Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

И. С. Александров

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по выполнению курсовой работы для студентов, обучающихся в магистратуре по направлению подготовки 08.04.01 Строительство (профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»)

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2023

УДК 697.343

Рецензент
доктор технических наук, профессор кафедры строительства ФГБОУ ВО
«Калининградский государственный технический университет»
А.А. Герасимов

Александров, И. С.

Теплоснабжение: учеб.-методич. пособие – локальный электронный методический материал по выполнению курсовой работы для студ., обучающихся в магистратуре по направлению подгот. 08.04.01 Строительство (профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция») / **И. С. Александров**. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 30 с.

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал содержит методические материалы по выполнению курсовой работы, которые включают теоретический материал по основам расчета водоподогревателей в системах теплоснабжения, примеры расчетов, справочные материалы.

Табл. 1, список лит. – 6 наименований

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 31 мая 2023 г., протокол № 09

УДК 697.343

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2023 г.
© Александров И.С., 2023 г.

Содержание

Введение 4
1. Условия выбора темы и порядок разработки курсовой работы 5
2. Требования к структуре, объему, содержанию и оформлению курсовой работы 7
3. Организация защиты и критерии оценки курсовой работы 23
Список рекомендуемых источников 25
Приложение А. Пример оформления титульного листа 26
Приложение Б. Технические характеристики кожухотрубных скоростных водоподогревателей 27
Приложение В. Технические характеристики пластинчатых теплообменных аппаратов 26
Приложение Г. Бланк задания 29

Введение

Дисциплина Теплоснабжение входит в обязательную части образовательной программы магистратуры направления 08.04.01 Строительство (Теплогазоснабжение и вентиляция). Учебным планом по данной дисциплине предусмотрено выполнение курсовой работы.

Целью выполнения курсовой работы является формирование у обучающихся компетенций, предусмотренных ФГОС ВО, систематизация знаний, умений, навыков, полученных ими при изучении теоретического курса. При этом обучающемуся дается возможность самостоятельного решения отдельных вопросов, он знакомится с комплексом основных задач, связанных с расчетом и проектированием теплообменного оборудования систем централизованного теплоснабжения.

Задачами курсовой работы являются:

- выбор схемы присоединения водонагревателей к тепловым сетям;

- определение максимальных расходов греющей и нагреваемой воды и температурных напоров в каждой ступени;

- определение коэффициентов теплопередачи, расчетных поверхностей нагрева и количества секций (ступеней) в установке;

- определение гидравлических потерь.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: - величины: тепловые потоки; расходы теплоносителя; критерии гидравлической устойчивости систем теплоснабжения; критерии надежности систем теплоснабжения; - понятия: о системах теплоснабжения; классификации систем теплоснабжения по технологическим и конструктивным признакам; степени обеспеченности параметров надежности; выбора целесообразных технологических схем теплоснабжения с учетом особенностей обслуживаемых объектов и климатических условий районов постройки; установления энергопотребления системой теплоснабжения в расчетных условиях; выбора и расчета элементов системы теплоснабжения; выбора способов снижения энергопотребления систем

теплоснабжения; расчета элементов системы теплоснабжения; анализа режимов работы систем теплоснабжения; выбора способов и схем автоматического управления и регулирования систем теплоснабжения

Уметь: - рассчитать тепловую мощность системы теплоснабжения; - выбрать источник теплоты; - предложить принципиальную схему системы теплоснабжения в целом; - разработать схемы тепловых пунктов; - выбрать метод регулирования отпуска теплоты; - выбрать месторасположение источника теплоты или точку врезки в существующую тепловую сеть; - выполнить трассировку тепловой сети; - проектировать тепловые сети; - проектировать тепловые пункты; - проектировать системы горячего водоснабжения здания и микрорайона; - обосновать принципы эксплуатации тепловых сетей и тепловых пунктов, их рациональное обслуживание и ремонт, диспетчерское управление с применением средств телемеханизации; - рассчитать и подобрать оборудование тепловых сетей; - рассчитать и подобрать оборудование тепловых пунктов; - рассчитать гидравлические режимы тепловых сетей; - определить технико-экономическую эффективность принятых решений.

Владеть: - навыками проектирования систем теплоснабжения и проектов производства работ (ППР), разрабатываемых до начала выполнения строительных работ; программно-вычислительным комплексом и системой автоматизированного проектирования.

1. Условия выбора темы и порядок разработки курсовой работы

Тема курсовой работы – «**Водоподогреватели в системах теплоснабжения**». Исходными данными к работе являются:

- расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопленияж;

- температурный график тепловой сети;

- температура холодной водопроводной воды, поступающей в водоподогреватель 1 ступени;

- температура воды, поступающей в систему горячего водоснабжения на выходе из 2 ступени водоподогревателя;

- максимальный тепловой поток на нужды горячего водоснабжения;

- максимальный тепловой поток на нужды отопления.

Бланк задания приведен в приложении А. Варианты заданий выдаются преподавателем в начале семестра.

Порядок разработки курсовой работы:

- в соответсвии с соотношением тепловых нагрузок выбрать схему присоединения водоподогревательной установки к тепловым сетям;

- на основании тепловых нагрузок определить расходы греющей и нагреваемой воды и температурные перепады в каждой ступени установки;

- выбрать тип подогревателей и определенить расчетные скорости теплоносителей;

- определить коэффициенты теплопередачи, расчетные поверхности нагрева и количество секций (ступеней) в установке;

- определить гидравлические потери в установке.

