
<i>Приложение 3</i>	158
<i>Приложение 4</i>	162
<i>Приложение 5</i>	167
<i>Приложение 6</i>	168
Список использованной литературы	170

ПРЕДИСЛОВИЕ

Жилищно-коммунальный сектор и промышленные предприятия потребляют большое количество теплоты: на технологические нужды, на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Надежность, безопасность и экономичность теплоэнергетических систем и оборудования в большой степени зависят от качества изготовления, монтажа, наладки, ремонта и уровня их эксплуатации.

Изучение курса «Коммунальная и промышленная теплоэнергетика», изложенного в данном пособии, позволяет специалистам-теплоэнергетикам получить знания о рациональной эксплуатации теплотехнического оборудования, об организационных и технических требованиях к эксплуатации тепловых энергоустановок, а также об обеспечении безопасности выполнения работ при эксплуатации, ремонте, наладке и испытании тепловых энергоустановок, тепломеханического, водоподготовительного оборудования, тепловых сетей и тепловых пунктов.

Пособие предназначено для руководителей и специалистов организаций, а также ответствен-

ных за исправное состояние и безопасную эксплуатацию, назначаемых для непосредственного выполнения функций по эксплуатации тепловых энергоустановок.

В пособии приводятся:

- данные о давлении и температуре, единицах измерения и приборах, предназначенных для их измерения;
- данные об оборудовании, установленном на инженерных сетях и системах теплоснабжения;
- схемы возможных присоединений абонентских систем;
- понятия о режимах теплоснабжения;
- практические советы по контролю за состоянием тепловых энергоустановок потребителей и режимами энергопотребления.

В приложениях представлены справочные данные по измерительным приборам, применяемым для измерения давления и температуры, вспомогательные таблицы, использование которых упрощает работу по эксплуатации тепловых энергоустановок.

ТЕМА 1. ДАВЛЕНИЕ

ПОНЯТИЕ О ДАВЛЕНИИ. ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

Давлением называется суммарное действие ударяющихся о стенки сосуда молекул газа (пара).

Давление измеряется силой, приходящейся на единицу площади и направленной по нормали к поверхности стенки.

Единицей измерения давления в системе СИ является паскаль ($1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$), кроме нее используются: техническая атмосфера ($1 \text{ ат} = 1 \text{ кгс/см}^2$), миллиметр ртутного столба (мм рт. ст.), бар и др.

$$0,1 \text{ МПа} = 10^5 \text{ Па} = 1,0 \text{ кгс/см}^2 = \\ = 736 \text{ мм рт. ст.} = 10 \text{ м вод. ст.}$$

Давление ниже атмосферного называется *разрежением*.

Для измерения давления и разрежения в котельных применяют манометры, мановакуумметры, тягонапоромеры.

Прибор для измерения положительного избыточного давления называется *манометром*, для измерения отрицательного избыточного давления – *вакуумметром*, для измерения давления от абсолютного нуля – *манометром абсолютного давления*.

Для паров и газов определяются избыточное давление и разрежение по отношению к барометрическому давлению $P_{\text{бар}}$ (давлению атмосферного воздуха) в данный момент, а также абсолютное (истинное) давление, представляющее собой сумму барометрического давления и избыточного давления $P_{\text{изб}}$ или разрежения $P_{\text{разр}}$:

$$P_{\text{абс}} = P_{\text{бар}} + P_{\text{изб}} \text{ или } P_{\text{абс}} = P_{\text{бар}} - P_{\text{разр}}. \quad (1)$$

Среднее давление атмосферного воздуха принимается равным $10\,330 \text{ кгс/м}^2$ или мм вод. ст. Давление 1 мм вод. ст. соответствует 1 кгс/м^2 , так как высота слоя 1 кг воды, разлитого на поверхности 1 м^2 , равна 1 мм.

Парциальное давление $P_{\text{пар}}$ – это давление газа (пара) в смеси, которое оказывал бы этот газ (пар) при данной температуре, если бы он один занимал весь объем, занятый смесью, в состав которой этот газ входит. В соответствии с законом Дальтона давление газовой смеси равно сумме парциальных давлений ее компонентов:

$$P_{\text{см}} = P_{\text{пар}_1} + P_{\text{пар}_2} + \dots + P_{\text{пар}_n}. \quad (2)$$

Для движущейся в трубопроводе или канале жидкости (газа) определяются:

– статическое давление P_c , действующее на стенки трубопровода перпендикулярно к направлению движения;

– динамическое (скоростное) давление P_d ;

– полное давление P_n .

Динамическое давление в рассматриваемой точке (рис. 1) соответствует разности полного и статического давлений и определяется по формуле:

$$P_d = P_n - P_c = \frac{w^2 \rho}{19,62}, \quad (3)$$

где w и ρ – скорость, м/с, и плотность потока, кг/м³.

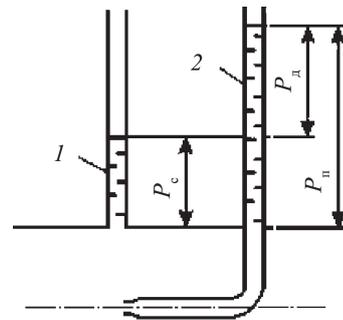


Рис. 1. Схема измерения скоростного (динамического) давления:
1 – статического; 2 – полного

В соответствии с законом Бернулли при стационарном течении идеальной жидкости сумма статического и динамического давлений является постоянной величиной. При увеличении скорости статическое давление уменьшается, а при уменьшении скорости – увеличивается.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

Манометры

Различаются по роду измеряемой величины, принципу действия и классу точности.

По принципу действия манометры могут быть жидкостными, грузопоршневыми, деформационными, тепловыми и др., по способу представления информации о величине измеряемого

давления – показывающими, регистрирующими и сигнализирующими. Применяются бесшкальные датчики с непосредственным отсчетом показаний (измерительные преобразователи) давления с унифицированными пневматическими или электрическими выходными сигналами. Такие датчики широко используют в системах автоматического контроля, регулирования и управления процессами. Часто эти приборы должны работать при наличии вибрации, запыленности, высокой влажности и загазованности окружающей среды. Дифференциальные манометры применяют в приборах для измерения уровня и плотности жидкости по величине гидростатического давления, а также в приборах для измерения расхода жидкости, пара или газа по перепаду давлений в потоке на сужающих устройствах (диафрагмах, соплах Вентури и др. (рис. 2).

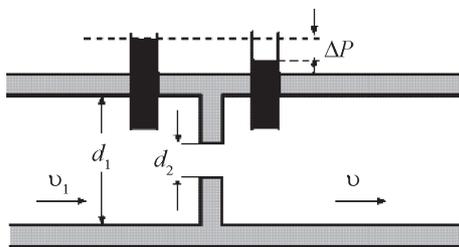


Рис. 2. Схема дифференциального манометра – трубки Вентури

Основные типы манометров представлены на рис. 3.

