


Департамент внутренней и кадровой политики Белгородской области
Областное государственное автономное
профессиональное образовательное учреждение
«Белгородский индустриальный колледж»

Рассмотрено цикловой комиссией
«Теплотехники и сварочного производства»
ОГАПОУ «Белгородский индустриальный колледж»
Протокол заседания № 09 от «09» января 2020г.
Председатель цикловой комиссии


/Кобченко А.В./

Учебно-методическое пособие
для выполнения практических работ
по профессиональному модулю

ПМ.01 «Эксплуатация теплотехнического оборудования и систем
тепло- и топливоснабжения»

МДК 01.01 Эксплуатация, расчет и выбор теплотехнического
оборудования систем тепло- и топливоснабжения

Раздел 2. Теплоснабжение

по специальности СПО

13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование
базовой подготовки

Разработчики: Кобченко А.В., Топоркова А.А.
преподаватели специальных дисциплин
ОГАПОУ «Белгородский индустриальный
колледж»

Белгород 2020

Содержание

Пояснительная записка.....	4
Практическая работа № 1. «Отработка навыков в подготовке к растопке, пуску, включение в работу парового котла (с использованием компьютерного тренажера)».....	6
Практическая работа № 2. «Останов парового котла (с использованием компьютерного тренажера)».....	12
Практическая работа № 3. «Определение тепловых нагрузок по укрупненным показателям».....	17
Практическая работа № 4. «Расчет и построение температурного графика центрального регулирования».....	23
Практическая работа № 5. «Определение годовых расходов теплоты и теплоносителя».....	29
Практическая работа № 6. «Расчет и построение графика расходов теплоты центрального регулирования»	36
Практическая работа № 7. «Определение толщины тепловой изоляции и потерь теплоты трубопроводом тепловой сети».....	39
Приложение 1. Климатологические данные населенных пунктов России для расчета отопительно-вентиляционных нагрузок и годового потребления теплоты.....	44
Приложение 2. Среднее многолетнее число суток со средней суточной температурой наружного воздуха в различных интервалах для городов России.....	46
Приложение 3. Поправочный коэффициент для жилых зданий.....	48
Приложение 4. Удельные тепловые характеристики административных, лечебных и культурно-просветительных зданий и детских учреждений.....	49
Приложение 5. Нормы расхода горячей воды потребителями.....	50
Приложение 6а. Нормы плотности теплового потока для	

трубопроводов двухтрубных тепловых сетей при подземной канальной прокладке и продолжительности работы в год более 5000ч.....	53
Приложение 6б. Нормы плотностей теплового потока для трубопроводов двухтрубных водяных сетей при подземной канальной прокладке и продолжительности работы в год 5000ч и менее.....	54
Приложение 7. Индивидуальные задания.....	55
Приложение 8. Коэффициент k_1 , учитывающий изменение стоимости теплоты и теплоизоляционной конструкции в зависимости от района строительства и способа прокладки трубопровода места установки оборудования).....	56
Приложение 9. Толщины промышленных полносборных и комплектных теплоизоляционных конструкций.....	56
Приложение 10. Предельные толщины теплоизоляционных конструкций при подземной прокладке в тоннелях и непроходных каналах.....	57
Библиографический список.....	58

Пояснительная записка

Одной из важнейших проблем образования является повышение качества подготовки специалистов. Обучающиеся среднего профессионального образования (СПО) должны не только получать знания по дисциплинам и модулям программы, овладевать умениями и навыками использования этих знаний, методами исследовательской работы, но уметь самостоятельно приобретать новые научные сведения. В этой связи все большее значение приобретают практические работы обучающихся.

Практикум по профессиональному модулю ПМ.01 «Эксплуатация теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения» междисциплинарного курса МДК 01.01 «Эксплуатация, расчет и выбор теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения» раздела 2 «Теплоснабжение» предназначен для обучающихся по специальности СПО 13.02.02 «Теплоснабжение и теплотехническое оборудование» базовой подготовки.

Теплоснабжение – это раздел междисциплинарного курса «Эксплуатация, расчет и выбор теплотехнического оборудования систем тепло- и топливоснабжения» профессионального модуля «Эксплуатация теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения», целью которого является овладение теоретическими и практическими знаниями по распределению и передачи тепловой энергии, изучение особенностей организации систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха потребителей и энергетического хозяйства предприятия.

Междисциплинарный курс МДК 01.01 по профессиональному модулю ПМ.01 входит в профессиональный цикл специальных дисциплин и изучается в III - VI семестрах согласно учебному плану по специальности СПО 13.02.02 «Теплоснабжение и теплотехническое оборудование».

Представленный материал сформирован на основе рабочей программы профессионального модуля ПМ.01 «Эксплуатация теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения», составленной с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) по специальности среднего профессионального образования 13.02.02 «Теплоснабжение и теплотехническое оборудование» и профессионального стандарта № 790 «Работник по эксплуатации оборудования, трубопроводов и арматуры тепловых сетей», приказ от 28 декабря 2015 № 1164н Министерства труда и социальной защиты РФ.

Актуальность разработки данного практикума обусловлена необходимостью учебно-методического обеспечения междисциплинарного курса «Эксплуатация, расчет и выбор теплотехнического оборудования систем

тепло- и топливоснабжения», а также потребностью формирования устойчивых навыков и умений по разным аспектам обучения.

Цель практикума заключается в обеспечении обучающихся необходимыми сведениями, методиками и алгоритмами действий, позволяющих решать учебные задачи, выполнять задания, преодолевать наиболее трудные моменты в отдельных видах работ.

В результате выполнения практических работ, обучающиеся смогут реализовать следующие задачи: отработать навыки в подготовке к растопке, пуску, включению в работу и останову парового котла; изучить последовательность расчета при определении тепловых нагрузок по укрупненным показателям для различных потребителей; освоить методику выполнения расчета годовых расходов теплоты и построения температурного графика центрального регулирования.

Практикум по каждой работе включает в себя следующие элементы:

- тему работы,
- цель практической работы,
- ход работы,
- общие теоретические сведения,
- методические указания к выполнению данной работы,
- содержание отчета,
- контрольные вопросы,
- используемые источники.

В теоретической части приводится структурированный материал, необходимый для подготовки обучающихся к выполнению практической работы. Практическая часть представляет собой рекомендации к выполнению работы и исходные данные, разработанные индивидуально для каждого обучающегося, что обеспечивает самостоятельное выполнение каждым студентом.

Данный практикум может быть использован для индивидуальной работы обучающихся на занятиях под руководством преподавателя, или для их самостоятельной работы.

Практическая работа № 1

Тема работы: «Отработка навыков в подготовке к растопке, пуску, включение в работу парового котла (с использованием компьютерного тренажера)»

Цель работы: Изучение перечня оборудования и арматуры котельной установки, отработка последовательности операций и правил при эксплуатации котельной установки.

Ход работы:

1. Ознакомиться с общими сведениями.
2. Включить компьютерный тренажер в ознакомительном режиме и изучить оборудование и арматуру котельной установки.
3. Включить компьютерный тренажер в режиме обучения и изучить последовательность операций при подготовке, растопке, включении в работу котельной установки, работающей на газе.
4. Оформить отчет. В отчете указать последовательность операций при подготовке котла к растопке, пуску и включении в работу.
5. Подготовить ответы на контрольные вопросы.
6. Для сдачи практической работы указать последовательность операций при подготовке котла к растопке, пуску и включении в работу в режиме тестирования.

Общие сведения:

Тренажер представляет собой многофункциональную обучающую программу, позволяющую ознакомиться с тепловой схемой и основным оборудованием котельной, изучить последовательность пуска котельной установки.

Компьютерный тренажер позволяет:

1. Ознакомиться с тепловой схемой, оборудованием и арматурой котельной установки.
2. Изучить последовательность операций при подготовке, растопке и включении в работу котельной установки, работающей на газе, в следующих режимах:
 - 2.1 *Ознакомительный режим* дает возможность ознакомиться с оборудованием и арматурой котельной установки.
 - 2.2 *Режим обучения* позволяет изучить последовательность операций при различных режимах.
 - 2.3 *Режим тестирования* предполагает контроль знаний последовательности операций с выявлением допущенных ошибок, вводом подсказки для исправления и с итоговым подсчетом сделанных в процессе работы ошибок.

После запуска программы пользователю предлагается меню (Рис.1):

1. В ознакомительном режиме программа не ограничивает и не учитывает действия пользователя. Режим предназначен для предварительного знакомства с программой, ознакомлением со схемой и названиями элементов. Чтобы узнать название какого-либо элемента, достаточно подвести к нему курсор и удерживать правую кнопку мыши. Данная подсказка действует во всех режимах.

2. В режиме обучения можно выбрать изучаемый этап эксплуатации (подготовка, растопка, включение в работу, останов котла), который должна показать программа. В этом режиме последовательно указываются элементы, которые должны открываться/закрываться (включаться / отключаться) в строгой последовательности в текущий момент.

3. В режиме тестирования также можно выбрать любой этап эксплуатации. Затем пользователь должен самостоятельно воспроизвести последовательность операций на данном этапе, стараясь не допускать ошибок. В случае неправильного действия, программа выдает предупреждение о нарушении последовательности. В этом случае тестируемый должен произвести правильное действие, иначе будет засчитана ошибка, после которой программа покажет правильное действие. При завершении тестирования подсчитывается общее количество ошибок и выдается результат.

Любой из режимов может быть прерван нажатием клавиши 'Esc'.

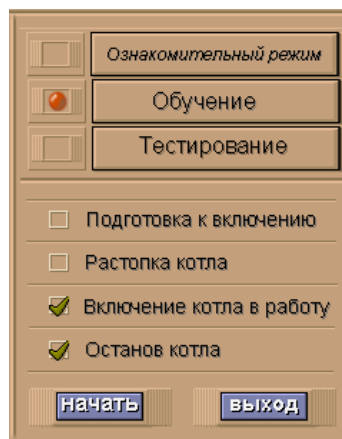


Рисунок 1 – Меню программы

Выполнение работы: Запустите программу в ознакомительном режиме, изучите расположение и состав основного и вспомогательного оборудования котла.

Перечень оборудования и арматуры котельной установки:

1. Вентиль продувки паропровода к потребителю.
2. Вентиль продувки паропровода к потребителю.
3. Задвижка подачи пара к потребителю.
4. Задвижка подачи пара к потребителю.
5. Задвижка подачи пара в деаэрактор.
6. Задвижка подачи пара к потребителю.
7. Задвижка подачи пара к потребителю.
8. Задвижка подачи пара к потребителю.

9. Задвижка подачи пара на паровой коллектор.
10. Вентиль продувки паропровода котла.
11. Вентиль продувки паропровода котла.
12. Вентиль продувки паропровода котла.
13. Вентиль продувки паропровода котла.
14. Вентиль продувки парового коллектора.
15. Вентиль продувки парового коллектора.
16. Воздушный вентиль на барабане котла.
17. Главная Парозапорная Задвижка (ГПЗ).
18. Задвижка на выходе пара из котла для обдувки поверхностей нагрева.
19. Задвижка на входе воды в барабан котла.
20. Обратный клапан на питательной линии.
21. Воздушник на питательной линии перед барабаном котла.
22. Задвижка на линии непрерывной продувки.
23. Вентиль продувочный нижнего барабана.
24. Вентиль продувочный нижнего барабана.
25. Вентиль слива воды с нижнего барабана.
26. Вентиль слива воды с нижнего барабана.
27. Вентиль продувочный заднего экрана.
28. Вентиль продувочный заднего экрана.
29. Вентиль продувочный бокового экрана.
30. Вентиль продувочный бокового экрана.
31. Вентиль продувочный фронтального экрана.
32. Вентиль продувочный фронтального экрана.
33. Кран продувочный указателя уровня воды.
34. Кран водяной указателя уровня воды.
35. Кран паровой указателя уровня воды.
36. Задвижка контрольная перед горелкой.
37. Кран запальника.
38. Кран на трубопроводе безопасности.
39. Предохранительный Клапан-Отсекатель (ПКО).
40. Кран продувочной свечи перед ПКО.
41. Главная задвижка на газопроводе котла.
42. Продувочный вентиль расширителя непрерывной продувки.
43. Задвижка на входе воды в расширитель непрерывной продувки.
44. Задвижка на выходе пара из расширителя.
45. Задвижка подачи продувочной воды с соседнего котла.
46. Задвижка слива воды из деаэратора.
47. Задвижка на выходе воды из деаэратора.
48. Задвижка на входе пара в деаэратор с коллектора.
49. Задвижка на сгонной линии воды перед деаэратором.
50. Задвижка на входе пара в деаэратор из расширителя.
51. Задвижка на линии выпара из деаэратора.
52. Задвижка на входе воды в деаэратор из химводоочистки.

53. Задвижка на вводе конденсата в деаэратор.
54. Задвижка на обдув котельного пучка.
55. Задвижка на обдув экономайзера.
56. Задвижка на питательной линии после экономайзера.
57. Задвижка на сгонной линии экономайзера.
58. Кран воздушника перед водяным экономайзером.
59. Обратный клапан перед водяным экономайзером.
60. Задвижка перед водяным экономайзером.
61. Дымоход.
62. Задвижка на выходе воды из центробежного насоса.
63. Обратный клапан центробежного насоса.
64. Задвижка на запасной линии питания.
65. Задвижка перед центробежным насосом.
66. Задвижка на ответвлении к поршневому насосу.
67. Задвижка подачи пара к поршневому насосу.
68. Рабочий кран перед горелкой.
69. Воздушный шибер.
70. Вентилятор дутьевой.
71. Поршневой насос.
72. Центробежный насос.
73. Шибер дымососа.
74. Дымосос.
75. Паровой коллектор.
76. Верхний барабан котла.
77. Нижний барабан котла.
78. Расширитель непрерывной продувки.
79. Деаэратор.
80. Труба дымовая.
81. Экономайзер.
82. Указатель уровня воды (УУВ).
83. Горелка газовая.
84. Запальник.