2. Требования к структуре, объему, содержанию и оформлению курсовой работы

Курсовая работа состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка в общем виде должна иметь следующую структуру:

- титульный лист (приложение А);
- задание;
- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список используемых источников;

Структура основной части пояснительной записки должна выглядеть следующим образом:

1. Выбор схемы присоединения водонагревателей к тепловым сетям.
2. Определение максимальных расходов греющей и нагреваемой воды и температурных напоров в каждой ступени
3. Выбор типа подогревателей и определение расчетных скоростей теплоносителей.
4. Определение коэффициентов теплопередачи, расчетных поверхностей нагрева и количества секций (ступеней) в установке.
5. Определение гидравлических потерь.

Требования к тексту пояснительной записки:

- формат бумаги А-4;
- ориентация книжная;
- размер шрифта -14;
- гарнитура шрифта Times New Roman;
- межстрочный интервал одинарный;
- абзац сопровождается отступом 1,25;
- выравнивание шрифта по ширине;

- нумерация страниц с третьей страницы;

- автоматический перенос слов;

- поля: верхнее, нижнее, левое, правое – 2,0 см;

- все формулы набираются в редакторе формул и нумеруются, на них должны быть ссылки в тексте в круглых скобках;

- таблицу помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице. Все таблицы нумеруются и имеют название.

- все иллюстрации (рисунки, схемы, чертежи) именуются рисунками, нумеруются по порядку, имеют название.

Задания и методика выполнения

В условиях широкого применения в тепловых пунктах серийных секционных или пластинчатых теплообменников задача расчета сводится к определению необходимой длины секционного теплообменника, т.е. количества последовательно соединенных секций стандартной длины (обычно 4 м), а также выбору номера этих секций, т.е. диаметра корпуса или к определению числа последовательно включенных ступеней подогрева (ходов) пластинчатого теплообменника и количества параллельно включенных каналов (пластин) заданного или выбранного типоразмера.

Теплообменники выбранных типоразмеров должны обеспечивать расчетные тепловые нагрузки при заданных параметрах (расходах и температурах) греющего и нагреваемого потоков, а потери напора должны быть не выше располагаемых напоров в этих потоках. Решение этой задачи базируется на уравнениях характеристики теплообменных аппаратов и на формулах гидравлических потерь.

2.1. Выбор типоразмера секционного теплообменника

В результате проведенных исследований [1] установили, что все секционные теплообменники, приведенные в прил. 1, имеют практически одно и то же значение параметра $Ф_у$ (удельный параметр, отнесенный к единице длины подогревателя), равное 0,1 м независимо от диаметра корпуса. В связи с этим для по-

лучения требуемой расчетной тепловой нагрузки при заданных расходах греющей и нагреваемой воды требуется установка секций подогревателя практически одной и той же суммарной длины независимо от их номера (диаметра).

При переходе от меньшего типоразмера подогревателя к большему увеличивается в определенном соотношении площадь поверхности нагрева, но одновременно снижается примерно в том же соотношении коэффициент теплопередачи из-за уменьшения скорости воды в трубках и межтрубном пространстве. Произведение K·F остается практически неизменным для всех типоразмеров данной серии подогревателей.

Для выбора типоразмера секционного подогревателя должны быть заданы следующие исходные данные: расчетные эквиваленты расхода первичного (греющего) $W_п$ и вторичного (нагреваемого) $W_в$ теплоносителей, очевидно, из них один $W_м$, а другой $W_б$; температуры на входе и выходе из теплообменника первичного греющего теплоносителя τ_1 и τ_2 и вторичного нагреваемого t_1 и t_2; располагаемые расчетные напоры в потоке первичного теплоносителя Нп и вторичного Нв. Должно быть известно или необходимо выбрать по техноко - экономическим и эксплуатационным условиям, какой из теплоносителей проходит внутри трубок и какой через межтрубное пространство.

При отсутствии каких-либо ограничений по температурной деформации, по очистке поверхности нагрева или другим причинам целесообразно по условиям теплопередачи пропускать теплоноситель с большим объемным расходом через межтрубное пространство, а с меньшим объемным расходом – через трубки. Такое решение способствует выравниванию скоростей теплообменивающихся потоков, что интенсифицирует процесс теплообмена.

2.2. Выбор типоразмера пластинчатого теплообменника

Для выбора числа последовательно соединённых ступеней (ходов) пластинчатых подогревателей и количества каналов (пластин) в каждой ступени должны быть заданы те же исходные данные, что и для секционных трубчатых теплообменников, при этом между секционными и пластинчатыми теплообменниками существует принципиальное различие.

При неизменных расходах и температурах греющего и нагреваемого потоков на входе в теплообменник, когда безразмерная удельная тепловая нагрузка теплообменника E<1, тепловую нагрузку секционного теплообменника можно изменять посредством изменения его длины, т.е. количества последовательно соединенных секций. В аналогичных условиях тепловую нагрузку пластинчатого теплообменника можно изменять за счет изменения последовательно соединенных ступеней подогрева (ходов).

Однако поскольку число последовательно включенных секций трубчатых теплообменников обычно достаточно велико (шесть, восемь и более), то включение каждой дополнительной секции вызывает сравнительно небольшое относительное изменение тепловой нагрузки, поэтому зависимость тепловой нагрузки от числа секций секционного теплообменника практически монотонная. Количество последовательно соединенных ступеней пластинчатого подогревателя, как правило, мало (одна, две, редко больше), поэтому включение каждой дополнительной ступени вызывает обычно значительное изменение тепловой нагрузки. Выбор типоразмера пластинчатого теплообменника заключается в нахождении числа последовательно соединенных ступеней (ходов). Затем определяется пропускная способность одного канала теплообменника по греющему и нагреваемому потокам исходя из располагаемых напоров в этих потоках. На основе найденной пропускной способности одного канала и известных объемных расходов потоков вычисляется количество каналов (пластин).