Принцип действия жидкостного манометра основан на создании разности высот столбиков

жидкости h в коленях U-образной стеклянной трубки (состоящей из двух соединенных между собой вертикальных трубок, наполовину заполненных жидкостью) под действием разности давлений P_1 и P_2 :

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \rho gh, \text{ Па}, \quad (4)$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения; ρ – плотность жидкости, наполняющей манометр, кг/м^3 ; h – разность высот жидкости в коленях манометра, м.

Грузопоршневые манометры. В этих приборах измеряемое давление, действующее через манометрическую жидкость на поршень манометра, уравнивается весом поршня и набора калиброванных грузов. Наиболее распространены манометры с неуплотненным поршнем. Между поршнем и цилиндром имеется небольшой зазор. Пространство под поршнем заполнено специальным маслом, которое под давлением поступает в зазор и обеспечивает смазку трущихся поверхностей. При измерении давления для уменьшения трения между цилиндром и поршнем последний приводится во вращение электродвигателем или вручную. Изменяя вес грузов и площадь сечения поршня, можно изменять пределы измерения в широком диапазоне (от 2500 Па до 2500 МПа). Приборы отличаются высокой точностью и стабильностью показаний; погрешность от 0,02 до 0,2% от верхнего предела измерения. Для определения небольших избыточных давлений, разрежения, абсолютного и атмосферного давлений применяют манометры специальных конструкций. Грузопоршневые манометры используют,

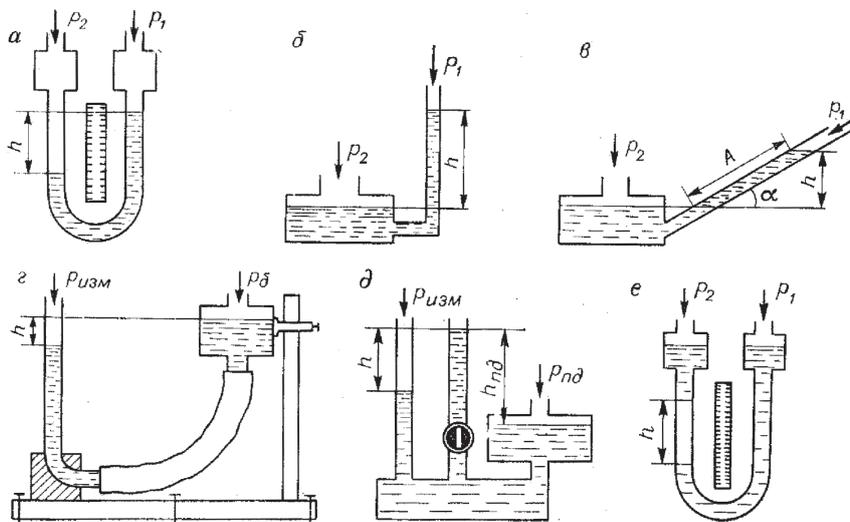


Рис. 3. Основные типы манометров:
а – U-образный; б – бачковый с вертикальной трубкой; в – микроманометр с наклонной трубкой;
г – с перемещающимся бачком; д – с противодействием; е – двухжидкостный

как правило, для поверки манометров других типов и при лабораторных измерениях.

Деформационные манометры. Измеряемое давление или разность давлений определяется по деформации упругих чувствительных элементов: трубчатых манометрических пружин – одно- и двухвитковых, S-образных, винтовых, геликоидальных, спиральных; плоских и гофрированных мембран; мембранных коробок; сильфонов; цилиндрических трубок и стаканов. Пределы измерения от 10 до $2,5 \cdot 10^9$ Па. Простота преобразования давления в упругую деформацию чувствительного элемента и большое разнообразие удобных в эксплуатации конструкций обусловили широкое применение деформационных манометров. Наиболее распространены так называемые пружинные манометры с одновитковым трубчатым чувствительным элементом (рис. 4). Под действием давления сечение пружины деформируется и происходит перемещение ее свободного конца, преобразуемое передаточным механизмом в перемещение стрелки, которая показывает давление по шкале. Диапазон измерения обычно от 0,1 до 2500 МПа, погрешность 0,16–4,0%.

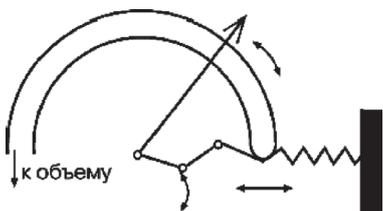


Рис. 4. Схема пружинного манометра

Для защиты пружинных манометров от контакта с агрессивными и высокотемпературными средами используются мембранные разделители давления с закрытой камерой. Внутренняя полость манометрической пружины заполняется минеральным или силиконовым маслом, через которое передается измеряемое давление рабочей среды, непосредственно соприкасающейся с разделительной мембраной. Мембрану изготавливают из нержавеющей сталей и сплавов, в том числе с высоким содержанием никеля и молибдена, а также из титановых сплавов и тантала. При измерении давления вязких, полимеризующихся и кристаллизующихся сред применяются бескамерные манометры с открытым чувствительным или разделительным элементом – сильфоном или мембраной. Для измерения небольших давлений (разрежений) и разности давлений применяются манометры с чувствительными элементами в виде сильфонов, гофрированных мембран и мембранных коробок.

В зависимости от диаметра, толщины и свойств материала, формы и глубины гофрировки чувствительных элементов можно измерять давление от 100 до $1 \cdot 10^7$ Па и более. Погрешность 0,5–2,5%.

Наиболее распространены деформационные манометры (рис. 5) с трубкой Бурдона, конструкция которых создана Э. Бурдоном в 1849 году. Трубка из латуни или фосфористой бронзы, имеющая обычно С-образную форму, соединена с входным патрубком манометра. Под давлением газа запаянный конец трубки Бурдона перемещается – трубка старается распрямиться.

Величина этого перемещения пропорциональна величине давления. Несложная рычажно-зубчатая передача приводит в движение стрелку, указывающую на шкале прибора величину давления. По такой схеме построены широко распространенные манометры серий МП, МТП, ДМ и др. Путем применения трубок более сложной формы (спиральной, винтообразной) можно получать приборы с большей чувствительностью, но меньшим пределом измерения.

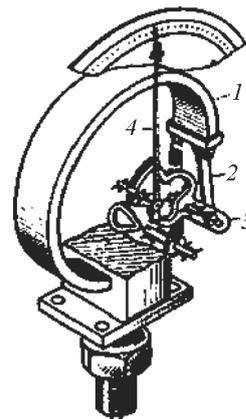


Рис. 5. Схема устройства деформационного манометра с трубкой Бурдона:
1 – трубка Бурдона; 2 – рычаг передаточного механизма;
3 – передаточный механизм; 4 – стрелка



Рис. 6. Малогабаритный измерительный преобразователь давления АИР-10

При измерении малых давлений иногда применяются диафрагменные манометры, являющиеся разновидностью деформационных. В них чувствительным элементом служит диафрагма – тонкая гофрированная металлическая пластинка.

Для измерения и преобразования избыточного, вакуумметрического абсолютного давления различных сред в унифицированный выходной электрический сигнал применяются **манометры электропреобразовательные**. Один из таких манометров приведен на рис. 6.