Запустите программу в режиме обучения, выбрав последовательно пункты «Подготовка к включению», «Растопка котла» и «Включение котла в работу». Следуйте инструкциям-подсказкам на экране монитора.

Последовательность операций при подготовке котла к работе:

1. Проверить арматуру и гарнитуру – все должно быть закрытым.
2. Открыть задвижку на входе воды в деаэратор (52).
3. Открыть задвижку на выходе воды из деаэзатора (47).
4. Открыть задвижку перед центробежным насосом (65).
5. Включить двигатель центробежного насоса (72).
6. Открыть воздушник перед водяным экономайзером (58).
7. Открыть задвижку на выходе воды из центробежного насоса (62).

8. Закрыть воздушник перед водяным экономайзером (58).
9. Открыть задвижку перед водяным экономайзером (60).
10. Открыть воздушник перед барабаном котла (21).
11. Открыть задвижку на питательной линии после экономайзера (56).
12. Закрыть воздушник перед барабаном котла (21).
13. Открыть воздушник на барабане котла (16).
14. Открыть задвижку на входе воды в барабан котла (19).
15. Открыть паровой и водяной краны указателя уровня воды (35, 34).
16. Открыть задвижку на сгонной линии экономайзера (57).
17. Открыть задвижку на сгонной линии воды перед деаэратором (49).
18. Закрыть задвижку на питательной линии после экономайзера (56).
19. Закрыть задвижку на входе воды в барабан котла (19).
20. Включить двигатель дымососа (74).
21. Полностью открыть шибер дымососа (73).
22. Включить двигатель дутьевого вентилятора (70).
23. Полностью открыть воздушный шибер (69).
24. Открыть продувочную свечу перед ПКО (40).
25. Открыть главную газовую задвижку на газопроводе котла (41).
26. Открыть кран на трубопроводе безопасности (38).
27. Открыть ПКО на газопроводе (39).

Последовательность операций при выполнении растопки котла:

1. Прикрыть воздушный шибер (69).
2. Прикрыть шибер дымососа (73).
3. Открыть кран запальника, зажечь и внести его в топку котла (37).
4. Открыть контрольную задвижку перед горелкой (36).
5. Приоткрыть рабочий кран перед горелкой и пустить газ в топку (68).
6. Закрыть кран запальника и вынуть его из топки (37).
7. Закрыть кран на трубопроводе безопасности (38).
8. Закрыть кран на продувочную свечу перед ПКО (40).
9. Закрыть воздушник на барабане котла (16).
10. Открыть продувочный кран указателя уровня воды (УУВ) (33).
11. Закрыть водяной кран УУВ (34).
12. Открыть водяной кран УУВ (34).
13. Закрыть паровой кран УУВ (35).
14. Открыть паровой кран УУВ (35).
15. Закрыть продувочный кран УУВ (33).

Последовательность операций при включении котла в работу:

1. Открыть продувочные вентили на паропроводе котла (12, 13, 11, 10).
2. Открыть ГПЗ (17).
3. Открыть задвижку на питательной линии после экономайзера (56).
4. Открыть задвижку на входе воды в барабан котла (19).

5. Открыть продувочные вентили на паровом коллекторе (15, 14).
6. Открыть продувочные вентили паропровода к потребителю (1, 2).
7. Открыть задвижку подачи пара на паровой коллектор (9).
8. Закрыть продувочные вентили на паропроводе котла и паровом коллекторе (14, 15, 10, 11, 13, 12).
9. Открыть задвижка на входе пара в деаэратор с коллектора (48).
10. Открыть задвижку подачи пара в деаэратор (5).
11. Закрыть задвижки на сгонной линии водяного экономайзера (57, 49).
12. Увеличить открытие шиберы дымососа (73).
13. Увеличить подачу газа рабочим краном (68).
14. Увеличить подачу воздуха шибером (69).
15. Открыть задвижку подачи пара потребителю (3).
16. Закрыть продувочные вентили (1, 2).
17. Открыть задвижку на линии непрерывной продувки (22).
18. Открыть задвижку на входе воды в расширитель непрерывной продувки (43).
19. Открыть задвижку на выходе пара из расширителя (44).
20. Задвижка на входе пара в деаэратор (50).
21. Открыть продувочный вентиль из расширителя непрерывной продувки (42).

Содержание отчета:

1. Тема, цель работы.
2. Последовательность операций при подготовке котла к работе, выполнении растопки котла, включении котла в работу.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основное оборудование, входящее в состав котельной установки.
2. Какая арматура устанавливается в котле?
3. В какой последовательности выполняется подготовка котла к работе?
4. В какой последовательности операций выполняется растопка котла?
5. Укажите необходимую последовательность операций при включении котла в работу.

Используемые источники:

1. Смирнова М.В. Теплоснабжение: учебное пособие. – Волгоград: Издательский дом «Ин-Фолио», 2009. – 320 с.
2. СНиП II.35-76. Котельные установки: строит. нормы и правила : утв. Госстроем СССР 76г: / Госстрой России. – Изд. офиц. – Москва:, 1977. – 47 с.

Практическая работа № 2

Тема работы: «**Останов парового котла** (с использованием компьютерного тренажера)»

Цель работы: Изучение перечня оборудования и арматуры котельной установки, отработка последовательности операций и правил при останове котельной установки.

Ход работы:

1. Ознакомиться с общими сведениями.
2. Включить компьютерный тренажер в ознакомительном режиме и изучить оборудование и арматуру котельной установки.
3. Включить компьютерный тренажер в режиме обучения и изучить последовательность операций при останове котельной установки, работающей на газе.
4. Оформить отчет. В отчете указать последовательность операций при выполнении останова котла.
5. Подготовить ответы на контрольные вопросы.
6. Для сдачи практической работы указать последовательность операций при выполнении останова котельной установки в режиме тестирования.

Общие сведения:

Тренажер представляет собой многофункциональную обучающую программу, позволяющую ознакомиться с тепловой схемой и основным оборудованием котельной, изучить последовательность останова котельной установки.

Компьютерный тренажер позволяет ознакомиться с тепловой схемой, оборудованием и арматурой котельной установки; изучить последовательность операций при останове котельной установки, работающей на газе.

После запуска программы пользователю предлагается меню (Рис.2):

Ознакомительный режим дает возможность ознакомиться с оборудованием и арматурой котельной установки.

В ознакомительном режиме программа не ограничивает и не учитывает действия пользователя. Режим предназначен для предварительного знакомства с программой, ознакомлением со схемой и названиями элементов. Чтобы узнать название какого-либо элемента, достаточно подвести к нему курсор и удерживать правую кнопку мыши. Данная подсказка действует во всех режимах.

Режим обучения позволяет изучить последовательность операций при различных режимах.

В режиме обучения можно выбрать изучаемый этап эксплуатации (подготовка, растопка, включение в работу, останов котла), который должна

показать программа. В этом режиме последовательно указываются элементы, которые должны открываться/закрываться (включаться / отключаться) в строгой последовательности в текущий момент.

Режим тестирования предполагает контроль знаний последовательности операций с выявлением допущенных ошибок, вводом подсказки для исправления и с итоговым подсчетом сделанных в процессе работы ошибок.

В режиме тестирования также можно выбрать любой этап эксплуатации. Затем пользователь должен самостоятельно воспроизвести последовательность операций на данном этапе, стараясь не допускать ошибок. В случае неправильного действия, программа выдает предупреждение о нарушении последовательности. В этом случае тестируемый должен произвести правильное действие, иначе будет засчитана ошибка, после которой программа покажет правильное действие. При завершении тестирования подсчитывается общее количество ошибок и выдается результат.

Любой из режимов может быть прерван нажатием клавиши 'Esc'.

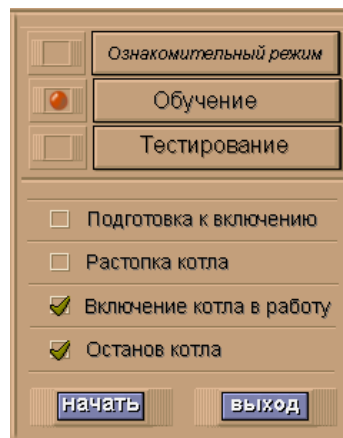


Рисунок 2 – Меню программы

Выполнение работы: Запустите программу в ознакомительном режиме, изучите расположение и состав основного и вспомогательного оборудования котла.

Перечень оборудования и арматуры котельной установки:

1. Вентиль продувки паропровода к потребителю.
2. Вентиль продувки паропровода к потребителю.
3. Задвижка подачи пара к потребителю.
4. Задвижка подачи пара к потребителю.
5. Задвижка подачи пара в деаэратор.
6. Задвижка подачи пара к потребителю.
7. Задвижка подачи пара к потребителю.
8. Задвижка подачи пара к потребителю.
9. Задвижка подачи пара на паровой коллектор.
10. Вентиль продувки паропровода котла.
11. Вентиль продувки паропровода котла.

12. Вентиль продувки паропровода котла.
13. Вентиль продувки паропровода котла.
14. Вентиль продувки парового коллектора.
15. Вентиль продувки парового коллектора.
16. Воздушный вентиль на барабане котла.
17. Главная Парозапорная Задвижка (ГПЗ).
18. Задвижка на выходе пара из котла для обдувки поверхностей нагрева.
19. Задвижка на входе воды в барабан котла.
20. Обратный клапан на питательной линии.
21. Воздушник на питательной линии перед барабаном котла.
22. Задвижка на линии непрерывной продувки.
23. Вентиль продувочный нижнего барабана.
24. Вентиль продувочный нижнего барабана.
25. Вентиль слива воды с нижнего барабана.
26. Вентиль слива воды с нижнего барабана.
27. Вентиль продувочный заднего экрана.
28. Вентиль продувочный заднего экрана.
29. Вентиль продувочный бокового экрана.
30. Вентиль продувочный бокового экрана.
31. Вентиль продувочный фронтального экрана.
32. Вентиль продувочный фронтального экрана.
33. Кран продувочный указателя уровня воды.
34. Кран водяной указателя уровня воды.
35. Кран паровой указателя уровня воды.
36. Задвижка контрольная перед горелкой.
37. Кран запальника.
38. Кран на трубопроводе безопасности.
39. Предохранительный клапан-отсекатель (ПКО).
40. Кран продувочной свечи перед ПКО.
41. Главная задвижка на газопроводе котла.
42. Продувочный вентиль расширителя непрерывной продувки.
43. Задвижка на входе воды в расширитель непрерывной продувки.
44. Задвижка на выходе пара из расширителя.
45. Задвижка подачи продувочной воды с соседнего котла.
46. Задвижка слива воды из деаэрата.
47. Задвижка на выходе воды из деаэрата.
48. Задвижка на входе пара в деаэратор с коллектора.
49. Задвижка на сгонной линии воды перед деаэратором.
50. Задвижка на входе пара в деаэратор из расширителя.
51. Задвижка на линии выпара из деаэрата.
52. Задвижка на входе воды в деаэратор из химводоочистки.
53. Задвижка на вводе конденсата в деаэратор.
54. Задвижка на обдув котельного пучка.
55. Задвижка на обдув экономайзера.

56. Задвижка на питательной линии после экономайзера.
57. Задвижка на сгонной линии экономайзера.
58. Кран воздушника перед водяным экономайзером.
59. Обратный клапан перед водяным экономайзером.
60. Задвижка перед водяным экономайзером.
61. Дымоход.
62. Задвижка на выходе воды из центробежного насоса.
63. Обратный клапан центробежного насоса.
64. Задвижка на запасной линии питания.
65. Задвижка перед центробежным насосом.
66. Задвижка на ответвлении к поршневому насосу.
67. Задвижка подачи пара к поршневому насосу.
68. Рабочий кран перед горелкой.
69. Воздушный шибер.
70. Вентилятор дутьевой.
71. Поршневой насос.
72. Центробежный насос.
73. Шибер дымососа.
74. Дымосос.
75. Паровой коллектор.
76. Верхний барабан котла.
77. Нижний барабан котла.
78. Расширитель непрерывной продувки.
79. Деаэратор.
80. Труба дымовая.
81. Экономайзер.
82. Указатель уровня воды (УУВ).
83. Горелка газовая.
84. Запальник.

Запустите программу в режиме обучения, выбрав пункт «Останов котла». Следуйте инструкциям-подсказкам на экране монитора.

Последовательность операций при останове котла:

1. Уменьшить подачу воздуха шибером (69).
2. Уменьшить подачу газа рабочим краном (68).
3. Прикрыть шибер на дымососе (73).
4. Прекратить подачу газа рабочим краном (68).
5. Закрыть контрольную задвижку (36).
6. Открыть кран на трубопроводе безопасности (38).
7. Закрыть ПКО на газопроводе (39).
8. Закрыть главную газовую задвижку на ответвлении к котлу (41).
9. Открыть кран продувочной свечи перед ПКО (40).
10. Открыть задвижки на сгонной линии экономайзера (57, 49).
11. Закрыть задвижки на линии непрерывной продувки (22, 43).

12. Закрыть продувочный вентиль расширителя (42).
13. Закрыть задвижку на выходе пара из расширителя в деаэратор (44, 50).
14. Закрыть задвижку на вход воды в барабан котла и на выходе из экономайзера (19, 56).
15. Закрыть задвижки на паровой линии деаэратора (48, 5).
16. Закрыть ГПЗ (17).
17. Открыть продувочные вентили на паропроводе котла (12, 13, 11, 10).
18. Открыть воздушник на барабанае котла (16).
19. Отключить потребителей, закрыв задвижку на коллекторе (3).
20. Открыть продувочные вентили парового коллектора (14, 15).
21. Открыть продувочные вентили паропровода к потребителю (1, 2).
22. Закрыть задвижку на входе пара в коллектор (9).
23. Закрыть продувочные вентили на паропроводе котла и паровом коллекторе (14, 15, 10, 11, 13, 12).
24. Закрыть воздушный шибер у горелки (69).
25. Выключить дутьевой вентилятор (70).
26. Закрыть шибер дымососа (73).
27. Выключить двигатель дымососа (74).
28. Закрыть задвижки на сгонной линии экономайзера (57, 49).
29. Закрыть задвижку перед водяным экономайзером (60).
30. Закрыть задвижку на выходе воды из центробежного насоса (62).
31. Выключить двигатель центробежного насоса (72).
32. Закрыть задвижку перед центробежным насосом (65).
33. Закрыть задвижку на выходе из деаэратора (47).
34. Закрыть задвижку на входе воды в деаэратор из химводоочистки (52).
35. Закрыть водяной и паровой краны указателя уровня (34, 35).