2.3. Расчет кожухотрубного водоподогревателя

Расчет выполнен для водоподогревательной установки, состоящей из секций кожухотрубного типа с трубной системой из прямых гладких трубок и блоков опорных перегородок по ГОСТ 27590; установка водоподогревателей выполнена в два потока. Система отопления присоединена к тепловым сетям по зависимой схеме с автоматическим регулированием подачи теплоты. Регулирование отпуска теплоты – центральное качественное по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения. Максимальные секундный и часовой расходы воды

на горячее водоснабжение соответственно составляют g_h = 7,23 л/с и $g^h_{hч}$= 46,8 м^3/ч, а теплопотери расчетного участка составят Q_{ht} = 206 КВт.

Тогда максимальный тепловой поток на нужды горячего водоснабжения будет равен:

$$Q^h_{hч} = 1{,}16 \cdot 46{,}8 \cdot (55-5) + 206 = 2990 кВт$$

Максимальный тепловой поток на нужды отопления при общей площади микрорайона А=64650 м^2

$$Q_0^{\max} = 73 \cdot 64650 = 4720 кВт$$

Соотношение тепловых потоков составляет:

$$\xi = \frac{Q^h_{hч}}{Q_0^{\max}} = \frac{2990}{4720} = 0{,}63$$

В этом случае принимается двухступенчатая смешанная схема присоединения водонагревателей к тепловым сетям. При расчетной производительности одного потока равной 50% от суммарной нагрузки принимаем для одного потока:

$$g^h_{hч} = 23.4 \cdot 10^3 кг/ч; Q^h_{hч} = 1495 кВт; Q_0^{\max} = 2360 кВт;$$

Расчетные температурные параметры приняты следующими:

- расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления t'_H = -20 ◦С;
- температурный график тепловой сети 150-70 ◦С;
- параметры в точке излома температурного графика τ'_1 = 80 °С; τ'_2 = 40°С;
- температура холодной водопроводной воды, поступающей в водоподогреватель 1 ступени t_c= 50 ◦С;
- температура воды, поступающей в систему горячего водоснабжения на выходе из 2 ступени водоподогревателя t_h = 600 ◦С.

С учетом принятых температурных параметров максимальный расход сетевой воды на отопление.

$$G_o = \frac{3{,}6 \cdot Q_o^{\max}}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)}, кг/ч \qquad (1)$$

$$G_o = \frac{3{,}6 \cdot 2{,}36 \cdot 10^3}{4{,}2 \cdot (150 - 70)} = 25{,}2 \cdot 10^3 кг/ч$$

Максимальный расход греющей воды на горячее водоснабжение

$$G_h = \frac{3{,}6 \cdot 0{,}55 \cdot Q_{hч}^h}{c \cdot (\tau_1^{'} - \tau_2^{'})}, кг/ч \qquad (2)$$

$$G_h = \frac{3{,}6 \cdot 0{,}55 \cdot 1{,}49 \cdot 10^3}{4{,}2 \cdot (80 - 40)} = 17{,}7 \cdot 10^3 кг/ч$$

При ограничении максимального расхода сетевой воды на ЦТП в качестве расчетного принимается

$$G_d = G_o = 25{,}2 \cdot 10^3 кг/ч$$

Температура нагреваемой воды за водоподогревателем I ступени

$$t_h^{'} = \tau_2^{'} - 5, °C \qquad (3)$$

$$t_h^{'} = 40 - 5 = 35, °C$$

Расчетная производительность водоподогревателя I ступени

$$Q_h^{SPI} = \frac{g_{hr}^h (t_h^{'} - t_c) \cdot c}{3{,}6}, Вт \qquad (4)$$

$$Q_h^{SPI} = \frac{23{,}4 \cdot 10^3 \cdot (35 - 5) \cdot 4{,}2}{3{,}6} = 0{,}82 \cdot 10^6, Вт$$

Расчетная производительность водоподогревателя II ступени

$$Q_h^{SPII} = Q_{hч}^h - Q_h^{SPI}, Вт \qquad (5)$$

$$Q_h^{SPII} = 1{,}49 \cdot 10^6 - 0{,}82 \cdot 10^6 = 0{,}68 \cdot 10^6, Вт$$

Температура греющей воды на выходе из водоподогревателя II ступени τ_2^{II} и на входе в водоподогреватель I ступени τ_1^{I}

$$\tau_2^{II} = \tau_1^{I} - \frac{3{,}6 \cdot Q_h^{SPII}}{c \cdot G_d}, °C \qquad (6)$$

$$\tau_2^{II} = 80 - \frac{3{,}6 \cdot 0{,}68 \cdot 10^6}{4{,}2 \cdot 25{,}2 \cdot 10^3} = 57, °C$$

Температура греющей воды на выходе из водоподогревателя I ступени:

$$\tau_2^{I} = \tau_1^{I} - \frac{3{,}6 \cdot Q_{hч}^{h}}{c \cdot G_d}, °C \qquad (7)$$

$$\tau_2^{I} = 80 - \frac{3{,}6 \cdot 1{,}49 \cdot 10^6}{4{,}2 \cdot 25{,}2 \cdot 10^3} = 30, °C$$