Технические характеристики манометров приведены в прил. 1, табл. 1–13.

Датчики давления

В системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими

процессами применяются датчики давления, которые обеспечивают непрерывное преобразование значения измеряемого параметра (давления избыточного, абсолютного, разрежения) в стандартный токовый выходной сигнал дистанционной передачи.

Датчики предназначены для работы с вторичной регистрирующей и показывающей аппаратурой, регуляторами и другими устройствами автоматики, машинами централизованного контроля и системами управления, работающими от стандартного входного сигнала 0–5, 0–20, 4–20 мА постоянного тока.

Датчик имеет устройство, позволяющее устанавливать значение выходного сигнала, соответствующее нижнему предельному значению измеряемого параметра и верхнему предельному значению измеряемого параметра.

ТЕМА 2. ТЕМПЕРАТУРА

ПОНЯТИЕ О ТЕМПЕРАТУРЕ, ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Температурой называется степень нагретости вещества. Температура измеряется в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$) или в кельвинах (К). В котельных температуру измеряют термометрами, проградуированными в градусах Цельсия.

При нормальном атмосферном давлении вода закипает при температуре 100°C .

При $P_{\text{абс}} = 1,7 \text{ кгс/см}^2$ температура кипения равна 115°C .

При $P_{\text{абс}} = 9,0 \text{ кгс/см}^2$ температура кипения равна $174,5^{\circ}\text{C}$.

При $P_{\text{абс}} = 14 \text{ кгс/см}^2$ температура кипения равна 194°C .

Температуру кипения называют также *температурой насыщения при данном давлении*.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Стеклянные жидкостные термометры.

Принцип их работы основан на разности объемных температурных коэффициентов расширения термометрической жидкости. В качестве жидкости применяются: ртуть, этиловый спирт, толуол и др. Ртутные термометры измеряют температуру в диапазоне от -30 до 600°C и имеют наибольшую точность показаний.

Термопреобразователи сопротивления.

Принцип измерения температуры термопреобразователями сопротивления основан на зависимости сопротивления материалов от температуры. Выпускаются следующие разновидности термопреобразователей сопротивления: платиновые, медные и полупроводниковые.

Термоэлектрические преобразователи.

Принцип действия термоэлектрического преобразователя основан на термоэлектрических явлениях, в результате которых в цепи, состоящей из двух разнородных проводников, возникает термоЭДС, зависящая от температуры мест соединения этих проводников. Для измерения температуры одно из мест соединения разнородных проводников помещают в измеряемую среду (рабочие концы), а другое место соединения (свободные концы) должно иметь известное значе-

ние температур или находиться при стабильной заранее известной температуре. ТермоЭДС термоэлектрического преобразователя не изменится, если в его цепь будет включен третий проводник или измерительный прибор и температура мест его подсоединения будет одинаковой. Измерительный прибор (или третий проводник) может включаться или в свободные концы, или в термоэлектрод.

Средства измерения температур по излучению. Для измерения температур по тепловому излучению тел в промышленности применяются четыре разновидности пирометров (рис. 7).

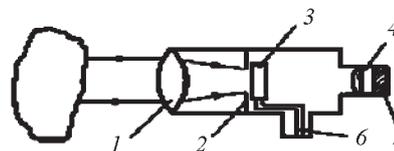


Рис. 7. Устройство радиационного пирометра рефракторной системы:

- 1 – линза; 2 – диафрагма; 3 – приемник излучения;
- 4 – окуляр для визирования; 5 – светофильтр;
- 6 – провод от приемника излучения

Квазимонохроматические пирометры предназначены для измерения температуры нагретого тела бесконтактным методом путем визуального определения энергетической яркости измеряемого тела при длинах волн, как правило, близких к $0,65 \text{ мкм}$.

Фотозлектрические пирометры либо измеряют температуру по яркостному методу, либо работают как пирометры частичного излучения. В первом случае используется зависимость температуры от спектральной энергетической яркости, а во втором случае – зависимость от температуры энергетической яркости излучения в ограниченном интервале длин волн.

Пирометры спектрального отношения осуществляют измерение температуры путем измерения соотношения яркостей на двух узких участках длин волн, как правило, в видимой области спектра.

Пирометры полного излучения предназначены для измерения и контроля температуры от -50 до 3500°C путем измерения полной энергетической яркости тела.

Вторичные приборы измерения температуры. В качестве вторичных измерительных пока-

зывающих и самопишущих приборов в комплекте с термопреобразователями сопротивления применяются логометры и автоматические мосты, а в комплекте с термоэлектрическими преобразователями и пирометрами полного излучения – милливольтметры и автоматические потенциометры.

Логометры и милливольтметры в силу своей простоты и надежности широко используются как показывающие и сигнализирующие приборы для местного и дистанционного контроля температуры. Логометры работают только в комплекте с датчиками температуры – термометрами сопротивления соответствующих градуировок; милливольтметры – с термоэлектрическими преобразователями температуры (термопарами).

Магнитоэлектрические логометры предназначены для измерения и регистрации температуры, измеряемой термопреобразователями сопротивления, а также для измерения других параметров с помощью преобразователей сопротивления.

Милливольтметры магнитоэлектрической системы предназначены для измерения, записи и регулирования температуры и других неэлектрических величин, изменение значения которых может быть преобразовано в изменение напряжения постоянного тока.

Регистрирующие мосты и потенциометры позволяют регистрировать контролируемые параметры с записью их значений на диаграммной ленте, осуществлять в зависимости от конструкции прибора одновременный контроль от одного до двенадцати параметров, а также выдавать автоматическую сигнализацию их предельных параметров. На рис. 8 показаны наиболее распространенные приборы данной группы.

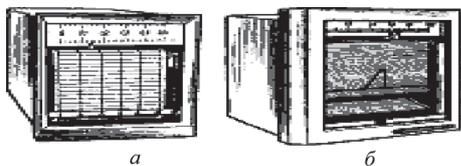


Рис. 8. Общий вид регистрирующих приборов: а – мост типа КСМ-2; б – потенциометр типа КСП-4

В одноканальных приборах типов КСУ-2, КСУ-4 регистрация измеряемой величины производится непрерывно на диаграммной ленте при движении каретки вдоль шкалы. Записывающее устройство одноканального прибора состоит из пишущего узла, закрепленного на каретке.

В многоканальных приборах регистрация измеряемой величины осуществляется циклично нанесением на диаграммной ленте цветных точек с указанием порядкового номера канала в момент

остановки каретки. Цифра, появившаяся в окошке каретки, указывает на номер канала, сигнал которого будет зафиксирован в последующий цикл печатания. Регистрирующее устройство многоканального прибора состоит из непосредственно печатающего барабана с нанесенными на его поверхность точками с соответствующими цифрами. В зависимости от типов самих регистрирующих приборов устанавливаются соответствующие печатающие устройства на 4, 6 и 12 точек измерения. Для удобства контроля и расшифровки контролируемых параметров питающее устройство имеет обойму фетровых секторов, пропитанных краской различных цветов.