Содержание отчета:

1. Тема, цель работы.
2. Последовательность операций при выполнении останова котла.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основное оборудование, входящее в состав котельной установки.
2. Какая арматура устанавливается в котле?
3. В какой последовательности операций выполняется останов котла?

Используемые источники:

1. Смирнова М.В. Теплоснабжение: учебное пособие. – Волгоград: Издательский дом «Ин-Фолио», 2009. – 320 с.
2. СНиП II.35-76. Котельные установки: строит. нормы и правила : утв. Госстроем СССР 76г: / Госстрой России. – Изд. офиц. – Москва:, 1977. – 47 с.

Практическая работа № 3

Тема работы: «**Определение тепловых нагрузок по укрупненным показателям**»

Цель работы: Изучить последовательность расчета при определении тепловых нагрузок по укрупненным показателям для различных потребителей.

Ход работы:

1. Ознакомиться с общими сведениями.
2. Определиться с исходными данными своего варианта.
3. Выполнить расчет тепловых нагрузок для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, следуя предложенной методике расчета.
4. Оформить отчет.
5. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

Общие сведения:

По тепловым сетям подается теплота различным тепловым потребителям. Несмотря на значительное разнообразие тепловой нагрузки, ее можно разбить на две группы по характеру протекания во времени:

- 1) сезонная нагрузка;
- 2) круглогодичная нагрузка.

Изменения сезонной нагрузки зависят главным образом от климатических условий: температуры наружного воздуха, направления и скорости ветра, солнечного излучения, влажности воздуха и т. п. Основную роль играет наружная температура.

Сезонная нагрузка имеет сравнительно постоянный суточный график и переменный годовой график нагрузки. К сезонной тепловой нагрузке относятся отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха. Каждый из указанных видов нагрузки не имеет круглогодичного характера.

Отопление и вентиляция являются зимними тепловыми нагрузками. Для кондиционирования воздуха в летний период требуется искусственный холод. Если этот искусственный холод вырабатывается абсорбционным или эжекционным методом, то ТЭЦ получает дополнительную летнюю тепловую нагрузку, что способствует повышению эффективности теплофикации.

К круглогодичной нагрузке относятся технологическая нагрузка и горячее водоснабжение. Исключением являются только некоторые отрасли промышленности, главным образом связанные с переработкой сельскохозяйственного сырья (например, сахарная), работа которых имеет сезонный характер.

График технологической нагрузки зависит от профиля производственных предприятий и режима их работы, а график нагрузки горячего водоснабжения — от благоустройства жилых и общественных зданий, состава населения и распорядка его рабочего дня, а также от режима работы коммунальных предприятий — бань, прачечных.

Технологическая нагрузка и горячее водоснабжение в отличие от сезонной нагрузки весьма слабо зависят от наружной температуры.

Эти нагрузки имеют переменный суточный график. Годовые графики технологической нагрузки и нагрузки горячего водоснабжения также в определенной мере зависят от времени года. Как правило, летние нагрузки ниже зимних вследствие более высокой температуры перерабатываемого сырья и водопроводной воды, а также благодаря меньшим теплотерям теплопроводов и производственных трубопроводов.

Одна из первоочередных задач при проектировании и разработке режима эксплуатации систем централизованного теплоснабжения заключается в определении значения и характера тепловой нагрузки.

В том случае, когда при проектировании установок централизованного теплоснабжения отсутствуют данные о расчетных расходах теплоты, основанных на проектах теплопотребляющих установок абонентов, расчет тепловой нагрузки проводится на основе укрупненных показателей.

В процессе эксплуатации значения расчетных тепловых нагрузок корректируют по действительным расходам. С течением времени это дает возможность установить проверенную тепловую характеристику для каждого потребителя.

Выполнение работы:

Выполните расчет тепловых нагрузок для различных потребителей. Здания имеют различные размеры, но все приняты в форме прямоугольника с размерами a х b .

Исходные данные

Откройте Приложение 1. «Климатологические данные населенных пунктов России для расчета отопительно-вентиляционных нагрузок и годового потребления тепла» и Приложение 7. «Индивидуальные задания», и выпишите значения следующих параметров в соответствии со своим вариантом (по номеру в журнале):

– расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления (средняя наиболее холодной пятидневки), $t_{н.р.о.}$, °С;

- расчетная температура наружного воздуха для проектирования вентиляции (принимается равной средней температуре наиболее холодного месяца) $t_{н.р.в.}, ^\circ\text{C}$;
- продолжительность отопительного периода $n_o, \text{сут}$;
- продолжительность стояния температур наружного воздуха с интервалом 5°C в течение отопительного периода $n, \text{сут}$;
- размеры здания, м:
- назначение здания;
- количество единиц потребления, $m, \text{чел}$.

Примечание:

Усредненная расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых производственных зданий, административных, лечебных, культурно-просветительских и детских учреждений принимается по Приложению 4. «Удельные тепловые характеристики административных, лечебных и культурно-просветительских зданий и детских учреждений».

Расчетные тепловые нагрузки позволяют определять расход теплоносителя, мощность источника теплоснабжения, диаметр трубопроводов тепловых сетей.

Высоту одного этажа для жилого дома принимаем равной 3м, количество жителей – из расчета 20 м^2 общей площади на одного жителя.

Высоту одного этажа общественных зданий принимаем равной 4м, количество единиц потребления горячей воды – по заданию преподавателя.

Порядок выполнения расчета тепловых нагрузок на отопление

Для расчета тепловой нагрузки системы отопления отдельного здания, пользуемся удельными тепловыми характеристиками зданий – q_o , значения которых изменяется обратно пропорционально объему здания и зависят от его назначения.

Численные значения удельных отопительных характеристик принимаем, согласно Приложения 4.

Расчетный расход тепла на отопление по укрупненным измерителям определяют по формуле:

$$Q_{o.p.} = 1,163 \cdot q_o \cdot \alpha \cdot (t_{вн} - t_{н.р.о}) \cdot V_n \cdot 10^{-3}, \text{кВт} \quad (1)$$

где q_o – удельная отопительная характеристика здания, $\text{ккал}/\text{м}^3\text{ч}^\circ\text{C}$, (Приложение 4).

α – поправочный коэффициент, учитывающий отличие расчетной температуры наружного воздуха для проектирования отопления $t_{н.р.о}$ в

местности, где расположено рассматриваемое здание от $t_{н.р.} = -35^{\circ}\text{C}$., при которой определено соответствующее значение q_0 . Поправочный коэффициент принимаем по Приложению 3.

$t_{вн}$ – усредненная расчетная внутренняя температура отапливаемых помещений, $^{\circ}\text{C}$ (Приложение 4);

$t_{н.р.о}$ – температура наружного воздуха для проектирования систем отопления, $^{\circ}\text{C}$, принимается в зависимости от назначения здания (Приложение 1);

V_n – строительная кубатура отапливаемых зданий, м^3 .

Результаты расчета сводим в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчетный расход тепла на отопление

№ n/n	Потребители тепла	V , м^3	α	q_0 , $\text{ккал}/\text{м}^3\text{ч}^{\circ}\text{C}$	$t_{вн.}$, $^{\circ}\text{C}$	$t_{н.р.о.}$, $^{\circ}\text{C}$	$Q_{o.p.}$, кВт

Порядок определения тепловых нагрузок на приточную вентиляцию

Расчетный расход тепла на приточную вентиляцию определяем по формуле:

$$Q_v = 1,163 \cdot q_v \cdot \alpha \cdot (t_{вн} - t_{н.р.в.}) \cdot V_n \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (2)$$

где $t_{н.р.в.}$ – температура наружного воздуха для проектирования вентиляции (Приложение 1, принимается равной средней температуре наиболее холодного месяца, $t_{н.х.м.}$);

q_v - удельная вентиляционная характеристика здания, $\text{ккал}/\text{м}^3\text{ч}^{\circ}\text{C}$ (Приложение 4);

$t_{вн}$ – усредненная расчетная внутренняя температура отапливаемых помещений, $^{\circ}\text{C}$ (Приложение 4).

Результаты расчета сводим в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчетный расход тепла на вентиляцию

№ n/n	Потребители тепла	V , м^3	α	q_v , $\text{ккал}/\text{м}^3\text{ч}^{\circ}\text{C}$	$t_{вн.}$, $^{\circ}\text{C}$	$t_{н.р.в.}$, $^{\circ}\text{C}$	$Q_{в.р.}$, кВт

Порядок определения тепловых нагрузок на горячее водоснабжение

Среднечасовой тепловая нагрузка горячего водоснабжения потребителей тепловой энергии определяется по формуле:

$$Q_{зв}^{срч} = 1,163 \cdot \frac{m \cdot A \cdot (55 - t_{х.в})}{24} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (3)$$

где m – количество единиц потребления (Исходные данные, Приложение 7);

$t_{х.в}$ – температура холодной водопроводной воды (при отсутствии данных принимается равной 5 °С);

A – норма расхода горячей воды на 1 потребителя (Приложение 5, принимается в зависимости от типа потребителей).

Максимальная нагрузка горячего водоснабжения определяется по формуле:

$$Q_{зв.макс.} = 2,4 Q_{зв.}^{срч}, \text{ кВт} \quad (4)$$

Средний тепловой поток на горячее водоснабжение в летний период определяется по формуле:

$$Q_{зв.ср}^л = 0,64 Q_{зв.}^{срч}, \text{ кВт} \quad (5)$$

Средний тепловой поток на горячее водоснабжение в неотапительный (летний) период

$$Q_{зв.ср} = Q_{зв.ср} \cdot \frac{55 - t_{х.л}}{55 - t_{х.з}} \beta, \text{ кВт}, \quad (6)$$

где $t_{х.л}$ – температура холодной водопроводной воды в летний период, °С (принимается $t_{х.л} = 15^\circ\text{C}$);

β – коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на горячее водоснабжение в неотапительный период по отношению к отопительному периоду (для жилищно-коммунального сектора принимается равным 0,8).

Результаты расчета сводим в таблицу 3.

Таблица 3 – Расчетный расход тепла на горячее водоснабжение

№ п/п	Потребитель и тепла	Кол-во единиц потребления, m	Норма водопотребления , a , л/сут	$Q_{зв.ср.}$, кВт	$Q_{зв.макс.}$, кВт	$Q_{зв.ср.}^л$, кВт

После определения $Q_{о.р.}$, $Q_{в.р.}$, $Q_{зв.макс.}$, $Q_{зв.ср.}$, $Q_{зв.ср.}^л$, для всех потребителей результаты расчетов сводим в таблицу 4.

Таблица 4 – Расчетный расход тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение

№ n/n	Потребители тепла	Тепловая нагрузка, кВт					
		$Q_{o.p.}$	$Q_{в.р}$	$Q_{гв.ср}$	$Q_{гв.макс}$	$Q_{гв.ср.}^л$	ΣQ
	Итого:						

Содержание отчета:

1. Тема, цель работы.
2. Исходные данные своего варианта.
3. Расчет тепловых нагрузок на отопление, приточную вентиляцию и горячее водоснабжение.

Контрольные вопросы:

1. Что относится к сезонным нагрузкам? От чего они зависят?
2. От чего зависит график технологической нагрузки?
3. Какие тепловые нагрузки относятся к круглогодичным?
4. Какие задачи решают при проектировании и разработке режима эксплуатации систем централизованного теплоснабжения?

Используемые источники:

1. Смирнова М.В. Теплоснабжение: учебное пособие. – Волгоград: Издательский дом «Ин-Фолио», 2009. – 320 с.
2. СНиП 23.01 -99. Строительная климатология: строит. нормы и правила: утв. Госстроем СССР 2000г: / Госстрой России. – Изд. офиц. – Москва:, 2000. –80 с.

Практическая работа № 4

Тема работы: «Расчет и построение температурного графика центрального регулирования»

Цель работы: Изучить методику расчета и построения температурного графика центрального регулирования.

Ход работы:

1. Ознакомиться с общими сведениями.
2. Записать исходные данные своего варианта.
3. Выполнить расчет и построить температурный график центрального регулирования.
4. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

Общие сведения:

Построение графика центрального качественного регулирования отпуска теплоты по отопительной нагрузке основано на определении зависимости температуры сетевой воды в подающей и обратной магистралях от температуры наружного воздуха.

График строится при условии постоянства расхода сетевой воды в течение всего отопительного сезона. Регулирование отпуска теплоты осуществляется изменением температуры воды в подающей магистрали. Конечной задачей регулирования является поддержание постоянной заданной температуры в помещениях за счет теплоотдачи нагревательных приборов. Теплоотдача последних должна соответствовать тепловым потерям через ограждающие конструкции зданий.

Для установившегося режима должен соблюдаться тепловой баланс, т.е. равенство количества теплоты, потерянного через ограждающие конструкции, отданного нагревательными приборами и полученного из тепловой сети.

Зависимость отопительной нагрузки от температуры наружного воздуха имеет линейный характер, при этом угол наклона определяется значением $t_{но}$. Зависимость температуры сетевой воды до и после отопительной установки от $t_{но}$ тоже близка к линейной. При температуре наружного воздуха, равной расчетной температуре внутри помещений, наступает тепловой равновесие и все линии температур сходятся в одну точку $+18^{\circ}\text{C}$. Однако практически температурные графики обрываются раньше теплового равновесия, поскольку отопление прекращается при температуре $+8^{\circ}\text{C}$.