Среднелогарифмическая разность температур между греющей и нагреваемой водой для I ступени водоподогревателя:

$$\Delta t_{ср}^{I} = \frac{\Delta t_б - \Delta t_м}{2{,}31 \cdot \lg \frac{\Delta t_б}{\Delta t_м}}, °C \qquad (8)$$

$$\Delta t_б = \tau_2^{I} - t_c; \;\; \Delta t_м = \tau_2^{II} - t_h^{I};$$

$$\Delta t_{ср}^{I} = \frac{(30-5)-(57-35)}{2{,}31 \cdot \lg \frac{25}{22}} = 23{,}4°C$$

Среднелогарифмическая разность температур между греющей и нагреваемой водой для II ступенени водонагревателя по формуле (8)

$$\Delta t_{ср}^{II} = \frac{(57-35)-(80-60)}{2{,}31 \cdot \lg \frac{22}{20}} = 21°C$$

Согласно рекомендациям [2] определяем необходимое сечение трубок водонагревателя при скорости воды в трубках Wтр= 1м/с

$$f_{тр}^{усл} = \frac{g_{hr}^{h}}{3600 \cdot W_{тр} \cdot \rho}, м^2 \quad (9)$$

$$f_{тр}^{усл} = \frac{23,4 \cdot 10^3}{3600 \cdot 1 \cdot 1000} = 0,0065\ м^2$$

По величине $f^{усл}_{тр}$ по прил. Б подбираем тип водоподогревателя со следующими характеристиками:

f = 0,0057 м^2 ; Дн = 168 мм; $f_{мтр}$ = 0,0122 м 2 ; $d_{экв}$ = 0,019м; $f_{сек}$ = 6,98 м^2 (при длине секции 4 м); $d_{нар}$ /$d_{вн}$ = 16 /14 мм.

Скорость воды в трубах при двухпоточной компоновке:

$$W_{тр} = \frac{g_{hr}^{h}}{3600 \cdot f_{тр} \cdot \rho}, м/с \quad (10)$$

$$W_{тр} = \frac{23,4 \cdot 10^3}{3600 \cdot 0,0057 \cdot 10^3} = 1,14 м/с$$

Скорость воды в межтрубном пространстве при двухпоточной компоновке:

$$W_{мтр} = \frac{G_d}{3600 \cdot f_{мтр} \cdot \rho}, м/с \quad (11)$$

$$W_{мтр} = \frac{25,2 \cdot 10^3}{3600 \cdot 0,0122 \cdot 10^3} = 0,57 м/с$$

Расчет водонагревателя I ступени

Средняя температура греющей воды:

$$t_{ср}^{гр} = \frac{t_{вх}^{гр} + t_{вых}^{гр}}{2} = \frac{\tau_2^{II} + \tau_2^{I}}{2}, °C \quad (12)$$

$$t_{ср}^{гр} = \frac{57 - 30}{2} = 43,5°C$$

Средняя температура нагреваемой воды

$$t_{ср}^{Н} = \frac{t_{вх}^{Н} + t_{вых}}{2} = \frac{t_{с} + t_{Н}^{'}}{2}, °C \qquad (13)$$

$$t_{ср}^{Н} = \frac{5+35}{2} = 20°C$$

Коэффициент теплоотдачи от греющей воды к стенке трубки:

$$\alpha_1 = 1{,}16\left[1210 + 18 \cdot t_{ср}^{гр} - 0{,}038 \cdot t_{ср}^{гр^2}\right] \cdot \frac{W_{мтр}^{0,8}}{d_{'экв}^{0,2}}, Вт/м^2 \cdot °C \qquad (14)$$

$$\alpha_1 = 1{,}16\left[1210 + 18 \cdot 43{,}5 - 0{,}038 \cdot 43{,}5^2\right] \cdot \frac{0{,}57^{0,8}}{0{,}019^{0,2}} = 3148 Вт/м^2 \cdot °C$$

Коэффициент теплоотдачи от стенки трубки к нагреваемой воде:

$$\alpha_2 = 1{,}16\left[1210 + 18 \cdot t_{ср}^{Н} - 0{,}038 \cdot t_{ср}^{Н^2}\right] \cdot \frac{W_{тр}^{0,8}}{d_{вн}^{0,2}}, Вт/м^2 \cdot °C \qquad (15)$$

$$\alpha_2 = 1{,}16\left[1210 + 18 \cdot 20 - 0{,}038 \cdot 20^2\right] \cdot \frac{1{,}14^{0,8}}{0{,}014^{0,2}} = 4704 Вт/м^2 \cdot °C$$

Приняв коэффициент загрязнения поверхности труб β = 0,9, определим коэффициент теплопередачи:

$$K^{I} = \frac{\psi \cdot \beta}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}}}, Вт/м^2 \cdot °C \qquad (16)$$

ψ – коэффициент эффективности теплообмена, для гладких трубок ψ =1, 2

$$K^{I} = \frac{1{,}2 \cdot 0{,}9}{\frac{1}{3148} + \frac{1}{4704} + \frac{0{,}001}{105}} = 2002, Вт/м^2 \cdot °C$$

Требуемая поверхность нагрева водоподогревателя I ступени

$$F_{тр}^{I} = \frac{Q_h^{SPI}}{K^I \cdot \Delta t_{ср}^I}, м^2 \qquad (17)$$

$$F_{тр}^{I} = \frac{0{,}82 \cdot 10^6}{2002 \cdot 23{,}4} = 17{,}5 м^2$$

Число секций водоподогревателя I степени при длине секции 4 м:

$$N^I = \frac{F^I}{f_{сек}} = \frac{17{,}5}{6{,}98} = 2{,}51 шт$$

Принимаем 3 секции, действительная поверхность нагрева

$$F^I \cdot f_{сек} \cdot 3 = 6{,}98 \cdot 3 = 20{,}94 м^2$$

Расчет водоподогревателя II ступени

Средняя температура нагреваемой воды в соответствии с формулой (12):

$$t_{ср}^{гр} = \frac{80 + 57}{2} = 68{,}5°C$$

Средняя температура греющей воды в соответствии с формулой (13):

$$t_{ср}^{Н} = \frac{35 + 60}{2} = 47{,}5°C$$

Коэффициент теплоотдачи от греющей воды к стенке трубки (формула (14)):

$$\alpha_1 = 1{,}16\left[1210 + 18 \cdot 68{,}5 - 0{,}038 \cdot 68{,}5^2\right] \cdot \frac{0{,}57^{0{,}8}}{0{,}019^{0{,}2}} = 3711 Вт/м^2 \cdot °C$$