Дилатометрические сигнализаторы температуры типов ТРДЭ, ТУДЭ, ТР-200 работают на принципе разного коэффициента линейного расширения различных материалов при одной контролируемой температуре.

Стеклянные жидкостные термометры

Выпускаются следующие разновидности стеклянных термометров расширения:

- технические ртутные с вложенной шкальной пластиной внутрь резервуара, градуированные при погружении в измеряемую среду хвостовой части, прямые и угловые;

- лабораторные ртутные с вложенной шкальной пластиной или палочные (толстостенные капиллярные трубки с нанесенными на внешней поверхности отметками шкалы), градуированные при погружении в измеряемую среду до отсчитываемой температурной отметки, прямые с наружным диаметром 5–11 мм и длиной 160–530 мм (рис. 9). Нижний предел измерения от –30 до 300°C, верхний – от 20 до 600°C. Цена деления шкалы от 0,1 до 2°C при диапазоне измерения от 500 до 305°C.

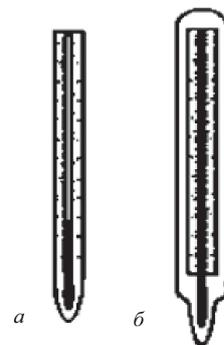


Рис. 9. Термометры стеклянные лабораторные: а – палочный; б – с вложенной шкалой

Ртутные стеклянные термометры расширения отличаются высокой точностью измерения, стабильностью градуировочной характеристики и малой стоимостью. Однако хрупкость, невозможность использования в АСУ и значительные динамические, а иногда и методические погрешности ограничивают область их применения.

При использовании термометров необходимо учитывать наиболее вероятные погрешности. Погрешность градуировки указывается в свидетельстве на термометр. Для технических термометров она равна делению шкалы. Индивидуальную погрешность при отсчете принимают равной половине цены деления. Она может быть сведена практически к нулю при применении специальных оптических приспособлений. Погрешность погружения (выступающего столбика) появляется из-за несоответствия условий градуировки термометра и его эксплуатации. При точных испытаниях и исследовательских работах необходимо вычислять поправку на выступающий столбик:

$$\Delta t = 0,00016kn(t - t_{cp}), \quad (5)$$

где k – кажущийся коэффициент расширения, зависящий от марки стекла и термометрической жидкости (при заполнении термометра ртутью) для стекла по ГОСТ 1224–71* $k = 1,00$, для стекла типа 59 $k = 1,035$, типа 600 – 1,09 и типа 700 – 1,095; n – длина выступающего столбика, выраженная в градусах шкалы термометра; t – температура, отсчитанная по термометру; t_{cp} – средняя температура выступающего столбика, обычно за нее принимаются показания вспомогательного термометра, резервуар которого размещен у середины выступающего столбика.

Погрешность, связанная с теплообменом между измеряемой и окружающей средой, зависит от способа установки термометра. Способ установки должен обеспечить наиболее благоприятные условия, с одной стороны, для притока тепла от измеряемой среды к резервуару термометра, а с другой – для уменьшения отдачи тепла прибором в окружающую среду. При температуре до 500°C погрешность при излучении невелика, а погрешность из-за теплоотвода даже при правильном монтаже термометра и хорошей изоляции составляет при измерении потока жидкости в трубах 1–2%, при измерении потока газа в широких каналах – 3–5%. При неправильном монтаже прибора эта погрешность увеличивается до 15%.

Существуют два способа установки стеклянных жидкостных термометров: в защитной гильзе и без нее, т. е. путем непосредственного погружения термометра в измеряемую среду.

Наибольшее распространение получил первый способ. Установка термометра в защитной гильзе предохраняет его от поломки движущейся средой и обеспечивает необходимую плотность в месте установки. Длину гильзы выбирают в зависимости от требуемой глубины погружения термометра в измеряемую среду.

Термометр на трубопроводе устанавливается так, чтобы середина резервуара находилась на оси трубопровода. Предпочтительной является установка термометра вдоль оси трубопровода на колене с восходящими потоками. На прямом вертикальном участке с восходящим потоком и на горизонтальном трубопроводе с диаметром до 200 мм термометр устанавливается под углом 35–45° навстречу потоку. При диаметре горизонтального трубопровода больше 200 мм термометр может быть расположен нормально к оси трубы. Устанавливать термометр на вертикальных трубопроводах с нисходящим потоком не следует. При диаметре меньше 50 мм трубопровод обычно рассекают расширителем, где и устанавливают термометр. Трубопровод на длине не менее четырех диаметров в обе стороны от места установки термометра изолируют.

При измерении температур до 200°C улучшение теплоотдачи от гильзы к термометру достигается заполнением зазора между ними компрессорным маслом, а при более высоких температурах – бронзовыми или медными опилками. Заполнение воздушного зазора, например, маслом улучшает теплообмен примерно в 5 раз. Однако динамические характеристики термометра при заполнении зазора маслом (стружкой) ухудшаются, так как общая теплоемкость измерительной системы увеличивается. Для уменьшения погрешности, связанной с теплоотводом через гильзу, последнюю следует изготавливать из металла с низким коэффициентом теплопроводности (например, из нержавеющей стали), а толщину стенки и внутренний диаметр гильзы выбирать минимально возможным.

Установка термометра без гильзы значительно уменьшает погрешность от теплоотвода. Однако вследствие недостаточной механической прочности термометра и трудности уплотнения места его установки применение этого способа может быть рекомендовано только при проведении исследовательских работ, когда избыточное давление измеряемой среды $P_{изб} \leq 20 \div 50$ кПа.

При исследованиях и испытаниях, связанных с использованием газовых и жидких топлив, применяются специальные термометры типов СП и ТН. Термометры СП-8 и СП-10 предназначены

для измерения температуры газа в газоанализаторе, причем СП-10 – конкретно в газоанализаторах системы ВТИ-2. Термометрами СП-28 измеряют температуру топливно-воздушной смеси, а СП-29 – температуру нефтепродуктов в магистрали.

Термометры типа ТН предназначены для работы с нефтепродуктами: ТН-1 – для измерения температуры вспышки в закрытом тигле, а ТН-2 – в открытом, ТН-3 – для определения условной вязкости, ТН-4 – температуры каплепадения, ТН-6 – при разгонке нефтепродуктов, ТН-8 – температуры нефтепродуктов. Диапазоны измерений у этих термометров соответствуют условиям их применения.

Наиболее часто применяются контактные термометры типа ТЗК. Их выпускают двух типов – прямые (П) и угловые (У) (рис. 10), с одной, двумя и тремя точками контактирования: пределы измерений 0–50, 0–100, 0–200, 0–300°С; цена деления шкалы 1,1 или 2,2 и 5°С соответственно.

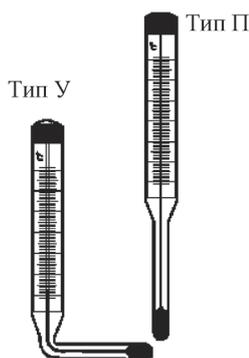


Рис. 10. Термометры технические ртутные: прямые и угловые

Характеристики стеклянных термометров приведены в прил. 2, табл. 1, 2.