Например, рассмотрим график регулирования для сети (Рис.3) с параметрами 150/70 при $t_n = -30^{\circ}\text{C}$. В пределах температур отопительного периода от $+8^{\circ}\text{C}$ до $t_{но}$ производится регулирование по температуре наружного воздуха при чисто отопительной нагрузке.

Различают отопительно-бытовой график и график регулирования по совмещенной нагрузке (отопление и горячее водоснабжение). Чисто-

отопительный график используется, когда тепловая энергия идёт только на нужды отопления и вентиляции. Отопительный график применяется, когда отношение средней нагрузки горячего водоснабжения к расчетной нагрузке отопительной соответствует соотношению: $\frac{Q_{ср}}{Q} < 0,15$.

Согласно отопительному графику температура сетевой воды t_1 должна изменяться от 150°C до примерно 40°C за отопительный период (при нагрузке 150/70), т.е. если не учитывать нагрузку горячего водоснабжения, то график имеет вид приведенный на рис.3. Учет нагрузки горячего водоснабжения требует некоторых изменений графика, а именно: при положительных температурах наружного воздуха температура сетевой воды не должна быть ниже 70°C с тем, чтобы обеспечить подогрев водопроводной воды в теплообменных аппаратах до температуры 60°C (5°C принимается на потери в сетях ГВС). В результате температурный график имеет точку излома или срезку графика (Рис.4).

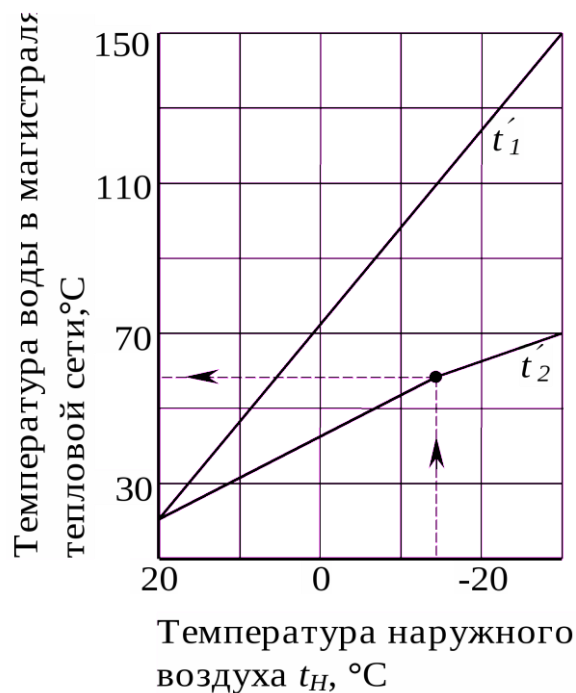


Рисунок 3 – Отопительный график для тепловой сети с параметрами 150/70 $^{\circ}\text{C}$

Отопительно-бытовой температурный график со срезкой можно назвать разновидностью отопительно-бытового. Применяется, когда не хватает мощности котельного агрегата для нагрева воды до нужной температуры при больших морозах или есть другие факторы для повышения температуры до требуемой по совмещённому графику (например: сбои в электроэнергии могут привести к вскипанию воды в подающей магистральной). В этом случае «срезают» подачу. Вследствие этого температура обратной сетевой воды резко падает, возникает «недогрев».

Чтобы избежать «перегревов» и «недогревов» можно использовать качественно-количественное регулирование тепловой нагрузки. Т.е. при

«недогреве» нужно увеличивать расход воды, а при «перегреве» уменьшать расход воды.

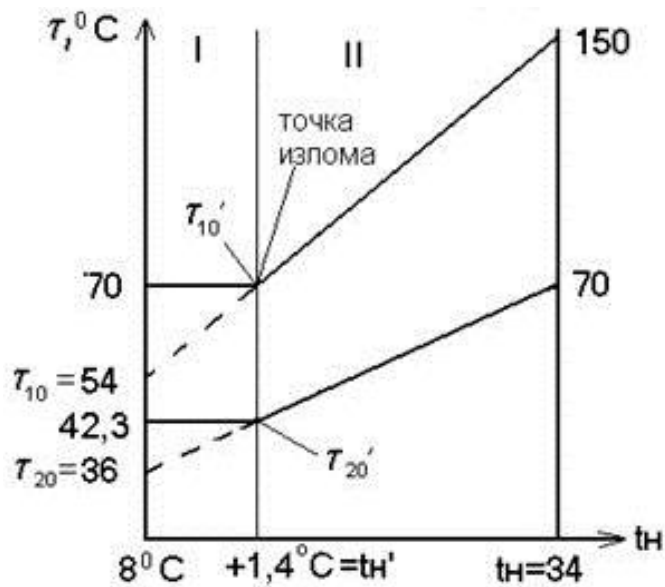


Рисунок 4 – Отопительно-бытовой график тепловой сети.

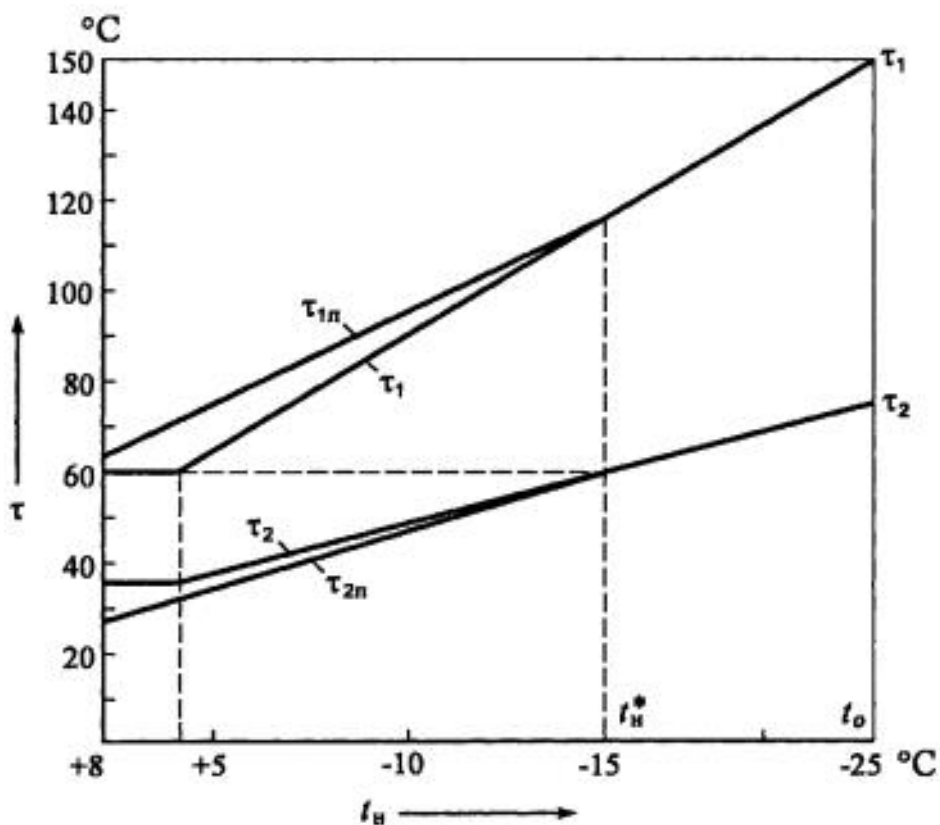


Рисунок 5 – Скорректированный температурный график центрального качественного регулирования для открытых систем теплоснабжения.

Предусматриваются следующее регулирование отпуска теплоты: центральное – на источнике теплоты, групповое – в ЦТП, индивидуальное - в ИТП.

Для водяных тепловых сетей следует предусматривать, как правило, качественное регулирование отпуска теплоты по нагрузке отопления согласно графику изменения температуры воды в зависимости от температуры наружного воздуха.

Центральное качественное регулирования отпуска теплоты ограничивается наименьшими температурами воды в подающем трубопроводе, необходимыми для подогрева воды, поступающей в системы горячего водоснабжения потребителей:

для закрытых систем теплоснабжения - не менее 70°C ;

для открытых систем теплоснабжения - не менее 60°C .

В закрытых системах теплоснабжения водонагреватели горячего водоснабжения могут присоединяться по одноступенчатой (параллельной или предвключенной) или двухступенчатой (последовательной или смешанной) схеме.

Выбор схемы зависит от отношения $\frac{Q_{г.в.макс}}{Q_{о.р}}$.

Построение графика центрального качественного регулирования отпуска теплоты по отопительной нагрузке основано на определении зависимости температуры сетевой воды в подающей и обратной магистралях от температуры наружного воздуха $\tau_{1,0} = f(t_n)$, $\tau_{2,0} = f(t_n)$

Выполнение работы:

Используя данные расчетов практической работы № 3, постройте температурный график центрального регулирования.

Для зависимых схем присоединения отопительных установок к тепловым сетям температуру воды в подающей и обратной магистралях в течение отопительного периода, т.е. в диапазоне температур наружного воздуха от $+8^{\circ}\text{C}$ ($+10^{\circ}\text{C}$) до $t_{н.р.о.}, ^{\circ}\text{C}$ рассчитываем по формулам:

$$\tau_{1,0} = t_{вн.} + \Delta t \left(\frac{t_{вн.} - t_n}{t_{вн.} - t_{про}} \right)^{0.8} + (\Delta\tau - 0.5\Theta) \frac{t_{вн.} - t_n}{t_{вн.} - t_{про}}, ^{\circ}\text{C}, \quad (7)$$

$$\tau_{2,0} = t_{вн.} + \Delta t \left(\frac{t_{вн.} - t_n}{t_{вн.} - t_{про}} \right)^{0.8} - 0.5\Theta \frac{t_{вн.} - t_n}{t_{вн.} - t_{про}}, ^{\circ}\text{C}, \quad (8)$$

где Δt – температурный напор нагревательного прибора при расчетной температуре воды в отопительной системе;

$$\Delta t = \frac{\tau_3 + \tau_2}{2} - t_{вн.}, ^{\circ}\text{C}, \quad (9)$$

где τ_3 – температура воды в подающей линии (после смесительного устройства) системы отопления, принимается 95°C ;

τ_2 – температура воды в обратной линии системы отопления, принимается 70°C ;

$\Delta\tau$ – расчетный перепад температуры воды в тепловой сети $^{\circ}\text{C}$;

$$\Delta\tau = \tau_1 - \tau_2 \quad (10)$$

где τ_1 – максимальная температура воды в подающей линии (до смесительного устройства) системы отопления, при температурном графике 150/70 принимается 150°C ;

Θ - расчетный перепад температуры воды в местной системе отопления.

$$\Theta = \tau_3 - \tau_2. \quad (11)$$

Задаваясь различными значениями t_n в пределах от $+8$ ($+10$) $^{\circ}\text{C}$ до $t_{н.р.о.}$, $^{\circ}\text{C}$, определяем $\tau_{1.0}$ и $\tau_{2.0}$.

Полученные результаты сводим в таблицу 5.

Таблица 5 – Температура воды в подающем и обратном трубопроводе в зависимости от температуры наружного воздуха

Температура сетевой воды	$t_n, ^{\circ}\text{C}$			
	$+8$ ($+10$)	0	$t_{н.х.м.}$	$t_{н.р.о.}$
$\tau_{1.0}$				
$\tau_{2.0}$				

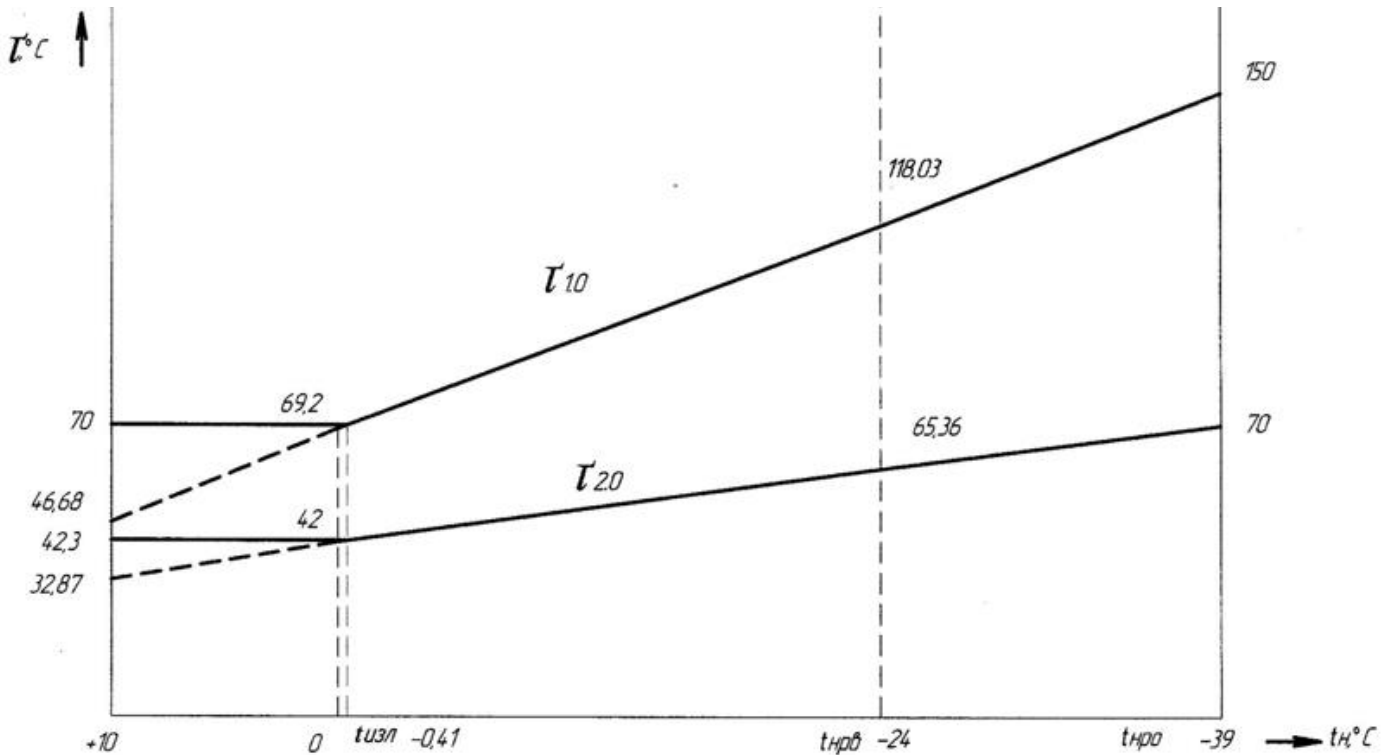


Рисунок 6 – График температур воды в подающем и обратном трубопроводах при центральном регулировании по отопительной нагрузке

Для обеспечения требуемой температуры воды в системе горячего водоснабжения минимальную температуру воды в подающей магистрали тепловой сети принимаем равной 70°C для закрытых систем теплоснабжения.