Коэффициент теплоотдачи от стенки трубки к нагреваемой воде (формула (15)):

$$\alpha_2 = 1{,}16\left[1210 + 18 \cdot 47{,}5 - 0{,}038 \cdot 47{,}5^2\right] \cdot \frac{1{,}14^{0{,}8}}{0{,}014^{0{,}2}} = 5988 Вт/м^2 \cdot °C$$

Коэффициент теплопередачи при β = 0,9 и ψ =1, 21 (формула (16))

$$K^{II} = \frac{1{,}2 \cdot 0{,}9}{\frac{1}{3711} + \frac{1}{5988} + \frac{0{,}001}{105}} = 2447, Вт/м^2 \cdot °C$$

Требуемая поверхность нагрева водоподогревателя II ступени (формула (17)):

$$F_{тр}^{II} = \frac{0,68 \cdot 10^6}{2447 \cdot 21} = 13,2 м^2$$

Число секций водоподогревателя II ступени:

$$N^{II} = \frac{13,2}{6,98} = 1,89 шт$$

Принимаем 2 секции, действительная поверхность нагрева:

$$F^{II} \cdot f_{сек} \cdot 2 = 6,98 \cdot 3 = 14 м^2$$

По результатам расчета принято для одного потока 2 секции в водоподогревателе II ступени и 3 секции в водоподогревателе I ступени с суммарной поверхностью нагрева 34,9 м^2.

Потери давления в водоподогревателе (5 последовательно соединенных секций):

– для воды, проходящей в трубках, при коэффициенте φ (учитывает накипеобразование, обычно колеблется в пределах 2÷3), равном 2 и длине секции 4 м:

$$\Delta P_H = 0,75 \cdot \varphi \cdot W_H^2 \cdot N, Па \qquad (18)$$

$$\Delta P_H = 0,75 \cdot 2 \cdot \left(\frac{7,23}{0,0057 \cdot 1000} \right)^2 \cdot 5 = 12,1 Па$$

– для воды, проходящей в межтрубном пространстве:

$$\Delta P_{гр} = B \cdot W_{мтр}^2 \cdot N, Па \qquad (19)$$

где коэффициент В принимается в соответствии с прил. Б:

$$\Delta P_{гр} = 20 \cdot 0,57^2 \cdot 5 = 32,49 Па$$

2.4. Расчет пластинчатого водоподогревателя

Расчет выполняется для водоподогревательной установки пластинчатого теплообменника, собранного из пластин 0,5 Пр для системы горячего водоснабжения с использованием тех же исходных данных, что и в предыдущем расчете.

При расчете пластинчатого водоподогревателя оптимальная скорость принимается исходя из получения таких же потерь давления в установке по нагреваемой воде, как при применении кожухотрубного водоподогревателя, что соответствует скорости воды в каналах $W_{опт}$= 0,4 м/с.

Выбираем пластины 0,5 Пр, по оптимальной скорости находим требуемое количество каналов по нагреваемой воде m_H:

$$m_H = \frac{g_{hr}^h}{W_{опт} \cdot f_k \cdot \rho \cdot 3600}, шт \qquad (20)$$

где $f_к$ – живое сечение одного межпластинчатого канала (fк=0,00285 м^2).

$$m_H = \frac{23{,}4 \cdot 10^3}{0{,}4 \cdot 0{,}00285 \cdot 10^3 \cdot 3600} = 5{,}7 шт$$

Округляем расчетное количество каналов до целого числа (m_H принимаем равным 6). Компоновку водоподогревателя принимаем симметричной, т.е. $m_{ГР}$ = m_H. Общее живое сечение каналов в пакете по ходу греющей и нагреваемой воды:

$$f_{гр} = f_H = m_H \cdot f_k, м^2 \qquad (21)$$

$$f_{гр} = f_H = 6 \cdot 0{,}00285 = 0{,}017 м^2$$

Находим фактические скорости греющей $W_{ГР}$ и нагреваемой W_H воды:

$$W_{гр} = \frac{G_d}{3600 \cdot f_{гр} \cdot \rho}, м/с \qquad (22)$$

$$W_{гр} = \frac{25{,}2 \cdot 10^3}{3600 \cdot 0{,}017 \cdot 10^3} = 0{,}41 м/с$$

$$W_H = \frac{g_{hr}^h}{3600 \cdot f_H \cdot \rho}, м/с \qquad (23)$$

$$W_H = \frac{23{,}4 \cdot 10^3}{3600 \cdot 0{,}017 \cdot 10^3} = 0{,}38 м/с$$

Расчет водоподогревателя I ступени

Коэффициент теплоотдачи α_1 от греющей воды к стенке пластины:

$$\alpha_1 = 1{,}16 \cdot A\left[23000 + 283 \cdot t_{cp}^{гр} - 0{,}63 \cdot t_{cp}^{гр^2}\right] \cdot W_{гр}^{0,73}, Вт/м^2 \cdot °C \qquad (24)$$