Термометры технические стеклянные ртутные прямые ТТП и угловые ТТУ, а также термометры технические жидкостные прямые ТТЖ (СП-2П) и угловые ТТЖУ (СП-2У) применяются для измерений температур в трубопроводах, машинах, технических помещениях. Выпускаются с различными параметрами измерений в диапазоне от –35 до 450°С.

Технические характеристики этих термометров приведены в прил. 2, табл. 3.

Манометрические термометры

Принцип действия манометрических термометров основан на свойстве газов и жидкостей изменять давление в замкнутой системе (в по-

ружающем устройстве) при изменении температуры. Термометр герметичен, он состоит из термобаллона, который воспринимает температуру измеряемой среды, соединительного дистанционного капилляра и упругого чувствительного элемента (манометрическая пружина), который через передаточный механизм воздействует на стрелку или перо прибора (рис. 11).

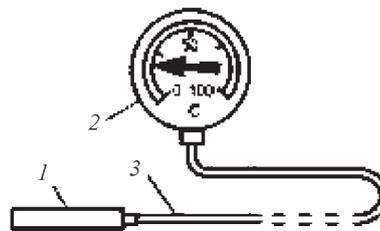


Рис. 11. Схема манометрического термометра: 1 – термобаллон; 2 – манометр; 3 – капилляр

В зависимости от заполнителя термосистемы манометрические термометры бывают трех типов:

- газовые (заполнены инертным газом (аргон, гелий) типа ТГП – термометр показывающий газовый);
- жидкостные;
- парожидкостные (заполнены термостатирующим веществом (хладон, метил хлористый, этил, ацетон технический, толуол, спирт пропиловый) типа ТКП – термометр конденсационный показывающий).

По ГОСТ 8624–71* манометрические термометры предназначены для измерения температуры в диапазоне от –150 до 1000°С. Также выпускаются приборы с пределами измерений от –50 до 600°С при температуре окружающего воздуха 5–50°С и относительной влажности до 80%; давлении измеряемой среды 0,4–6,4 МПа без защитной гильзы, 6,4–25 МПа с защитной гильзой.

Манометрические термометры выпускаются: самопишущими, показывающими, комбинированными.

Газовые манометрические термометры предназначены для измерения температуры в интервале от –50 до 600°С. Длина капилляра от 1,6 до 40 м, диаметр термобаллона 20 мм, длина термобаллона до 400 мм. Газовые термометры выпускаются показывающие и самопишущие, с записью на дисковой диаграмме, с часовым и электрическим приводом. В эти термометры могут быть встроены устройства для сигнализации и позиционного управления, пневматические приставки для передачи показаний на расстояние до 300 м.

Жидкостные манометрические термометры выпускаются в качестве измерительных приборов в интервале температур от -50 до 300°C . Парожидкостные манометрические термометры выпускаются для измерения температур в интервале от -25 до 300°C . Манометрические термометры могут работать в условиях вибрации, а также во взрыво- и пожароопасных помещениях. При их использовании следует учитывать специфические погрешности, присущие манометрическим термометрам, вызываемые колебаниями барометрического давления или температуры окружающей среды, а также взаимным расположением термобаллона и измерительного прибора.

Все типы манометрических термометров характеризуются:

- возможностью дистанционного измерения температуры без использования дополнительной энергии;
- надежностью в эксплуатации;
- равномерной шкалой (газовые и жидкостные);
- взрыво-, пожаробезопасностью;
- нечувствительностью к внешним магнитным полям.

При эксплуатации всех типов манометрических термометров следует выполнять следующие правила:

1. Термобаллон должен быть полностью погружен в измеряемую среду, при этом его положение может быть вертикальным, наклонным, горизонтальным.

2. Термометр перед использованием и периодически во время опытов следует подвергать контрольной проверке в термостате.

Выбор типа термометра для конкретного измерения осуществляется путем сравнения погрешностей измерения всех имеющихся приборов. Погрешности термометров приводятся в паспортных данных на прибор.

Термометры сопротивления

Принцип действия проборов основан на изменении электрического сопротивления вещества R при изменении его температуры t . Затем, используя известную зависимость $R = f(t)$, по электрическому сопротивлению тела определяют его температуру. Таким образом, термообразователь, в отличие от термометров расширения, является только датчиком.

Комплект прибора состоит из:

а) термометра сопротивления – тепловоспринимающего элемента (первичный прибор);

б) электроизмерительного прибора, измеряющего электрическое сопротивление термометра (вторичный прибор). Вторичный прибор может быть градуирован непосредственно в градусах.

Достоинства термометров сопротивления: более высокая точность по сравнению с термометрами расширения и манометрическими термометрами, имеется возможность передачи показаний на большие расстояния и централизация контроля температуры путем присоединения через переключатель нескольких термометров к одному измерительному прибору, возможность усреднять измеренную температуру.

Недостатки термометров сопротивления: необходимость в постоянном источнике тока, невозможность точечных измерений.

Термометры сопротивления выпускаются с чувствительными элементами из платиновой и медной проволоки согласно ГОСТ 6651–78. Следовательно, приборы делятся на термометры сопротивления платиновые (ТСП) с пределами измерений от -200 до 750°C и термометры сопротивления медные (ТСМ) с пределами измерений от -50 до 180°C .

К недостаткам ТСП относятся: нелинейность характеристики $R = f(t)$ и высокая стоимость.

У прибора ТСМ эти недостатки отсутствуют, но чувствительные элементы из меди имеют малое удельное сопротивление и легко окисляются при температуре более 100°C .

Для измерений температур до 1300°C применяются низкоомные платиновые термометры сопротивления типа ТСП-5063, а монокристаллические вольфрамовые типа ВМТС – для измерения температур до 2200°C .

Термометры сопротивления состоят из чувствительного элемента и наружной арматуры и выпускаются двух модификаций – одинарные и двойные. В двойном термометре в общую арматуру вмонтировано два чувствительных элемента, электрически не связанные между собой и имеющие индивидуальную пару зажимов в головке термометра. Наружная арматура состоит из защитной трубки, подвижного или неподвижного штуцера для крепления термометра и головки. В головке помещена контактная колодка для присоединения проводов.

Термометры по типу головки, т. е. защищенности от внешней среды со стороны вводов, имеют пять разновидностей: обыкновенные, брызгозащищенные, водозащищенные, взрывобезопасные, без головки со специальной заделкой выводов проводов.

Термометры сопротивления по герметичности со стороны измеряемой среды подразделяются на герметичные, рассчитанные на давление 0,1; 0,6; 0,4; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63 МПа, и негерметичные.

По устойчивости к механическим воздействиям термометры классифицируются как обыкновенные, виброудароустойчивые (ВТ) и ударопрочные (УП).

Платиновые термометры выпускаются классов точности I и II, т. е. К-I и К-II, а медные классов точности II и III, т. е. К-II и К-III. Термометры К-I при 0°C имеют допустимое отклонение от номинального значения сопротивления $\pm 0,05\%$; К-II, К-III – $\pm 0,1\%$.