Поэтому из точки, соответствующей 70°C на оси ординат проводим горизонтальную прямую до пересечения с температурной линией подающей

магистрала. Температура наружного воздуха, соответствующая точке излома графика обозначается $t_{н.изл.}, ^\circ C$.

Для обеспечения требуемой температуры воды в системе горячего водоснабжения минимальную температуру воды в подающей магистрали тепловой сети принимаем равной $60 ^\circ C$ для открытых систем теплоснабжения. Поэтому из точки, соответствующей $60 ^\circ C$ на оси ординат проводим горизонтальную прямую до пересечения с температурной линией подающей магистрали. Температура наружного воздуха, соответствующая точке излома графика обозначается $t_{н.изл.}, ^\circ C$.

Полученный график температуры воды в тепловой сети называется отопительно – бытовым.

Для качественного теплоснабжения разнородных потребителей центральное регулирование отпуска теплоты дополняется местным количественным регулированием.

Содержание отчета:

1. Тема, цель работы.
2. Исходные данные своего варианта.
3. Расчет температуры воды в подающем и обратном трубопроводе.
4. Температурный график центрального качественного регулирования.

Контрольные вопросы:

1. Что такое отопительный график для тепловой сети?
2. Что учитывают при построении отопительно-бытового графика тепловой сети?
3. Какие способы регулирования отпуска теплоты могут быть организованы?
4. Что называют открытой системой теплоснабжения?
5. Что называют закрытой системой теплоснабжения?
6. На чем основано построение графика центрального качественного регулирования отпуска теплоты по отопительной нагрузке?

Используемые источники:

1. Смирнова М.В. Теплоснабжение: учебное пособие. – Волгоград: Издательский дом «Ин-Фолио», 2009. – 320 с.
2. СНиП 23.01-99. Строительная климатология: строит. нормы и правила: утв. Госстроем СССР 2000г: / Госстрой России. – Изд. офиц. – Москва:, 2000. – 80 с.

Практическая работа № 5

Тема работы: «**Определение годовых расходов теплоты и теплоносителя**»

Цель работы: Изучить методику выполнения расчета годовых расходов теплоты и теплоносителя.

Ход работы:

1. Ознакомиться с общими сведениями.
2. Записать исходные данные своего варианта.
3. Выполнить расчет расхода теплоносителя в тепловых сетях.
4. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

Общие сведения:

Централизованные системы теплоснабжения обеспечивают потребителей теплом низкого и среднего потенциала (до 350°C), на выработку которого затрачивается около 25% всего добываемого в стране топлива.

Тепло, как известно, является одним из видов энергии, поэтому при решении основных вопросов энергоснабжения отдельных объектов и территориальных районов теплоснабжение должно рассматриваться совместно с другими энергообеспечивающими системами — электроснабжением и газоснабжением.

Система теплоснабжения состоит из следующих основных элементов (инженерных сооружений): источника тепла, тепловых сетей, абонентских вводов и местных систем теплопотребления.

Источниками тепла в централизованных системах теплоснабжения служат или теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), производящие одновременно и электроэнергию, и тепло, или крупные котельные, именуемые иногда районными тепловыми станциями. Системы теплоснабжения на базе ТЭЦ называются «теплофикационными».

Полученное в источнике тепло передают тому или иному теплоносителю (вода, пар), который транспортируют по тепловым сетям к абонентским вводам потребителей.

В зависимости от организации движения теплоносителя системы теплоснабжения могут быть замкнутыми, полужамкнутыми и разомкнутыми.

В замкнутых системах потребитель использует только часть тепла, содержащегося в теплоносителе, а сам теплоноситель вместе с оставшимся количеством тепла возвращается к источнику, где снова пополняется теплом (двухтрубные закрытые системы). В полужамкнутых системах у потребителя используется и часть поступающего к нему тепла, и часть самого теплоносителя, а оставшиеся количества теплоносителя и тепла возвращаются к источнику (двухтрубные открытые системы). В разомкнутых системах как

сам теплоноситель, так и содержащееся в нем тепло полностью используются у потребителя (однотрубные системы).

На абонентских вводах происходит переход тепла (а в некоторых случаях и самого теплоносителя) из тепловых сетей в местные системы теплоснабжения. При этом в большинстве случаев осуществляется утилизация неиспользованного в местных системах отопления и вентиляции тепла для приготовления воды систем горячего водоснабжения.

На вводах происходит также местное (абонентское) регулирование количества и потенциала тепла, передаваемого в местные системы, и осуществляется контроль за работой этих систем.

В зависимости от принятой схемы ввода, т. е. в зависимости от принятой технологии перехода тепла из тепловых сетей в местные системы, расчетные расходы теплоносителя в системе теплоснабжения могут изменяться в 1,5—2 раза, что свидетельствует о весьма существенном влиянии абонентских вводов на экономику всей системы теплоснабжения.

В централизованных системах теплоснабжения в качестве теплоносителя используются вода и водяной пар, в связи с чем различают водяные и паровые системы теплоснабжения.

Вода как теплоноситель имеет ряд преимуществ перед паром. Некоторые из этих преимуществ приобретают особо важное значение при отпуске тепла с ТЭЦ. К последним относится возможность транспортирования воды на большие расстояния без существенной потери ее энергетического потенциала, т. е. ее температуры (понижение температуры воды в крупных системах составляет менее 1°С на 1 км пути).

Энергетический потенциал пара — его давление — уменьшается при транспортировании более значительно, составляя в среднем 0,1—0,15 МПа на 1 км пути. Таким образом, в водяных системах давление пара в отборах турбин может быть очень низким (от 0,06 до 0,2 МПа), тогда как в паровых системах оно должно составлять до 1—1,5 МПа. Повышение же давления пара в отборах турбин приводит к увеличению расхода топлива на ТЭЦ и уменьшению выработки электроэнергии на тепловом потреблении.

Кроме того, водяные системы позволяют сохранить на ТЭЦ в чистоте конденсат греющего воду пара без устройства дорогих и сложных паропреобразователей. При паровых же системах конденсат возвращается от потребителей нередко загрязненным и далеко не полностью (40—50%), что требует значительных затрат на его очистку и приготовление добавочной питательной воды котлов.

К другим достоинствам воды как теплоносителя относятся: меньшая стоимость присоединений к тепловым сетям местных водяных систем отопления, а при открытых системах еще и местных систем горячего водоснабжения; возможность центрального (у источника тепла) регулирования отпусков тепла потребителям изменением температуры воды; простота эксплуатации — отсутствие у потребителей неизбежных при паре конденсатоотводчиков и насосных установок по возврату конденсата.

Пар как теплоноситель в свою очередь имеет определенные достоинства по сравнению с водой:

а) большую универсальность, заключающуюся в возможности удовлетворения всех видов теплоснабжения, включая технологические процессы;

б) меньший расход электроэнергии на перемещение теплоносителя (расход электроэнергии на возврат конденсата в паровых системах весьма невелик по сравнению с затратами электроэнергии на перемещение воды в водяных системах);

в) незначительность создаваемого гидростатического давления вследствие малой удельной плотности пара по сравнению с плотностью воды.

Неуклонно проводимая в нашей стране ориентация на более экономичные теплофикационные системы теплоснабжения и указанные положительные свойства водяных систем способствуют их широкому применению в жилищно-коммунальном хозяйстве городов и поселков. В меньшей степени водяные системы применяются в промышленности, где более 2/3 всей потребности в тепле удовлетворяются паром.

Так как промышленное, теплоснабжение составляет около 2/3 всего теплоснабжения страны, доля пара в покрытии общего расхода тепла остается еще очень значительной.

Расчетные расходы теплоносителя (воды) определяются в зависимости от назначения тепловой сети, вида системы теплоснабжения (открытая или закрытая) принимаемого графика температур, а также схемы включения подогревателей горячего водоснабжения при закрытых системах теплоснабжения

При закрытой системе теплоснабжения системы горячего водоснабжения потребителей присоединяются к двухтрубным водяным сетям через водоподогреватели.

Водоподогреватели в зависимости от величины отношения максимального часового расхода теплоты на горячее водоснабжение $Q_{г.в.макс}$ к максимальному часовому расходу теплоты на отопление $Q_{о.п.}$ (в центральном или индивидуальном тепловом пункте) присоединяются следующим образом:

- при $0,2 < \frac{Q_{г.в.макс}}{Q_{о.п.}} < 1,0$ – по двухступенчатой последовательной и смешанной схемах в зависимости от принятого режима регулирования отпуска теплоты в тепловых сетях, при этом последовательная схема применяется чаще, чем смешанная, так как суммарный расход сетевой воды в ней меньше, благодаря тому, что в ней используется не только теплота сетевой воды после системы отопления, но и теплоаккумулирующая способность зданий;

- при $\frac{Q_{г.в.макс}}{Q_{о.п.}} \geq 1$ - по параллельной одноступенчатой схеме.

-при $\frac{Q_{г.в.макс}}{Q_{о.р}} \leq 0,2$ - по пред включенной или параллельной схеме

присоединяются потребители с небольшой нагрузкой горячего водоснабжения: (детские сады, административные здания и т.п.).

В открытых системах теплоснабжения отопительная установка и установка горячего водоснабжения могут быть присоединены к тепловой сети по принципу связанного и принципу несвязанного регулирования.

При применении несвязанного регулирования обе установки работают независимо друг от друга. При применении связанного регулирования расчетный расход воды в городских тепловых сетях заметно снижается.

В часы большого водоразбора из подающей линии снижается количество тепла подаваемого на отопление.

Недоданное тепло компенсируется в часы малого водоразбора из подающей линии, когда большая часть тепла или все тепло, поступающее на абонентский ввод, направляется в отопительную систему.

При присоединении абонентских установок по принципу связанного регулирования строительная конструкция отапливаемых зданий используется в качестве теплового аккумулятора, выравнивающего суточный график тепловой нагрузки абонентской установки.

Выполнение работы:

Используя данные расчетов своего варианта практической работы № 3 выполнить расчет годовых расходов теплоты и теплоносителя.

Согласно перечисленным условиям и в соответствии с расчетными данными необходимо выбрать схему присоединения установок горячего водоснабжения каждого потребителя к тепловым сетям.

Результаты по выбору схем присоединения установок горячего водоснабжения потребителей к тепловым сетям сводим в таблицу 6.

Расчетный расход сетевой воды для определения диаметров труб в водяных тепловых сетях при качественном регулировании определяется отдельно для вентиляции, отопления и горячего водоснабжения с последующим суммированием этих расходов воды.

Таблица 6 – Выбор схем присоединения установок горячего водоснабжения

№	Наименование потребителя	$\frac{Q_{г.в.макс}}{Q_{о.р.}}$	Схема присоединения установок ГВС

Расчетный расход воды на отопление:

$$G_{о.р.} = \frac{0.86Q_{о.р.}}{\tau_1 - \tau_2}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (12)$$

где $Q_{o.p.}$ – расчетная тепловая нагрузка отопления, $кВт$ (из табл. 4 практической работы № 3); τ_1 и τ_2 – температура воды в подающем и обратном трубопроводе, $^{\circ}C$.

Выполняем расчеты для всех потребителей. Результаты расчетов сводим в таблицу 7.

Расчетный расход воды на вентиляцию:

$$G_{в.р.} = \frac{0.86Q_{в.р.}}{\tau_1 - \tau_2}, \text{ м/ч}, \quad (13)$$

где $Q_{в.р.}$ – расчетная тепловая нагрузка вентиляции, $кВт$ (из табл. 4 практической работы № 3)

Определяем расход только для всех общественных зданий. Результаты расчетов сводим в таблицу 7.

Расчетный расход воды на горячее водоснабжение в закрытых системах теплоснабжения определяется в зависимости от схемы присоединения водоподогревателей.

Средний расход воды при предвключенной схеме:

$$G_{зв.ср.} = \frac{0.86Q_{ГВ.СР.}}{\tau_1 - \tau_4}, \text{ м/ч} \quad (14)$$

где $Q_{зв.ср.}$ – средняя тепловая нагрузка на горячее водоснабжение, $кВт$ (таблица 4);

τ_1 – температура воды в подающем трубопроводе в точке излома температурного графика ($\tau_1 = 70^{\circ}C$);

τ_4 – температура воды после последовательного включения водоподогревателя ГВС ($\tau_4 = 60^{\circ}C$);

Средний расход сетевой воды при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей:

$$G_{зв.ср.} = \frac{0.86 \cdot Q_{ГВ.СР.}}{\tau_1 - \tau_2} \cdot 0.55, \text{ м/ч} \quad (15)$$

τ_2 – температура воды в обратном трубопроводе в точке излома температурного графика ($\tau_2, ^{\circ}C$) (определяется в результате построения температурного графика практической работы № 4).