где А – коэффициент, зависящий от типа пластин, принимается (А=0,492); $t_{ср}^{гр}$= 43,5 ^{0}С (из предыдущего примера).

$$\alpha_1 = 1{,}16 \cdot 0{,}492\left[23000 + 283 \cdot 43{,}5 - 0{,}63 \cdot 43{,}5^2\right] \cdot 0{,}41^{0,73} = 10156 Вт/м^2 \cdot °C$$

Коэффициент теплоотдачи α_2 от стенки пластины к нагреваемой воде:

$$\alpha_2 = 1{,}16 \cdot A\left[23000 + 283 \cdot t_{cp}^{H} - 0{,}63 \cdot t_{cp}^{H^2}\right] \cdot W_{H}^{0,73}, Вт/м^2 \cdot °C \qquad (25)$$

где $t_{ср}^{Н}$ = 200С (из предыдущего примера).

$$\alpha_2 = 1{,}16 \cdot 0{,}492\left[23000 + 283 \cdot 20 - 0{,}63 \cdot 20^2\right] \cdot 0{,}38^{0,73} = 8000 Вт/м^2 \cdot °C$$

Коэффициент теплопередачи:

$$K_I = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}}}, Вт/м^2 \cdot °C \qquad (26)$$

где β – коэффициент, учитывающий уменьшение коэффициента теплопередачи из-за термического сопротивления накипи и загрязнений на пластине, в зависимости от качества воды принимается равным 0,7 – 0,85.

$$K_I = \frac{0{,}8}{\frac{1}{10156} + \frac{1}{8000} + \frac{0{,}001}{16}} = 2797 Вт/м^2 \cdot °C$$

При заданной величине расчетной производительности Q_h^{SPI}=0,82*106 Вт и по полученным значениям коэффициента теплопередачи К и температурного напора $\Delta t_{ср}$=23,4 ^{0}С (из предыдущего примера) определяется необходимая поверхность нагрева первой ступени:

$$F^I = \frac{Q_h^{SPI}}{K^I \cdot \Delta t_{cp}^I}, м^2 \qquad (27)$$

$$F^I = \frac{0{,}82 \cdot 10^6}{2797 \cdot 23{,}4} = 12{,}5 м^2$$

Количество ходов в теплообменнике:

$$X^I = \frac{F_{TP} + f_{пл}}{2 \cdot m \cdot f_{пл}}, шт \qquad (28)$$

где $f_{пл}$ – поверхность нагрева одной пластины, м^2.

$$X^I = \frac{12{,}5 + 0{,}5}{2 \cdot 6 \cdot 0{,}5} = 2{,}17 шт$$

Число ходов округляется до целой величины, принимаем 3 хода.

$$F^I = (2 \cdot m \cdot X_I - 1) f_{пл}, м^2 \qquad (29)$$

$$F^I = (2 \cdot 6 \cdot 3 - 1) 0{,}5 = 17{,}5 м^2$$

Потери давления ΔР водоподогревателе следует определять по формулам:

– для нагреваемой воды

$$\Delta P_H^I = \varphi \cdot Б \cdot (33 - 0{,}08 \cdot t_{ср}^H) W_{н.с.}^{1.75} \cdot X^I, Па \qquad (30)$$

– для греющей воды

$$\Delta P_{гр}^I = \varphi \cdot Б \cdot (33 - 0{,}08 \cdot t_{ср}^{гр}) W_{гр}^{1.75} \cdot X^I, Па \qquad (31)$$

где φ – коэффициент, учитывающий накипеобразование, который для греющей сетевой воды равен 1, а для нагреваемой воды должен приниматься по опытным данным, при отсутствии таких данных можно принимать φ=1,5 – 2,0; Б – коэффициент, зависящий от типа пластины, принимается по прил. 2 (Б=3); WH.C. – скорость при прохождении максимального секундного расхода нагреваемной воды (gh = 7,23 л/с),

$$W_{н.с.} = \frac{7{,}23}{3600 \cdot 0{,}00285 \cdot 1000} = 0{,}42 м/с$$

Потери давления в первой степени по нагреваемой воде при значениях φ=1,5 и Б=3:

$$\Delta P_H^I = 1{,}5 \cdot 3 \cdot (33 - 0{,}08 \cdot 20) 0{,}42^{1.75} \cdot 3 = 93, Па$$

Потери давления I ступени водоподогревателя по греющей воде при φ=1 и Б=3:

$$\Delta P_{гр}^I = 1 \cdot 3 \cdot (33 - 0{,}08 \cdot 43{,}5) 0{,}41^{1.75} \cdot 3 = 55{,}8 Па$$

Расчет водоподогревателя II ступени

В соответствии с указаниями [2] при расчете двухступенчатой смешанной схемы включения водоподогревателей с ограничением расхода во второй ступени водоподогревателя суммарные сечения каналов, значения скоростей греющей и нагреваемой воды будут аналогичны соответствующим значениям этих параметров из расчета водоподогревателя первой ступени.