Для изготовления чувствительных элементов серийных термометров сопротивления применяются также полупроводниковые материалы. Полупроводниковые термометры сопротивления (термисторы) обладают существенным преимуществом: их температурный коэффициент сопротивления на порядок выше, чем у металлических. Они обладают незначительными рабочими размерами и массой, малой инерционностью, высокой чувствительностью и могут иметь различную форму чувствительного элемента (цилиндры, шайбы, бусинки и т. д.). Но в связи с низкой воспроизводимостью их параметров, т. е. из-за большого разброса характеристик от образца к образцу и практически невозможной их взаимозаменяемостью, невысоким диапазоном измеряемых температур (до 180°C), нелинейностью характеристики $R = f(t)$ термисторы не нашли широкого применения.

Правила эксплуатации термометров сопротивления:

1. Термометр выбирается так, чтобы диапазон его измерений как можно больше соответствовал пределам изменения температуры измеряемой среды.

2. Длина термометра выбирается с учетом размеров камеры (трубопровода) и места его установки. При монтажной длине 500 мм и установке в горизонтальном или наклонном положении термометр должен быть дополнительно закреплен во избежание прогиба и вибраций.

3. Глубина погружения термометра выбирается с учетом длины чувствительного элемента (активной части), которая для ТСР составляет 30–120 мм, а для ТСМ – около 60 мм.

4. Защитная арматура выбирается с учетом свойств измеряемой среды, ее давления и скорости.

5. Перед монтажом термометра, а также в процессе его эксплуатации (при исследовани-

ях – перед каждым опытом и при максимальных температурах) проверяется целостность чувствительных элементов и сопротивление изоляции с помощью мегомметра с номинальным напряжением 500 В. Испытательное напряжение прикладывается между зажимами термометра и корпусом, а для термометров с двумя чувствительными элементами также и между отдельными электрическими цепями, после чего сопротивление электрической изоляции должно быть не менее величин, указанных в паспорте прибора. Если в результате проверки выявлено, что чувствительные элементы не нарушены, а сопротивление изоляции меньше допустимого, то следует термометр посушить и снова замерить сопротивление.

6. К одноточечному вторичному прибору подключается несколько термометров сопротивления через переключатель типа ПМТ или ПД.

Тепловизоры

Тепловизор Fluke Ti50 (рис. 12) используется для профилактического техобслуживания – выявления потенциальных проблем механических и электрических узлов оборудования до того, как они станут причиной отказа. Индикаторы на экране отображают: заряд батарей, коэффициент излучения, температуру фона, градусы (°C/F/K), дату и время. Температурный диапазон измерений составляет:

– поддиапазон 1 от –20 до 100°C;

– поддиапазон 2 от –20 до 350°C;

– поддиапазон 3 от 250 до 600°C.

Точность измерения $\pm 2^\circ\text{C}$ или 2%.



Рис. 12. Радиометрический тепловизор Fluke Ti50

Тепловизоры применяются:

– в области энергоснабжения (обследование и анализ подстанций, линий электропередачи и другого силового оборудования в режиме реального времени);

– для контроля за технологическими процессами (наблюдение в режиме реального времени для обеспечения эффективной и безопасной работы оборудования);

– в опытно-конструкторских разработках (количественная оценка тепловых режимов оборудования);

– в электронных устройствах (обследование печатных плат крупным планом);

– в медицинских и ветеринарных исследованиях.

Режимы измерения температуры: перемещаемые точки и области, центральная точка, считывание температуры при наведении курсора, вычисление минимальной, максимальной и средней температуры в центральной области, автоматическое определение холодных и горячих точек, изотерма (в моделях без функции Fusion), сигнализация (в моделях с функцией Fusion).

При настройке коэффициента излучения значение вводится пользователем. Оно изменяется от 0,01 до 1,00 с шагом 0,01.

Тепловизор Cyslops TI814 – полнофункциональный, высокопроизводительный тепловизор, специально разработанный для Европы. Используется для измерения температур от -20 до 1500°C , имеет высококачественные асферические линзы с механическим приводом регулировки фокуса, а также с цифровым масштабированием изображения.

Полученное тепловизором изображение отображается в видеискателе и на ярком ЖК-дисплее, после просмотра оно может быть сохранено на карте памяти CompactFlash для дальнейшего использования в отчетах или последующем анализе.

Термическая камера Cyslops TI814 (рис. 13) дополнена специальным программным обеспечением Land Image Processing Software – LIPS, которое обеспечивает термическую и визуальную обработку изображений с их сохранением и возможностью записи отчета.



Рис. 13. Термическая камера Cyslops TI814

Камера LIPS легка в использовании, обладает высокой гибкостью и сильно расширяет функциональные возможности TI814.

Результат измерения, получаемый тепловизором Cyslops TI814, приведен на рис. 14.

Тепловизор Cyslops TI814 имеет лазерный указатель. Стандартный срок работы батареи тепловизора ~ 3 ч. Опция передачи видеоизображения осуществляется на 750 м.

Преимущества:

– низкий уровень шума;

– точное измерение температуры;

– изображения без временных задержек;

– небольшой вес ($\sim 1,5$ кг);

– идеален для применения вне помещений;

– высокое разрешение получаемого изображения.

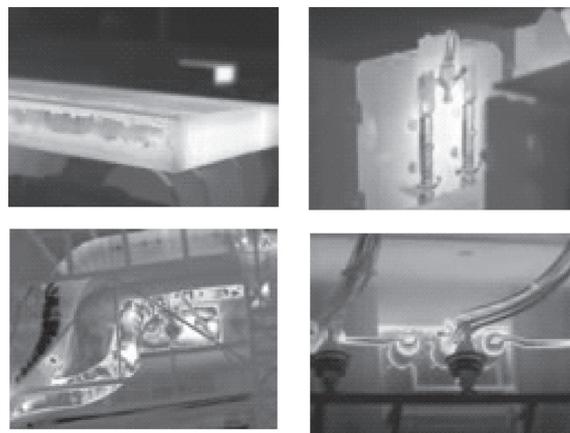


Рис. 14. Изображения, полученные тепловизором Cyslops TI814

Тепловизор Cyslops TI814 используется в производственных условиях для мониторинга, контроля качества, исследования структурной целостности материалов, для исследований в таких областях, как:

– генерация энергии, ее передача (перегрев механизмов отключения, трансформаторов, шин передачи энергии);

– электричество и электроника (идентификация сбойных компонентов электронного оборудования);

– управление энергией и тепловой контроль (определение утечек при строительстве, выбросов в воздух, повреждения изоляции, засорения трубопровода и паровых ловушек);

– нефтехимия и пластики (удаленное исследование уровня вещества в цистерне, засоров, повреждения изоляции);

– строительство (проверка теплоизоляции зданий, контроль за соблюдением правил строительства, хранением веществ в холодильных камерах, асфальтовым покрытием).

Технические характеристики тепловизоров приведены в прил. 2, табл. 5.

ТЕМА 3. ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

Теплоснабжение – это обеспечение потребителей тепловой энергией для отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и технологического производства.