Средний расход сетевой воды при параллельной схеме присоединения водоподогревателей:

$$G_{зв.ср.} = \frac{0.86 \cdot Q_{ГВ.СР.}}{\tau_1 - \tau_3}, \text{ м/ч} \quad (16)$$

где τ_1 – температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети в точке излома температурного графика (принять $70^{\circ}C$);

τ_3 – температура воды после параллельно включенного водоподогревателя горячего водоснабжения в точке излома графика температур, (принять равной $30^{\circ}C$);

Расчетный расход воды на ГВС в открытых системах теплоснабжения:
средний расход воды

$$G_{зв.ср} = \frac{Q_{ГВ.СР}}{t_{зв} - t_{хв}}, \text{ Т/ч}; \quad (17)$$

максимальный расход воды

$$G_{зв.макс} = \frac{Q_{з.в.макс}}{t_{зв} - t_{хв}}, \text{ Т/ч}, \quad (18)$$

где $Q_{зв.ср}$, $Q_{зв.макс}$ – средняя и максимальная тепловые нагрузки на горячее водоснабжение, кВт;

$t_{зв}$ – температура воды, поступающей в систему горячего водоснабжения потребителей (принять равной 55°C);

$t_{хв}$ – температура холодной водопроводной воды в отопительный (зимний) период (принимается равной 5°C).

Суммарный расчетный расход сетевой воды в двухтрубных тепловых сетях в закрытых системах теплоснабжения при качественном регулировании отпуска теплоты определяем по формуле:

$$\Sigma G = G_{о.р} + G_{в.р} + k_3 G_{зв.ср}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (19)$$

Коэффициент k_3 принимается равным 1.2 для закрытых систем.

Определяем суммарные расчетные расходы воды для всех потребителей. Результаты расчетов сводим в таблицу 7.

Таблица 7 – Суммарные расчетные расходы воды потребителей

№ n/n	Потребители тепла	Расчетный расход сетевой воды, м ³ /час				
		$G_{о.р.}$	$G_{в.р.}$	$G_{зв.ср.}$	$k_3 \cdot G_{зв.ср.}$	ΣG
Итого:						

Содержание отчета:

1. Тема, цель работы.
2. Исходные данные своего варианта.
3. Обоснование выбора схемы присоединения установок ГВС.
4. Суммарные расчетные расходы воды потребителей.

Контрольные вопросы:

1. Каковы особенности присоединения потребителей системы горячего водоснабжения при закрытой системе теплоснабжения?
2. В каком случае водоподогреватели присоединяются по двухступенчатой схеме?
3. В каком случае водоподогреватели присоединяются по параллельной одноступенчатой схеме?
4. В каком случае водоподогреватели присоединяются по предвключенной схеме?

5. Каковы особенности работы отопительных установок и установок ГВС при присоединении их к тепловой сети по принципу связанного регулирования?

6. По какому принципу отопительная установка и установка горячего водоснабжения присоединяются в открытых системах теплоснабжения?

Используемые источники:

1. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети М: ИНФРА – М, 2008г. – 480 с.

2. Смирнова М.В. Теплоснабжение: учебное пособие. – Волгоград: Издательский дом «Ин-Фолио», 2009. – 320 с.

3. СНиП 23.01-99. Строительная климатология: строит. нормы и правила: утв. Госстроем СССР 2000г: / Госстрой России. – Изд. офиц. – Москва., 2000. – 80 с.

Практическая работа № 6

Тема работы: «Расчет и построение графика расходов теплоты центрального регулирования»

Цель работы: Изучить методику выполнения расчета и построения графика расходов теплоты центрального регулирования.

Ход работы:

1. Ознакомиться с общими сведениями.
2. Записать исходные данные своего варианта.
3. Выполнить необходимый расчет и построить график расходов теплоты центрального регулирования.
4. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

Общие сведения:

При центральном качественном регулировании отпуска теплоты по отопительной нагрузке, когда местные системы отопления и горячего водоснабжения присоединяются к тепловым сетям по принципу несвязанной подачи теплоты, расчет и построение графиков регулирования отопительной и вентиляционной нагрузок аналогичен графикам регулирования в закрытых системах теплоснабжения.

Единственное отличие - в связи с непосредственным водоразбором на горячее водоснабжение отопительно-бытовой температурный график имеет срезку на 60°C , а не на 70°C , как для закрытых систем.

При центральном качественном регулировании отпуска теплоты по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения в тепловой сети поддерживается скорректированный график температур воды, а местные системы отопления и горячего водоснабжения присоединяются к тепловым сетям по принципу связанной подачи теплоты. При этом расход сетевой воды на абонентский ввод поддерживается с помощью регулятора расхода (РР) постоянным, равным расчетному на отопление: без учета нагрузки на горячее водоснабжение.

В диапазоне температур наружного воздуха от $+8^{\circ}\text{C}$ до $t_2 = 60^{\circ}\text{C}$, когда водоразбор на горячее водоснабжение осуществляется как из подающей, так и из обратной линий теплосети, поступление воды в систему отопления меньше расчетного расхода. Определяют относительный расход сетевой воды на отопление в этом диапазоне температур наружного воздуха, находят значения расходов воды на отопление при различных температурах наружного воздуха и строят график трубопроводов на горячее водоснабжение.

При построении графика расхода сетевой воды на вентиляцию возможны следующие варианты регулирования вентиляционной нагрузки.

I вариант - когда в диапазоне температур наружного воздуха от $+8^{\circ}\text{C}$ до по скорректированному графику температура воды в подающей магистрали I,

= 60°C. В этом случае регулирование отпуска теплоты на вентиляцию осуществляется так, как и для закрытых систем теплоснабжения, с разбивкой всего отопительного периода на два диапазона.

Первый - от +8°C до когда в дополнение к центральному регулированию осуществляется местное количественное регулирование путем изменения расхода сетевой воды на вентиляцию. Второй диапазон, когда сохраняется центральное качественное регулирование отпуска те. плоты и расход сетевой воды на вентиляцию поддерживается постоянным, равным расчетному. Температуру воды после калориферов $t_{2у}$ определяют по выражениям (5.2) и (5.3), как и для закрытых систем теплоснабжения.

II вариант - когда по скорректированному графику при и $f = +8°C$ температура воды в подающей магистрали $> 60°C$. В этом случае сохраняется центральное качественное регулирование отпуска теплоты на вентиляцию на всем протяжении отопительного периода ($G_v = G_v = \text{const}$). Температура воды после калориферов определяется по формуле (5.3).

Выполнение работы:

Используя данные расчетов своего варианта по практической работе №3 построить график расходов теплоты, руководствуясь следующими действиями.

После определения расчетного теплотребления приступаем к построению графиков часовых расходов теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение района города.

Поскольку расход теплоты на отопление пропорционален разности температур $t_{в.н.}$ и $Q_o = f(t_{н.})$ график часового расхода теплоты на отопление в зависимости от температуры наружного воздуха будет представлять прямую линию.

Его можно построить по двум точкам:

$$\text{при } t_{н.} = t_{н.р.о.}, ^\circ C; \quad Q_o = Q_{o.p.}, \text{ кВт};$$

$$\text{при } t_{н.} = +8(+10)^\circ C;$$

$$Q_o = Q_{o.p.} \frac{t_{вн} - t_{н.}}{t_{вн} - t_{нрo}}, \text{ кВт} \quad (20)$$

Расход теплоты на вентиляцию в диапазоне температур от $+8(+10)^\circ C$; до $t_{н.р.в.}, ^\circ C$ так же зависит только от $t_{н.}$, следовательно график $Q_v = f(t_{н.})$ может быть построен аналогично графику расхода теплоты на отопление:

$$\text{при } t_{н.} = t_{н.р.в.}, ^\circ C; \quad Q_v = Q_{o.в.}, \text{ кВт};$$

$$\text{при } t_{н.} = +8(+10)^\circ C;$$

$$Q_v = Q_{o.в.} \frac{t_{вн} - t_{н.}}{t_{вн} - t_{нрв}}, \text{ кВт} \quad (21)$$

При дальнейшем понижении температуры наружного воздуха от $t_{н.р.в.} = t_{н.х.м.}, ^\circ C$ до $t_{н.р.о.}, ^\circ C$ в целях экономии топлива расход теплоты на вентиляцию сохраняют постоянным, за счет рециркуляции воздуха.

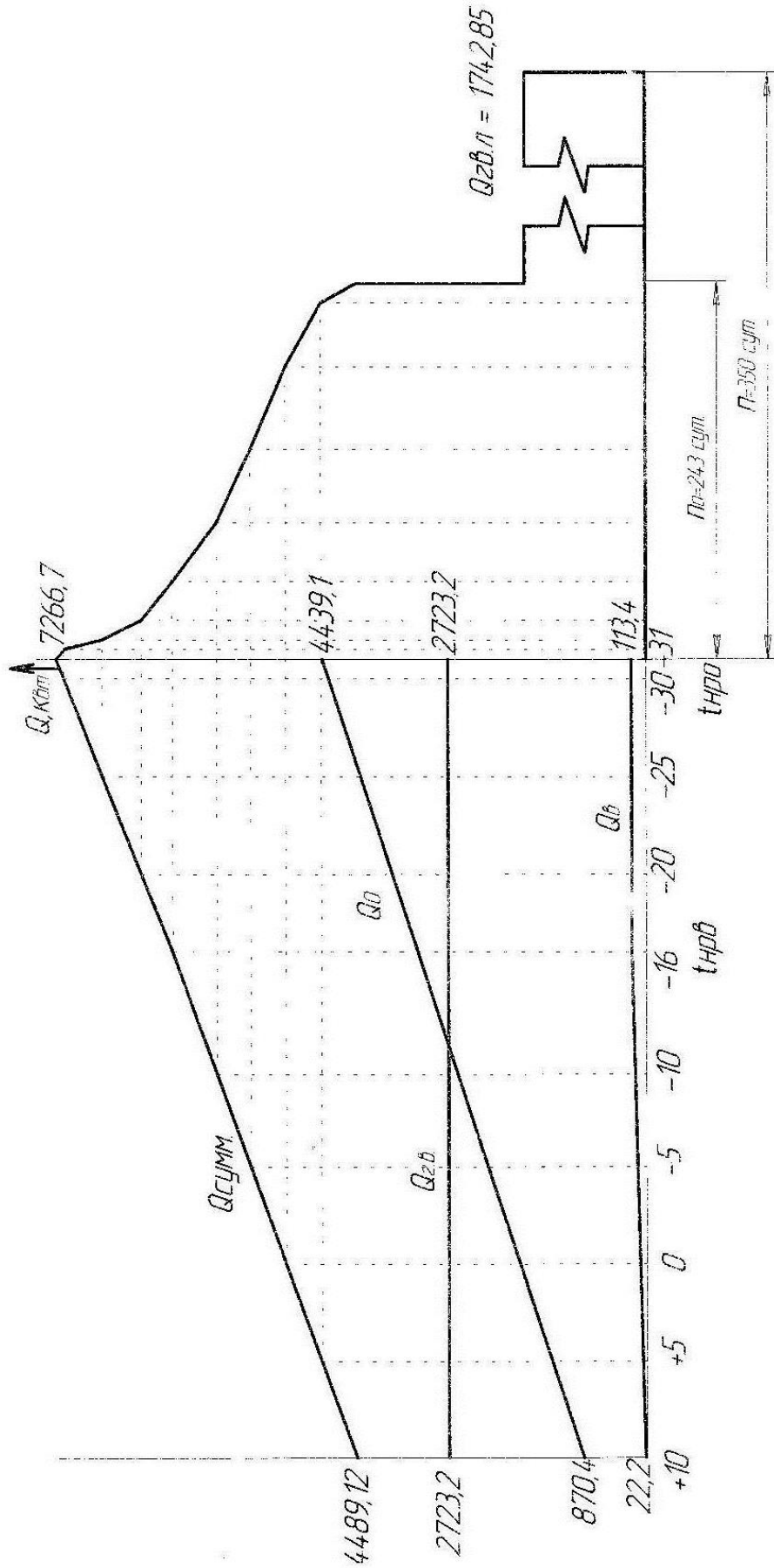


Рисунок 7 – График часового и годового расходов теплоты

Тепловая нагрузка на горячее водоснабжение является круглогодичной в течение отопительного периода условно принимается постоянной, не зависящей от температуры наружного воздуха. Поэтому график расхода теплоты на горячее водоснабжение представляет собой прямую, параллельную оси абсцисс.

Суммарный график часовых расходов на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение строим сложением соответствующих ординат при $t_{н.в.} = +8 (+10) ^\circ C$; $t_{н.р.в.}, ^\circ C$, и $t_{н.р.о.}, ^\circ C$.

Для определения загрузки, режима работы и экономичности использования теплофикационного оборудования, подсчета выработки тепловой энергии пользуются годовым графиком расхода теплоты по продолжительности стояния температуры наружного воздуха.

Он строится на основании графика часовых расходов теплоты и состоит из двух частей:

левой – графика зависимости часовых расходов теплоты от температуры наружного воздуха,

правой – годового графика теплоты.

На годовом графике расхода теплоты по оси ординат откладывается расход теплоты, по оси абсцисс число часов стояния температуры наружного воздуха, которое за отопительный период для заданного города определяем по климатологическим данным $n_o, сут.$ согласно Приложения 1.

В летний период имеет место летняя нагрузка на горячее водоснабжение $Q_{зв.ср.}^л, кВт.$

Площадь, ограниченная осями координат и кривой расхода теплоты представляет собой годовой расход теплоты района города. При этом продолжительность работы теплоснабжения в год принимается равной 350 суток или 8400 часов.

График часового и годового расходов теплоты приведен на рисунке 7.

Содержание отчета:

1. Тема, цель работы.
2. Исходные данные своего варианта.
3. График часового и годового расходов теплоты.