Коэффициент теплоотдачи α_1 от греющей воды к стенке пластины ($t_{ср}^{гр}$=68,5^{0}С из предыдущего примера) определяется по формуле (24):

$$\alpha_1 = 1{,}16 \cdot 0{,}492 \left[23000 + 283 \cdot 68{,}5 - 0{,}63 \cdot 68{,}5^2\right] \cdot 0{,}41^{0{,}73} = 11701 Вт/м^2 \cdot °C$$

Коэффициент теплоотдачи α_2 от стенки пластины к нагреваемой воде ($t_{ср}^{Н}$=47,5 ^{0}С из предыдущего примера) определяется по формуле (25):

$$\alpha_2 = 1{,}16 \cdot 0{,}492 \left[23000 + 283 \cdot 47{,}5 - 0{,}63 \cdot 47{,}5^2\right] \cdot 0{,}38^{0{,}73} = 9863 Вт/м^2 \cdot °C$$

Коэффициент теплопередачи $К_{II}$ определяется по формуле 50 при β=0,8:

$$K_{II} = \frac{0{,}8}{\frac{1}{11701} + \frac{1}{9863} + \frac{0{,}001}{16}} = 3214 Вт/м^2 \cdot °C$$

Требуемая поверхность нагрева водоподогревателя II ступени ($\Delta t_{ср}^{II}$ =21^{0}С из предыдущего примера) определяется по формуле (27):

$$F^{II} = \frac{0{,}68 \cdot 10^6}{3214 \cdot 21} = 10{,}1 м^2$$

Количество ходов (или пакетов при разделении на одноходовые теплообменники) определяется по формуле (52):

$$X^{II} = \frac{10,1 + 0,5}{2 \cdot 6 \cdot 0,5} = 1,77\,шт$$

Округляем до целой величины X^{II}=2. Действительная поверхность нагрева водоподогревателя II ступени определяется по формуле (29):

$$F^{II} = (2 \cdot 6 \cdot 2 - 1)0,5 = 11,5 м^2$$

Потери давления II ступени водоподогревателя по греющей воде определится по формуле (30):

$$\Delta P_{гр}^{II} = 1 \cdot 3 \cdot (33 - 0,08 \cdot 68,5)0,41^{1.75} \cdot 2 = 34,7 кПа$$

Потери давления второй ступени водоподогревателя по нагреваемой воде принимая φ=1,5, при пропуске максимального секундного расхода воды на горячее водоснабжение определяются по формуле (31):

$$\Delta P_{Н}^{II} = 1,5 \cdot 3 \cdot (33 - 0,08 \cdot 47,5)0,42^{1.75} \cdot 2 = 57,6 кПа$$

Суммарные потери давления (напора) по нагреваемой воде при пропуске максимального секундного расхода на горячее водоснабжение:

$$\Delta P_{Н} = \Delta P_{Н}^{I} + \Delta P_{Н}^{II} = 93 + 57,6 = 150,6 кПа$$

В результате расчета в качестве водоподогревателя в системе горячего водоснабжения принимаем два теплообменника (I и II ступени) с пластинами типа 0,5 Пр, толщиной 0,8 мм из стали 12Х18Н1ОТ (исполнение 01), на двухопорной раме (исполнение 2К), с уплотнительными прокладками из резины марки 359 (условной обозначение - 10). Поверхность нагрева I ступени – 17,5 м^2, II ступени – 11,5 м^2. Схема компоновки I ступени:

$$C_x = \frac{6 + 6 + 6}{6 + 6 + 6}$$

Схема компоновки II ступени:

$$C_x = \frac{6 + 6}{6 + 6}$$

3. Организация защиты и критерии оценки курсовой работы

Выполненная курсовая работа представляется для проверки на кафедру строительства не позднее, чем за неделю до даты проведения промежуточной аттестации по дисциплине. После проверки работа допускается к защите или отправляется на доработку. Если курсовая работа отправляется на доработку, следует устранить все замечания, указанные преподавателем, и повторно сдать ее на проверку.

Если работа допускается к защите, студент должен быть готовым дать все необходимые пояснения по расчетам, чертежам и содержанию работы. По результатам защиты выставляется оценка, при этом учитываются правильность выполнения заданий, оформление работы, а также качество защиты.

Система оценивания результатов защиты курсовой работы включает в себя следующие оценки: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Критерии выставления оценки представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Критерии выставления оценки

Оценка / Критерий	**«неудовлетворительно»**	**«удовлетворительно»**	**«хорошо»**	**«отлично»**
1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2. Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи

Оценка / Критерий	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
3.Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

Список рекомендуемых источников

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – Москва: Изд.-во МЭИ, 2001. – 472 с.
2. Проектирование тепловых пунктов. СП 41-101-95. Минстрой России. – Москва: ГУП ЦПП, 1997. – 79 с.
3. Тихомиров А.К. Горячее водоснабжение жилого микрорайона: учеб. пособие к курсовому и дипломному проектированию. – Хабаровск, 2002. – 93 с.
4. Водяные тепловые сети: справочное пособие по проектированию / под ред. Н.К. Громова и Е.П. Шубина. – Москва: Энергоиздат, 1988. – 375 с.
5. СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003. Москва, 2012. – 78 с.
6. Профессиональная справочная система Техэксперт http://техэксперт.рус/

Приложение А. Пример оформления титульного листа

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт морских технологий, энергетики и строительства

Кафедра строительства

КУРСОВАЯ РАБОТА
по дисциплине «Теплоснабжение»
Тема «Водоподогреватели в системах теплоснабжения»

КР 08.04.01.XX[1]СТ.XX[2]

Работу выполнил
Ф.И.О. студента полностью
Работу проверил
Ф.И.О. преподавателя

Калининград 20__

[1] Номер группы
[2] Номер варианта

Приложение Б. Технические характеристики кожухотрубных скоростных водоподогревателей