Теплоснабжение подразделяется на *местное*, когда тепловой энергией обеспечивается только один потребитель, и *централизованное*, когда обеспечивается как минимум группа потребителей.

В России на долю централизованного теплоснабжения приходится более 80% теплоты, потребляемой промышленностью и жилищно-коммунальным сектором. Это объясняется рядом преимуществ системы централизованного теплоснабжения, основными из которых являются:

- снижение числа обслуживающего персонала на единицу теплоты;
- снижение удельных капиталовложений в источники теплоты;
- более низкий удельный расход топлива на единицу теплоты;
- более эффективное использование автоматизации технологических процессов.

Централизованное теплоснабжение имеет два направления:

- 1) на базе комбинированной выработки электроэнергии и тепла на электрических станциях;
- 2) на базе выработки тепла районными, квартальными, групповыми и производственными котельными.

Централизованное теплоснабжение на базе совместной выработки электрической энергии и тепла называется **теплофикацией**. В комбинированной выработке заключается основное отличие теплофикации от раздельного метода энергоснабжения, когда электрическая энергия вырабатывается на конденсационных электростанциях (КЭС), а тепло вырабатывается в котельных. При теплофикации источником выработки электрической энергии и тепла является теплоэлектроцентраль (ТЭЦ). Тепло водяного пара, имеющее повышенный потенциал (высокую температуру и давление), сначала используется для выработки электрической энергии в турбогенераторах, а затем тепло отработавшего пара, имеющее более низкий потенциал, используется для централизованного теплоснабжения. При этом удельный расход топлива на выработку электрической энергии получается значительно меньше, чем при раздельном получении электрической энер-

гии и тепла, когда тепло водяного пара, отработавшего в турбине, отводится в окружающую среду и тратится бесполезно. Коэффициент полезного действия ТЭЦ составляет 70–80%, в то время как КЭС – 30–40%.

Началом теплофикации в Советской России можно считать дату 25 ноября 1924 г., когда в Ленинграде был включен в работу первый теплотопровод, сооруженный по проекту главного инженера ТЭЦ-3 Гинтера и профессора Дмитриева, от 3-й станции до дома 96 по набережной реки Фонтанки.

Наряду с несомненными плюсами централизованное теплоснабжение обладает рядом недостатков.

Возможные повреждения трубопроводов, транспортирующих теплоноситель, могут приводить:

- к отключению большого количества зданий от теплоснабжения;
- к травмам и ожогам людей, находившихся в зоне повреждения трубопроводов.

В Санкт-Петербурге и Ленинградской области имеется 12 тепловых электростанций с установленной электрической мощностью 2600 МВт и установленной тепловой мощностью 12 000 Гкал/ч. Подключенная тепловая нагрузка – 8300 Гкал/ч. Годовой отпуск тепла от теплоисточников составляет порядка 24 млн Гкал/год.

Система централизованного теплоснабжения характеризуется тремя основными звеньями:

- 1-е звено – источник тепла;
- 2-е звено – транспорт тепла – тепловая сеть;
- 3-е звено – потребитель.

Теплоисточник и тепловая сеть создаются для теплоснабжения потребителя. В цепи теплоснабжения потребитель является главным звеном, и его интересы и потребности должны учитываться в первую очередь.

Каждая система централизованного теплоснабжения состоит из 6 элементов: генераторы тепла и теплоприготовительные установки на теплоисточниках, тепловые сети и устройства на сетях, тепловые пункты и местные системы теплопотребления – у потребителя. Чтобы обеспечить бесперебойную подачу тепла все элементы, системы должны обладать необходимой надежностью.

Принципиальная тепловая схема (ПТС) электростанции определяет основное содержание технологического процесса преобразования теп-

ловой энергии на электростанции. Она включает в себя основное и вспомогательное теплоэнергетическое оборудование, участвующее в осуществлении этого процесса, и входящие в состав пароводяного тракта электростанции.

На чертеже, изображающем ПТС, показывают теплоэнергетическое оборудование вместе с линиями (трубопроводами) пара и воды (конденсата), связывающими это оборудование в единую установку.

В состав электростанции входят несколько турбоагрегатов и парогенераторов со вспомогательным оборудованием. Принципиальная тепловая схема строится обычно как одноагрегатная и однолинейная, одинаковое оборудование изображается в схеме условно один раз; линии технологической связи одинакового назначения также показываются в виде одной линии; иначе говоря, каждый элемент данного рода показывают в ПТС один раз.

Отсюда следует, что ПТС электростанции с блочной структурой при одинаковых энергоблоках сводится к принципиальной тепловой схеме энергоблока (рис. 15).

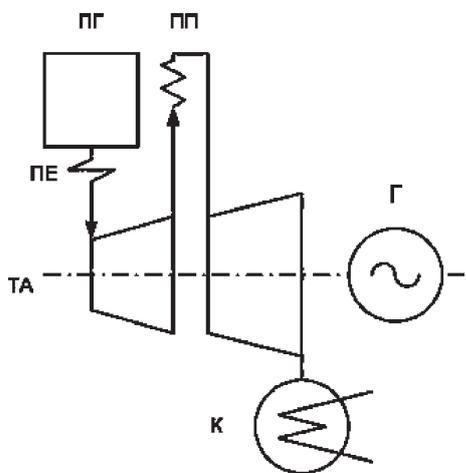


Рис.15. Схема ТЭС с блочной структурой:
 ПГ – парогенератор; ПП – пароподогреватель;
 Г – генератор; К – конденсатор; ТА – турбоагрегат;
 ПЕ – пароперегреватель

При неблочной структуре электростанции, имеющей одинаковые турбоустановки и одинаковые парогенераторы, ПТС также сводится к принципиальной тепловой схеме одноагрегатной электростанции. Принципиальная тепловая схема электростанций с разнотипным оборудованием составляется из ПТС частей (секций) электростанций с одинаковыми агрегатами. Так, например, если на блочной конденсационной электро-

станции имеются турбоагрегаты мощностью 300 и 800 МВт, то ПТС составляется из схем этих энергоблоков.

Для ТЭЦ с промышленной и отопительной нагрузкой и разнотипными теплофикационными турбоагрегатами (ПТ, Р, Т), технологически связанными между собой (линиями промышленного отбора пара, подогрева добавочной и подпиточной воды и обратного конденсата и т. п.), ПТС составляется как единая схема, состоящая из связанных схем агрегатов разных типов (рис. 16).