Контрольные вопросы:

1. Что отражает левая часть графика расходов теплоты?
2. Какие варианты регулирования вентиляционной нагрузки возможны при построении графика расхода сетевой воды на вентиляцию?
3. Что отражает правая часть графика расходов теплоты?
4. Что относится к круглогодичной тепловой нагрузке? От чего она зависит?

Используемые источники:

1. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети М: ИНФРА – М, 2008г. – 480 с.

2. Смирнова М.В. Теплоснабжение: учебное пособие. – Волгоград: Издательский дом «Ин-Фолио», 2009. – 320 с.

3. СНиП 23.01-99. Строительная климатология: строит. нормы и правила: утв. Госстроем СССР 2000г: / Госстрой России. – Изд. офиц. – Москва, 2000. – 80 с.

Практическая работа № 7

Тема работы: «**Определение толщины тепловой изоляции и потерь теплоты трубопроводом тепловой сети**»

Цель работы: Изучить методику определения толщины тепловой изоляции и потерь теплоты трубопроводом тепловой сети.

Ход работы:

1. Ознакомиться с общими сведениями.
2. Записать исходные данные своего варианта.
3. Выполнить расчет толщины основного слоя изоляции трубопроводов тепловой сети.
4. Подготовить ответы на контрольные вопросы, оформить отчет.

Общие сведения:

В современных системах централизованного теплоснабжения при транспортировке теплоносителя возможны потери тепла в окружающую среду. Что бы их снизить, очень важно при проектировании правильно подобрать теплоизоляционный материал с требуемой толщиной слоя изоляции и материал для покровного слоя тепловой изоляции.

Для трубопроводов тепловых сетей, включая арматуру, фланцевые соединения и компенсаторы, тепловую изоляцию необходимо предусматривать независимо от температуры теплоносителя и способов прокладки.

Теплоизоляционные конструкции следует предусматривать из материалов, обеспечивающих:

- тепловой поток через изолированные поверхности согласно нормированной плотности теплового потока;
- исключение выделения в процессе эксплуатации вредных, пожароопасных, взрывоопасных и неприятно пахнущих веществ в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации;
- исключение выделения в процессе эксплуатации болезнетворных бактерий, вирусов и грибков.

Расчет толщины слоя изоляции производится по нормированной плотности теплового потока.

Для графика температур в расчетном режиме 150/70 °С среднегодовые температуры воды принимают;

- в подающей линии 90 °С,
- в обратной линии 50 °С.

В качестве теплоизоляционного материала принимаем полуцилиндры минераловатные на синтетическом связующем марки 150 с теплопроводностью теплоизоляционного слоя $\lambda_k = 0,064 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{°С}$.

Коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности изоляции для трубопроводов, прокладываемых в каналах принимаем равным $\alpha_e = 8 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$.

За расчетную температуру окружающей среды для подземной прокладки в каналах принимаем среднюю за год температуру грунта на глубине заложения от трубопровода $+5^\circ\text{C}$.

Выполнение работы:

Используя исходные данные своего варианта для практической работы №3 определить толщину тепловой изоляции и потери теплоты трубопроводом тепловой сети.

Толщину теплоизоляционного слоя определяем по формуле:

$$\delta_k = \frac{d_H}{2} (\beta - 1), \text{ м} \quad (22)$$

где d_H – наружный диаметр изолируемого трубопровода, м;

β – отношение наружного диаметра изоляционного слоя к наружному диаметру изолируемого трубопровода, выражается из формулы:

$$\ln \beta = 2 \cdot \pi \cdot \lambda_k \cdot \left[r_{\text{TOT}} - \frac{1}{\alpha_e \pi (d_H + 0.1)} \right], \quad (23)$$

$$\beta = e^{\ln \beta}$$

где r_{TOT} – это сопротивление теплопередачи на 1 м длины теплоизоляционной конструкции.

$$r_{\text{TOT}} = \frac{85}{q_e \cdot k_1}, \text{ м}^0\text{C/Вт}, \quad (24)$$

где q_e – суммарная линейная плотность теплового потока с 1 м длины цилиндрической теплоизоляционной конструкции, Вт/м, принимаем в зависимости от продолжительности работы теплотрассы в год;

n_o , сут $\times 24 = \text{час}$. для каждого диаметра трубопровода, принять по Приложениям 6, в зависимости от продолжительности работы теплотрассы в год:

- при $n^{\text{год}} = n_o \cdot 24 > 5000 \text{ч}$ - приложение 6а;
- при $n^{\text{год}} = n_o \cdot 24 \leq 5000 \text{ч}$ - приложение 6б;

где n_o - продолжительность отопительного периода, сут (Приложение 1);

k_1 – коэффициент, определяемый по Приложению 8.

Расчетную толщину теплоизоляционного слоя округляем до значений, кратных 20 мм.

Принимаемая толщина основного слоя D_k , мм, определяется исходя из расчетной толщины по таблице Приложения 9.

Результат расчетов по выбору толщины теплоизоляции на участках тепловой сети района сводим в таблицу 8.

Таблица 8 – Выбор толщины теплоизоляции на участках тепловой сети района

<i>№ участка</i>	<i>Наружный диаметр трубопровода $D_n \times S$, мм</i>	<i>Суммарная линейная плотность теплового потока Q_e, Вт/м</i>	<i>Расчетная толщина основного слоя δ_k^p, мм.</i>	<i>Принимаемая толщина основного слоя D_k, мм</i>

Содержание отчета:

1. Тема, цель работы.
2. Исходные данные своего варианта.
3. Расчет толщины основного слоя изоляции трубопроводов тепловой сети.

Контрольные вопросы:

1. Для чего используют тепловую изоляцию трубопроводов?
2. Какие материалы используют в качестве тепловой изоляции трубопроводов?
3. Какие требования предъявляют к материалам, используемым в качестве тепловой изоляции?
4. От каких параметров зависит толщина тепловой изоляции трубопровода?

Используемые источники:

1. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети М: ИНФРА – М, 2008г. – 480 с.
2. Смирнова М.В. Теплоснабжение: учебное пособие. – Волгоград: Издательский дом «Ин-Фолио», 2009. – 320 с.
3. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети: строит. нормы и правила: утв. Госстроем России 2003г: / Госстрой России. – Изд. офиц. – Москва:, 2003. – 52 с.

Приложение 1

Климатологические данные населенных пунктов России для расчета отопительно-вентиляционных нагрузок и годового потребления теплоты

Наименование населенных пунктов	Температура отопительного периода, °С		Скорость (средняя) ветра в январе $v_{ср}$, м/с	Продолжительность отопительного периода M_o , сут.
	температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 (расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления и вентиляции в холодный период года) $t_{н.р.о} = t_{н.р.в}$, °С	температура воздуха обеспеченностью 0,94 (средняя температура наружного воздуха наиболее холодного месяца) $t_{н.х.м}$, °С		
1. Абакан Красноярского края	-40	-25	10,3	225
2. Ачинск Красноярского края	-41	-23	5,7	237
3. Архангельск	-31	-18	5,9	253
4. Барнаул	-39	-23	5,9	235
5. Белгород	-23	-13	5,9	191
6. Бийск Алтайского края	-38	-23	4,7	236
7. Бугульма, Татарстан	-33	-19	7,5	221
8. Владимир	-28	-16	4,5	213
9. Волгоград	-25	-14	8,1	178
10. Вологда	-32	-17	6,0	231
11. Воркута	-41	-26	10,1	306
12. Воронеж	-26	-15	5,1	196
13. Выборг	-24	-12	6,9	227
14. Екатеринбург	-35	-20	5,0	230
15. Елабуга, Татарстан	-34	-19	4,7	211
16. Иваново	-30	-17	4,9	219
17. Ижевск	-34	-20	4,8	222
18. Казань	-32	-18	5,7	215
19. Калуга	-27	-15	4,9	210
20. Караганда	-32	-21	5,3	208
21. Кемерово	-39	-24	6,8	231
22. Кинешма	-31	-17	4,9	221
23. Киров	-33	-19	5,3	231
24. Калининград	-19	-8	5,9	193
25. Кострома	-31	-17	5,8	222
26. Краснодар	-19	-7	3,2	149
27. Курган	-37	-23	4,7	216
28. Липецк	-27	-15	5,9	202
29. Москва	-28	-15	4,9	214
30. Мурманск	-27	-16	7,5	275
31. Надым Тюменской обл.	-44	-30	4,7	283
32. Нижний Новгород	-31	-17	5,1	215
33. Новосибирск	-39	-24	5,7	230
34. Омск	-37	-24	5,1	221
35. Онега Архангельской обл.	-31	-17	4,6	248

Наименование населенных пунктов	Температура отопительного периода, °С		Скорость (средняя) ветра в январе $v_{ср}$, м/с	Продолжительность отопительного периода $n_{от}$, сут.
	температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 (расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления и вентиляции в холодный период года) $t_{н.р.о} = t_{н.р.в}$, °С	температура воздуха обеспеченностью 0,94 (средняя температура наружного воздуха наиболее холодного месяца) $t_{н.х.м}$, °С		
36. Пенза	-29	-17	5,6	207
37. Пермь	-35	-20	5,2	229
38. Печора, Республика Коми	-43	-27	5,6	270
39. Псков	-26	-12	4,8	212
40. Ростов-на-Дону	-22	-11	6,5	171
41. Рубцовск Алтайского края	-38	-23	7,4	213
42. Саратов	-27	-16	5,6	196
43. Смоленск	-26	-14	6,8	215
44. Сургут Тюменской обл.	-43	-27	5,3	257
45. Таганрог	-22	-10	6,5	167
46. Тайга Кемеровской обл.	-39	-24	6,6	240
47. Тамбов	-28	-16	4,7	201
48. Томск	-40	-24	5,6	236
49. Тула	-27	-15	4,9	207
50. Тюмень	-38	-22	3,9	225
51. Уфа	-35	-20	5,5	213
52. Ханты-Мансийск	-41	-27	6,9	250
53. Ярославль	-31	-17	5,5	221

Приложение 2

Среднее многолетнее число суток со средней суточной температурой наружного воздуха в различных интервалах для городов России

Наименование городов	Интервалы температур наружного воздуха t н, С°										
	- 40:и ниже	-39,9:- 35,0	- 34,9:- 30,0	- 29,9:- 25,0	- 24,9:- 20,0	- 19,9:- 15,0	- 14,9:- 10,0	- 9,9:- 5,0	- 4,9: 0	+ 0,1: + 5,0	+ 5,1: +10,0
1.Архангельск	0,1	0,3	1,5	4,1	9,1	18,3	31,0	44,6	58,4	57,6	51,1
2.Астрахань	-	-	-	0,2	1,7	5,4	13,7	26,2	47,5	50,1	37,4
3.Барнаул	0,4	1,5	5,0	10,6	17,3	25,6	33,0	36,2	34,8	34,9	35,5
4.Братск	3,7	6,0	10,6	17,2	21,4	29,1	31,6	29,2	32,7	38,4	40,2
5.Брянск	-	-	0,1	0,6	3,0	11,1	21,6	35,8	51,7	57,1	43,6
6.Владивосток	-	-	-	0,2	4,8	21,5	35,0	33,6	37,9	39,0	48,2
7.Владимир	-	0,1	0,5	1,9	6,3	14,1	24,9	40,5	51,5	51,1	40,8
8.Вологда	-	0,1	1,3	3,2	7,3	15,5	27,7	41,7	52,3	55,2	44,0
9.Воронеж	-	-	0,2	1,1	4,3	12,9	21,2	35,4	50,8	48,7	36,3
10.Екатеринбург	-	0,3	1,7	5,8	12,2	24,2	37,3	43,5	42,1	40,2	41,1
11.Иркутск	0,2	1,9	5,1	12,0	24,3	35,5	35,1	29,2	30,8	39,5	42,2
12.Йошкар-Ола	-	0,6	1,9	4,9	9,4	18,0	29,8	41,4	45,3	45,9	40,6
13.Казань	-	-	0,8	3,6	9,2	19,2	30,6	39,6	45,0	43,5	35,2
14.Кемерово	0,4	2,9	6,1	13,4	18,8	28,2	32,6	33,9	35,1	36,5	40,2
15.Комсомольск-на-Амуре	-	1,0	11,6	24,7	29,0	28,9	25,4	21,6	24,7	36,0	35,6
16. Кострома	-	0,2	0,9	2,4	6,8	15,4	27,7	40,7	53,5	49,9	42,2
17. Красноярск	0,9	2,9	4,9	10,0	15,6	23,2	33,6	37,7	39,8	39,8	41,7
18. Курск	-	-	0,3	1,2	4,6	14,2	27,8	47,5	56,0	39,2	30,8
19.Магнитогорск	-	0,2	1,7	6,9	17,6	28,8	36,7	37,2	34,5	35,8	37,0
20. Москва	-	0,1	0,6	1,8	5,1	13,7	23,9	38,4	53,5	53,7	42,6
21.Мурманск	-	-	0,3	1,6	4,6		29,2	51,9	69,9	71,7	63,4
22.Нижний Новгород	-	0,1	0,8	2,4	6,4	16,7	28,4	42,0	51,6	44,6	42,1
23.Новгород	-	-	0,2	1,2	3,8	10,4	19,9	36,3	57,0	66,2	45,5
24.Новосибирск	0,6	2,5	5,1	11,9	20,2	28,8	33,7	33,4	32,6	35,7	37,8
25.Омск	0,2	2,4	5,4	12,1	19,5	29,6	34,2	34,4	31,8	33,9	32,9