Технические характеристики водоподогревателей по ГОСТ 27590

Наружный диаметр корпуса секции $D_н$, мм	Число трубок в секции n, шт	Площадь сечения межтрубного пространства $f_{мтр}$, м^2	Площадь сечения трубок $f_{тр}$, м^2	Эквивалентный диаметр межтрубного пространства, $d_{экв}$,м	$d_{экв}^{0,2}$	Коэффициент B	Поверхность нагрева одной секции $f_{сек}$, м^2, при длине 4 м	Тепловая производительность $Q_{сек}^{sp}$, кВт, секции длиной 4 м	
								система из труб	
								гладких (исполнение 1)	профилированных (исполнение 2)
57	4	0,00116	0,00062	0,0129	0,419	30	0,75	18	23
76	7	0,00233	0,00108	0,0164	0,440	30	1,32	25	35
89	10	0,00327	0,00154	0,0172	0,444	30	1,88	40	50
114	19	0,005	0,00293	0,0155	0,435	25	3,58	85	110
168	37	0,0122	0,00570	0,019	0,453	25	6,98	145	195
219	61	0,02139	0,00939	0,0224	0,468	20	11,51	235	315
273	109	0,03077	0,01679	0,0191	0,453	20	20,56	475	635
325	151	0,04464	0,02325	0,0208	0,461	20	28,49	630	840

Номинальные габариты и присоединительные размеры водоподогревателей, мм

Наружный диаметр корпуса секции, $D_н$, мм	D	D_1	D_2	d	$d_н$	H	H	L	L_1	L_2		L_3.
										Исполнение		
57	160	45	145	145	45	200	100	4225	4000	133	146	70
76	180	57	160	160	57	200	100	4265		143	178	80
89	195	76	180	180	76	240	120	4320		170	217	85
114	215	89	195	195	89	300	150	4350		210	250	90
168	280	114	245	245	133	400	200	4490		310	340	140
219	325	168	280	280	168	500	250	4610		415	450	150
273	390	219	335	335	219	600	300	4800		512	600	190
325	440	219	390	390	273	600	300	4800		600	600	190

Приложение В. Технические характеристики пластинчатых теплообменных аппаратов

Технические характеристики пластин

Показатель	Тип пластины		
	0,3р	0,6р	0,5Пр
Габариты (длина×ширина×толщина), мм	1370×300×1	1375×600×1	1380×650×1
Поверхность теплообмена, $м^2$	0,3	0,6	0,5
Вес (масса), кг	3,2	5,8	6,0
Эквивалентный диаметр канала, м	0,008	0,0083	0,009
Площадь поперечного сечения канала, $м^2$	0,0011	0,00245	0,00285
Смачиваемый периметр в поперечном сечении канала, м	0,66	1,188	1,27
Ширина канала, мм	150	545	570
Зазор для прохода рабочей среды в канале, мм	4	4,5	5
Приведенная длина канала, м	1,12	1,01	0,8
Площадь поперечного сечения коллектора (угловое отверстие на пластине), $м^2$	0,0045	0,0243	0,0283
Наибольший диаметр условного прохода присоединяемого штуцера, мм	65 (80)	200	200
Коэффициент общего гидравлического сопротивления	$\frac{19,3}{Re^{0.25}}$	$\frac{15}{Re^{0.25}}$	$\frac{15}{Re^{0.25}}$
Коэффициент гидравлического сопротивления штуцера ξ	1,5	1,5	1,5
Коэффициенты:			
А	0,368	0,492	0,492
Б	4,5	3,0	3,0

Технические характеристики и основные параметры пластинчатых теплообменных аппаратов

Показатель	Тип пластины		
	0,3р	0,6р	0,5Пр
Тип аппарата	разборный		полуразборный
Расход теплоносителя (не более), $м^3/ч$	50	200	200
Номинальная площадь поверхности теплообмена аппарата, $м^2$, и исполнение на раме:			
Консольной (исполнение 1)	От 3 до 10	От 10 до 25	-
Двухопорной (исполнение 2)	От 12,5 до 25	От 31,5 до 160	От 31,5 до 140
Трехопорной с промежуточной плитой (исполнение 3)	-	От 200 до 300	От 160 до 320
Расчетное давление, МПа ($кгс/см^2$)	1(10)	1(10)	1,6(16); 2,5(25)
Габарит теплообменников, мм	650x400x1665	605x750x1800	2570x650x1860 (3500)

Приложение Г. Бланк задания

Калининградский Государственный Технический Университет
Кафедра строительства

Задание
на разработку курсового проекта по дисциплине “Теплоснабжение”

Студент _____ ИМТЭС
Группа

Тема проекта: **Водоподогреватели в системах теплоснабжения**

Исходные данные к проекту:

1. Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления:
2. Температурный график тепловой сети:
3. Температура холодной водопроводной воды, поступающей в водоподогреватель 1 ступени:
4. Температура воды, поступающей в систему горячего водоснабжения на выходе из 2 ступени водоподогревателя:
5. Максимальный тепловой поток на нужды горячего водоснабжения:
6. Максимальный тепловой поток на нужды отопления:

Расчетная часть - пояснительная записка объемом 20-25 страниц.

Содержание расчетной части (кожухотрубный и пластинчатый теплообменники)

1. Выбор схемы присоединения водонагревателей к тепловым сетям.
2. Определение максимальных расходов греющей и нагреваемой воды и температурных напоров в каждой ступени
3. Выбор типа подогревателей и определение расчетных скоростей теплоносителей.
4. Определение коэффициентов теплопередачи, расчетных поверхностей нагрева и количества секций (ступеней) в установке.
5. Определение гидравлических потерь.

Руководитель проектирования:
д.т.н., проф. каф. строительства Александров И.С.

Локальный электронный методический материал

Игорь Станиславович Александров

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

Редактор И. Голубева

Уч.-изд. л. 1,9. Печ. л. 1,9

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1