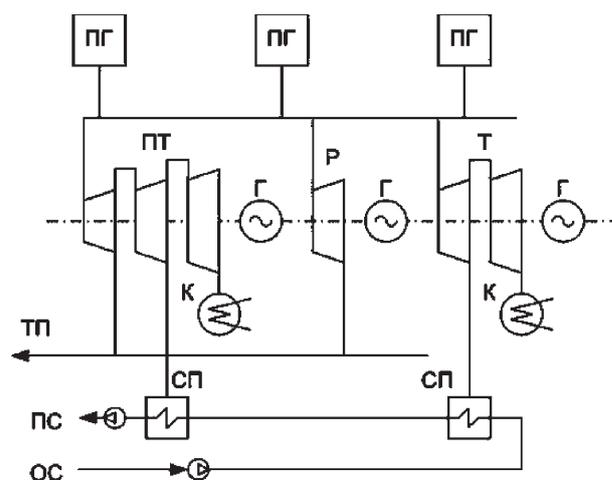


Рис.16. Тепловая схема ТЭЦ
 с турбинами типов ПТ, Р и Т:
 ПГ – парогенератор; Г – генератор; К – конденсатор;
 СП – сетевой подогреватель; ТП – трубопровод пара;
 ПС – подающая сеть; ОС – обратная сеть;
 ПТ – паровая турбина; Р – турбина с противодавлением;
 Т – теплофикационная труба

В состав принципиальной тепловой схемы, кроме основных агрегатов и связывающих их линий пара и воды, входят: регенеративные подогреватели высокого и низкого давления с охладителями пара и дренажей; деаэраторы питательной и добавочной воды; трубопроводы отборов пара от турбин к подогревателям; питательные, конденсационные и дренажные насосы; линии основного конденсата и дренажей, добавочной воды. При термической водоподготовке в схему включают испарительную установку. Схемы ТЭЦ включают, кроме того, сетевые подогревательные установки, иногда – испарительные или паропреобразовательные установки с соответствующими линиями трубопроводов. Сетевые подогреватели входят также в схемы первых энергоблоков КЭС и используются для отопления зданий жилого поселка и служебных помещений электростанции. В состав ПТС входят также вспомогательные устройства и теплообменники; расширители и охладители

продувочной воды парогенераторов барабанного типа; охладители пара эжекторных установок и уплотнений; линии отвода пара из уплотнений турбин к различным подогревателям воды.

Величина тепловой энергии в воде определяется как произведение расхода теплоносителя на разность температур.

Под 1 калорией понимают такое количество тепла, которое необходимо, чтобы нагреть 1 л воды на 1°C.

$$1 \text{ ккал} = 4,19 \cdot 10^{-3} \text{ Дж.}$$

Энтальпия измеряется в килокалориях на килограмм. $1 \text{ ккал/кг} = 4,187 \text{ кДж/кг}$.

Тепловой поток измеряется в килокалориях в час. $1 \text{ ккал/ч} = 1,163 \text{ Вт}$.

Плотность теплового потока измеряется в килокалориях на квадратный метр в час. $1 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}) = 1,163 \text{ Вт/м}^2$

Расход теплоносителя измеряется в тоннах в час (т·ч).

Теплоотпуск определяется по формуле:

$$Q = [G_1 (T_1 - T_2) + G_{\text{под}} (T_2 - T_1)] \cdot 10^{-3}. \quad (6)$$

ТЕМА 4. ТЕПЛОИСТОЧНИКИ

В централизованных системах теплоснабжения источниками теплоты могут служить:

- групповые котельные;
- квартальные котельные;
- районные котельные;
- теплоэлектроцентрали.

ГРУППОВЫЕ КОТЕЛЬНЫЕ

Через групповую котельную (рис. 17) производится теплоснабжение группы зданий. Такие котельные оборудуются водогрейными котлами с предельной температурой теплоносителя до 115°C и паровыми котлами с давлением пара до 0,6 ат. Производительность таких котельных велика – от 0,3 до 5 Гкал/ч.

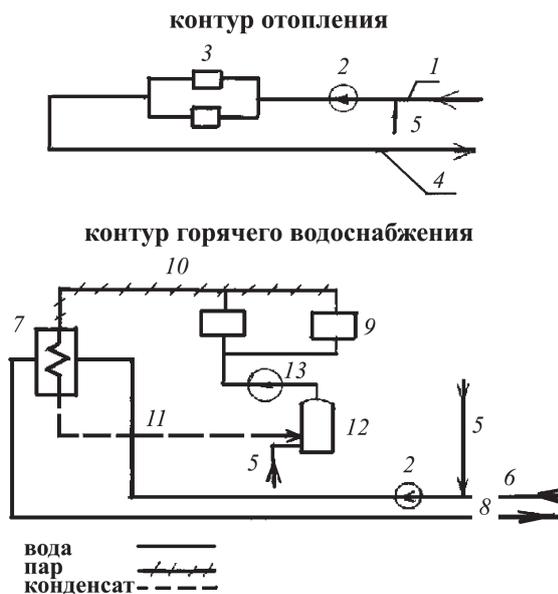


Рис. 17. Групповая котельная:

- 1 – трубопровод обратной линии отопления; 2 – сетевой насос (или насос горячего водоснабжения); 3 – водогрейные котлы; 4 – трубопровод подающей линии отопления; 5 – вода из городского водопровода; 6 – трубопровод обратной линии горячего водоснабжения; 7 – пароводяной подогреватель; 8 – трубопровод подающей линии горячего водоснабжения; 9 – паровые котлы; 10 – паропровод; 11 – конденсатопровод; 12 – конденсатный бак; 13 – питательный насос

Групповые котельные могут быть чисто отопительными (только контур отопления) либо подавать потребителям и отопление, и горя-

чее водоснабжение. В этом случае от котельной должны отходить 4 трубы: две – отопления и две – горячего водоснабжения. Температура сетевой воды на выходе из такой котельной равна допустимой температуре теплоносителя в системах теплоснабжения и, как правило, составляет $95/70^{\circ}\text{C}$.

В связи с этим каких-либо преобразовательных устройств, изменяющих параметры теплоносителя (температуру и давление), у потребителя не монтируется.

Контур отопления работает следующим образом: вода после потребителей поступает в котельную, где ее давление поднимается сетевым насосом, и она поступает в котлы. Там за счет сгорания топлива происходит нагрев воды до нужной температуры, затем вода по подающему трубопроводу попадает во внешнюю сеть и к потребителям. Потери воды в сети и в системах отопления компенсируются подачей в обратный трубопровод городской холодной воды.

Контур горячего водоснабжения работает следующим образом: неиспользованная горячая вода поступает в котельную, где происходит ее восполнение до нужной величины городской водопроводной водой, затем при помощи насоса поступает в пароводяной подогреватель, где происходит ее подогрев до температуры $65\text{--}70^{\circ}\text{C}$ за счет тепла пара, и потом – в подающий трубопровод горячего водоснабжения.

Пар из паровых котлов свое тепло отдает воде, конденсируется и попадает в конденсатный бак, откуда вода питательным насосом подается в паровой котел.

Большим недостатком групповых котельных является то, что из-за подпитки сети городской водопроводной водой в сети находится свободный кислород, который вызывает коррозию тепловых сетей, что приводит к сокращению сроков их службы, а также систем отопления и систем горячего водоснабжения.

КВАРТАЛЬНЫЕ КОТЕЛЬНЫЕ

Квартальная котельная, как правило, оснащена паровыми котлами типа ДКВР (рис. 18), ДЕ и т. д. с давлением пара до 13 кгс/см^2 , имеет производительность от 7 до 40 Гкал/ч и может