26.Оренбург	-	0,1	1,2	5,0	14,0	23,9	31,3	35,3	39,1	35,1	29,9
27.Пенза	-	0,1	0,5	2,0	6,9	17,6	30,5	41,1	49,7	38,6	36,5
28.Петрозаводск	-	-	0,2	1,5	5,5	12,9	24,5	41,9	57,6	65,1	47,2
29.Пермь	0,1	0,6	2,4	5,9	12,1	21,4	34,1	43,2	44,5	43,2	38,7
30.Псков	-	-	0,1	0,8	2,7	7,8	18,1	31,2	55,3	67,1	49,0
31.Ростов-на-Дону	-	-	-	0,2	1,4	4,8	11,7	23,9	45,4	54,2	41,6
32.Самара	-	0,2	0,6	2,9	10,1	20,2	33,5	40,1	44,1	33,1	35,0
33.Санкт-Петербург	-	-	0,1	0,7	2,8	8,9	19,3	36,3	57,4	66,5	46,7
34.Саратов	-	-	0,1	1,5	8,1	18,0	27,3	36,8	44,4	40,9	33,9
35.Смоленск	-	-	0,1	0,9	3,3	10,1	20,1	36,6	55,9	56,9	43,4
36.Сыктывкар	0,3	1,3	3,5	6,9	12,2	20,3	32,8	44,9	48,5	49,9	43,8
37.Тамбов	-	-	0,2	1,8	5,3	14,2	24,5	39,5	50,9	46,2	37,2
38.Томск	1,1	3,3	6,4	11,1	18,4	28,3	34,9	35,4	35,8	38,2	37,7
39.Тюмень	0,2	0,8	3,8	7,5	15,9	24,8	35,2	38,8	37,0	40,1	37,2
40.Уфа	-	0,3	1,3	4,9	11,5	22,5	33,1	41,4	41,5	38,9	33,3
41.Хабаровск	-	0,1	1,5	12,5	29,3	36,1	30,8	24,3	24,8	30,5	35,4
42.Челябинск	-	0,3	1,3	5,3	14,8	24,6	34,9	40,6	38,3	37,5	35,7
43.Чита	0,8	4,6	13,9	24,7	30,0	30,4	26,0	22,2	28,8	33,9	38,4
44.Якутск	53,3	25,4	23,8	18,9	17,1	15,4	16,0	19,0	22,4	25,1	29,5

Приложение 3

Поправочный коэффициент для жилых зданий

Расчетная температура наружного воздуха $t_{н.р.о.}, ^\circ C$	α	Расчетная температура наружного воздуха $t_{н.р.о.}, ^\circ C$	α	Расчетная температура наружного воздуха $t_{н.р.о.}, ^\circ C$	α	Расчетная температура наружного воздуха $t_{н.р.о.}, ^\circ C$	α
0	2,05	-15	1,29	-30	1,00	-45	0,85
-5	1,67	-20	1,17	-35	0,95	-50	0,82
-10	1,45	-25	1,08	-40	0,90	-55	0,80

Приложение 4

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

Наименования зданий	Объем зданий V н, тыс. м ³	Удельная тепловая характеристика ккал/м ³ ч °С		Расчетная внутренняя температура t вн, °С.
		Для отопления q _о	Для вентиляции q _в	
Жилые дома гостиницы и общежития	<3	0.5	-	18(20)
	5	0.45	-	
	10	0.39	-	
	15	0.38	-	
	20	0.38	-	
	25	0.38	-	
	30	0.38	-	
Административные здания	<5	0.43	0.09	18
10	0.38	0.08		
15	0.36	0.07		
>15	0.32	0.08		
Детские сады и ясли	<5	0.38	0.11	20
	>5	0.34	0.1	
Школы	<5	0.39	0.09	16
	10	0.35	0.08	
	>10	0.33	0.07	
ВУЗ и техникумы	<10	0.35	-	16
	15	0.33	0.1	
	20	0.3	0.08	
	>20	0.24	0.08	
Клубы	>5	0.37	0.25	
	10	0.33	0.23	
	>10	0.3	0.2	
Кинотеатры	<5	0.36	0.43	14
	10	0.32	0.39	
	>10	0.3	0.38	
Театры	<10	0.29	0.41	15
	15	0.27	0.4	
	20	0.22	0.38	
	30	0.2	0.36	
	>30	0.18	0.34	
Универмаги	<5	0.38	-	15
	10	0.33	0.08	
	>10	0.31	0.28	
Поликлиники, диспансеры	<5	0.4	-	20
	10	0.36	0.25	
	15	0.32	0.23	
	>15	0.3	0.22	
Больницы	<5	0.4	0.29	20
	10	0.36	0.28	
	15	0.32	0.26	
	>15	0.3	0.25	
Предприятия общественного питания	<5	0.35	0.7	16
	10	0.33	0.65	
	>10	0.3	0.6	

Приложение 5

Нормы расхода горячей воды потребителями

Потребители	Единица измерения	Единица измерения нормы расхода горячей воды в сутки наибольшего водопотребления, л.
1. Жилые дома квартирного типа, оборудованные:		
а) умывальниками, мойками и душами	1 житель	100
б) сидячими ваннами и душами	»	110
в) ваннами длиной 1500-1700мм и душами	»	120
2. Жилые дома квартирного типа при высоте зданий более 12 этажей и повышенных требованиях к их благоустройству	»	130
3. Общежития с общими душевыми	»	60
4. Общежития с общими душевыми, столовыми и прачечными	»	80
5. Гостиницы, мотели, пансионаты с общими ваннами и душами	»	70
6. Гостиницы с ваннами в отдельных номерах	»	
а) до 25% общего числа номеров	»	100
б) до 75% общего числа номеров	»	150
в) во всех номерах	»	180
7. Гостиницы с душами во всех отдельных номерах	»	140

8. Больницы, санатории общего типа, дома отдыха(с общими ваннами и душами)	1 койка	75
9.Санатории,дома отдыха с ваннами при всех жилых домах	То же	120
10.Поликлиники,амбулатории	1 больной	6
11.Прачечные: а)немеханизированные б)механизированные	1 кг сухого белья То же	15 25
12.Административные здания	1 работающий	7
13.Учебные заведения общеобразовательные школы с душевыми при гимнастических залах	1 учащийся 1 преподаватель	8
14.Школы-интернаты	1 место	30
15.Детские ясли-сады с дневным пребыванием детей	1 ребенок	35
16.Детские ясли-сады с круглосут. пребыванием детей	То же	40
17.Предприятия общественного питания: приготовление пищи, потребляемой в предприятии, приготовление пищи продаваемой на дом	1 блюдо То же	12,7 11,2
18.Продовольственные магазины	1 рабочее место	65
19.Парикмахерские	То же	35
20.Театры	1 место зрителей	5
21.Стадионы,спортивные залы для физкультурников (с учетом приема душа)	1 физкультурник	30

22.Плавательные бассейны с учетом приема душа	1 спортсмен	60
23.Бани:		
а)мытье в мыльной с тазами на скамьях с обмыванием в душе.	1 посетитель	120
б)Мытье в мыльной с тазами на скамьях с приемом оздоровительных процедур	То же	190
в)душевая кабина	»	290
г)ванная кабина	»	360
д)уборка пола помещений мыльных, душевых, парильных.	1 м ²	3
24.Обслуживающий персонал общественных зданий.	1 человек в смену	7
25.Холодильники:		
а)мойка полов	1 м ²	3
б)мойка инвентаря	1м ² поверхностей	4
в)мойка подъемно-транспортных средств. (электропогрузчиков, электрокаров и т.д)	1 машина	150
26.Цехи с избытками явного тепла более 20 ккал на 1 м ³ помещений в 1 ч.	1 работающий в смену	24
27.Остальные цехи	То же	11

Приложение 6а

Нормы плотности теплового потока для трубопроводов двухтрубных тепловых сетей при подземной канальной прокладке и продолжительности работы в год более 5000ч.

Условный проход трубопровода, мм	Среднегодовая температура теплоносителя (подающий/обратный), °С.		
	65/50	90/50	110/50
	Суммарная линейная плотность теплового потока, Вт/м		
25	19	24	28
32	21	26	30
40	22	28	32
50	25	30	35
65	29	35	40
80	31	37	43
100	34	40	46
125	39	46	52
150	42	50	57
200	52	61	70
250	60	71	80
300	67	79	90
350	75	88	99
400	81	96	108
450	89	104	117
500	96	113	127
600	111	129	145
700	123	144	160
800	137	160	177
900	151	176	197
1000	166	192	212
1200	195	225	250
1400	221	256	283

Приложение 6б

Нормы плотностей теплового потока для трубопроводов двухтрубных водяных сетей при подземной канальной прокладке и продолжительности работы в год 5000ч и менее.

Условный проход трубопровода, мм	Среднегодовая температура теплоносителя(подающей/обратный),°С.		
	65/50	90/50	110/50
	Суммарная линейная плотность теплового потока Вт/м		
25	21	26	31
32	24	29	33
40	25	31	35
50	29	34	39
65	32	39	45
80	35	42	48
100	39	47	53
125	44	53	60
150	49	59	66
200	60	71	81
250	71	83	94
300	81	94	105
350	89	105	118
400	98	115	128
450	107	125	140
500	118	137	152
600	134	156	174
700	151	175	194
800	168	195	216
900	186	216	239
1000	203	234	261
1200	239	277	305
1400	273	316	349

Приложение 7

Индивидуальные задания

№ варианта	Город	Назначение здания	Размеры здания, а х б, м	Этажность	Количество потребителей, т, чел	Диаметр трубопровода Д _н хS
1	Архангельск	Детский сад	30х40	3	250	219х6
2	Владимир	Жилой дом	110х50	9	2475	159х4,5
3	Вологда	Столовая	25х30	1	150	133х4,5
4	Воронеж	Магазин	30х40	2	50	89х3,5
5	Воркута	Жилой дом	50х75	12	2250	76х3
6	Иваново	Кафе	50х30	2	200	108х4
7	Белгород	Ресторан	40х40	3	300	273х6
8	Барнаул	Общежитие с общими душевыми	50х25	6	580	133х4,5
9	Кемерово	Больница на 200 коек	30х50	5	400	426х7
10	Киров	Прачечная механизированная	20х25	1	120	133х4,5
11	Липецк	Клуб с кафе на 30 мест	50х40	2	150	108х4
12	Новосибирск	Ресторан	60х20	2	170	89х3,5
13	Омск	Школа-интернат на 100 мест	80х30	5	200	273х6
14	Пенза	Административное здание	30х40	2	150	89х3,5
15	Печора	Магазин	60х50	1	50	219х6
16	Псков	Столовая	70х30	2	300	159х4,5
17	Саратов	Школа	50х50	3	700	133х4,5
18	Смоленск	Жилой дом	80х40	6	960	89х3,5
19	Тула	Детский сад	50х60	3	500	273х6
20	Томск	Кафе на 200 мест	70х30	3	600	426х7
21	Тамбов	Больница на 50 коек	35х30	2	100	133х4,5
22	Таганрог	Общежитие с общими душевыми	90х70	5	1200	159х4,5
23	Уфа	Школа-интернат на 150 мест	50х35	5	300	273х6
24	Ярославль	Магазин	60х20	2	50	89х3х5
25	Краснодар	Ресторан	90х45	1	160	426х7
26	Москва	Административное здание	48х39	4	430	108х4
27	Курган	Прачечная немеханизированная	40х40	2	60	133х4,5
28	Мурманск	Школа	60х40	3	550	89х3,5
29	Екатеринбург	Детский сад	45х25	5	200	159х4,5
30	Магнитогорск	Административное здание	60х50	3	180	108х4

Приложение 8

Коэффициент k_1 , учитывающий изменение стоимости теплоты и теплоизоляционной конструкции в зависимости от района строительства и способа прокладки трубопровода места установки оборудования)

Район строительства	Способы прокладки трубопровода и месторасположение оборудования			
	На открытом воздухе	В помещении, туннеле	В непроходном канале	Бесканальный
Европейская часть России	1,0	1,0	1,0	1,0
Урал	1,02	1,03	1,03	1,0
Казахстан	1,04	1,06	1,04	1,02
Средняя Азия	1,04	1,04	1,02	1,02
Западная Сибирь	1,03	1,05	1,03	1,02
Восточная Сибирь	1,07	1,09	1,07	1,03
Дальний восток	0,88	0,9	0,8	0,96
Районы крайнего Севера и приравненные к ним	0,9	0,93	0,85	-

Приложение 9

Толщины промышленных полносборных и комплектных теплоизоляционных конструкций

Толщина основного слоя, мм			
Расчетная	Принимаемая	Расчетная	Принимаемая
40-45	40	До 40	40
46-65	60	41-60	60
66-85	80	61-80	80
86-105	100	81-100	100
106-125	120	106-125	120
126-150	140	126-150	140
151-175	160	151-175	160

Приложение 10**Предельные толщины теплоизоляционных конструкций при подземной прокладке в тоннелях и непроходных каналах**

Условный проход трубопровода, мм	Способ прокладки трубопровода
	В непроходном канале
	Предельная толщина теплоизоляционной конструкции, мм, при температуре вещества °С.
	До 150 включительно
15	40
25	60
40	60
50	80
65	80
80	80
100	80
125	80
150	100
200	100
250	100
300	100
350	100
400	120
450	120
500	120
600	120
700	120
800	120
900 и более	120

Примечание. В случае если по расчету толщина изоляции больше предельной, следует применить более эффективный материал.

Библиографический список

1. Афанасьев А.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара/ Александров А.А., Григорьев Б.А. – М.: МЭИ, 1999. – 168 с.
2. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 480 с. – (Среднее профессиональное образование).
3. Смирнова М.В. Теплоснабжение: учебное пособие. – Волгоград: Издательский дом «Ин-Фолио», 2009. – 320 с.
4. Строительные нормы и правила: СНиП II-35-76 Котельные установки: утв. Госстроем СССР 76г: / Госстрой России. – Изд. офиц. – Москва:, 1977. – 47 с.
5. Строительные нормы и правила: СНиП 23-01-99 Строительная климатология: утв. Госстроем СССР 2000г: / Госстрой России. – Изд. офиц. – Москва:, 2000. – 80 с.
6. Строительные нормы и правила: СНиП 41-02-2003 Тепловые сети: утв. Госстроем России 2003г: / Госстрой России. – Изд. офиц. – Москва:, 2003. – 52 с.