

Государственный Комитет Украины по строительству и архитектуре

Украинский научно-исследовательский и проектный институт
по гражданскому строительству
КиевЗНИИЭП

РЕКОМЕНДАЦИИ

по применению теплообменников ТТАИ

в тепловых пунктах

жилых и общественных зданий



Киев – 2005

Рекомендации содержат сведения, необходимые проектировщикам тепловых пунктов жилых и общественных зданий при использовании теплообменников ТТАИ, изготавливаемых предприятием ООО «Теплообмен» (г. Севастополь).

Рекомендации разработаны Центром энергосбережения КиевЗНИИЭП.

При разработке использована техническая информация предприятия «Теплообмен».

Автор рекомендаций - канд. техн. наук Гершкович В.Ф. при участии Деминой Н.Ф.

Рекомендации, разработанные в рамках выполнения научно-исследовательской работы 48Н2005, одобрены НТС КиевЗНИИЭП 18 августа 2005г. (протокол №6)

Отклики и предложения просим направлять по адресу:
01133, Киев-133, бульв. Леси Украинки, 26, КиевЗНИИЭП

По вопросам, связанным с проектированием тепловых пунктов, обращаться в Центр энергосбережения КиевЗНИИЭП по телефону (044)2856540 или по электронной почте ces@zniiep.kiev.ua

С исходной информацией для выбора теплообменников ТТАИ и по вопросам их приобретения обращаться на предприятие ООО «Теплообмен» по адресу 99011, г.Севастополь, ул.Партизанская, д.5
Тел/факс (0692)545438, 553588
teploobmen@ttai.ru
www.ttai.ru

Содержание

Введение.....	4
1. Особенности интенсифицированных теплообменных аппаратов.....	5
2. Типы аппаратов.....	6
2.1 Одноходовые аппараты.....	6
2.2 Двухходовые аппараты.....	6
2.3 Сложноходовые аппараты.....	7
2.4 Возможности подачи греющей воды в контуры аппаратов.....	7
3. Область применения.....	8
3.1 Водоподогреватели горячего водоснабжения.....	8
3.1.1 Двухступенчатый подогрев.....	8
3.1.2 Одноступенчатый подогрев.....	8
3.1.3 Подогрев с баками-аккумуляторами.....	9
3.2 Водоподогреватели систем отопления.....	10
3.2.1 Водоподогреватели независимых систем.....	10
3.2.2 Водоподогреватели полузависимых систем.....	10
3.2.3 Водоподогреватели зависимых систем.....	11
3.3 Примеры нетрадиционного применения.....	12
3.3.1 Две ступени водоподогревателя ГВС в одном аппарате.....	12
3.3.2 Водоподогреватель ГВС в системе охлаждения конденсатора.....	12
3.3.3 Охладитель подпиточной воды независимой системы отопления.....	13
4. Исходные данные для выбора аппарата.....	14
4.1 Определяющие параметры.....	14
4.2 Исходные данные для расчета отопительных теплообменников.....	14
4.2.1 Температурные условия переходного периода.....	14
4.2.2 Исходные данные для независимых систем.....	15
4.2.3 Исходные данные для полузависимых систем.....	16
4.2.4 Исходные данные для зависимых систем.....	17
4.3 Исходные данные для расчета теплообменников горячего водоснабжения.....	18
4.3.1 Исходные данные для одноступенчатого водоподогревателя.....	18
4.3.2 Исходные данные для двухступенчатого водоподогревателя.....	19
5. Особенности проектирования тепловых пунктов с интенсифицированными аппаратами.....	20
5.1 Компонентные решения размещения аппаратов в тепловом пункте.....	20
5.2 Проектирование установок на жесткой воде.....	22
6. Особенности монтажа и эксплуатации.....	23
7. Техничко-экономические показатели тепловых пунктов с аппаратами ТТАИ.....	24
Заключение.....	26
Литература.....	26
Приложения:	
1. Характеристики теплообменников ТТАИ, установленных в некоторых тепловых пунктах, смонтированных по проектам Центра энергосбережения КиевЗНИИЭП в 1999 – 2005 годах.....	27
2. Только один фотоснимок.....	29

Введение

Странная это вещь – мода.

Мы, кажется, уже почти привыкли к тому, что многие живущие в разных странах представительницы прекрасного пола, склонные к эмоциональному восприятию жизненных коллизий, могут почти одновременно сменить свои наряды, подчиняясь вкусам какого-нибудь знаменитого нетрадиционно ориентированного кутерье.

Но мы все еще не можем привыкнуть к тому, что деловые люди, совершенно не подверженные эмоциям, а, напротив, движимые, казалось бы, одним только рациональным прагматизмом, тоже порою склонны следовать моде на промышленные изделия вопреки здравому смыслу.

Кожухотрубные теплообменные аппараты ТТАИ впервые появились в 1992 году, как раз тогда, когда мода на пластинчатые теплообменники, уже завладевшая к тому времени Европой, победоносно перешла через рубежи, над которыми в течение многих лет висел железный занавес. И не стоит удивляться тому, что истосковавшийся за качественным европейским товаром отечественный потребитель в то время предпочел импортный товар отечественному.

Удивления достоин тот факт, что даже теперь, после того как в течение почти полутора десятка лет аппараты ТТАИ демонстрируют уже на сотнях объектах в Украине и в России свои бесспорные технические и экономические преимущества перед импортными и отечественными пластинчатыми теплообменниками, подавляющее большинство потребителей остаются непоколебимыми приверженцами моды на пластинчатые теплообменные аппараты.

Можно ли объяснить это странное нежелание нашего потребителя приобрести совершенный отечественный аппарат и при этом сэкономить свои деньги и свои производственные площади?

Ответ на этот непростой вопрос лежит, вероятно, в нескольких плоскостях, и изучение всех аспектов конкурентной борьбы не входит в нашу задачу. Вместе с тем, бесспорным можно считать то, что недостаток объективной информации об аппаратах ТТАИ не способствует их распространению.

Эти рекомендации имеют целью устранить недостаток информации, вооружив проектировщиков и заказчиков сведениями, которые помогут им сделать осознанный выбор теплообменников.

Рекомендации основаны на реальном опыте проектирования, строительства и эксплуатации десятков тепловых пунктов, реализованных в Киеве по проектам Центра энергосбережения КиевЗНИИЭП. Все эти тепловые пункты, отмеченные рациональностью, экономичностью и эффективностью, работают безупречно. В каждом из них установлен один или несколько теплообменников ТТАИ. При проектировании самых первых теплопунктов выполнялись технико-экономические сопоставления вариантов применения различных теплообменников от ведущих мировых производителей. Но достоинства аппаратов ТТАИ были столь очевидны, что надобность в этих сопоставлениях вскоре сама собою отпала, потому что на сегодняшний день это бесспорно лучшие теплообменные аппараты для тепловых пунктов жилых и общественных зданий.

1. Особенности интенсифицированных теплообменных аппаратов

Аббревиатура ТТАИ означает «тонкостенный теплообменный аппарат интенсифицированный», и все его достоинства связаны с интенсификацией процесса теплообмена.

Несмотря на то, что аппараты ТТАИ относятся к кожухотрубным теплообменникам, их свойства резко отличаются от соответствующих свойств водоподогревателей, которые в течение нескольких десятков лет применялись в системах отопления и горячего водоснабжения. Чтобы убедиться в этом, достаточно взглянуть на таблицу 1.

Сопоставление свойств
обычных и интенсифицированных кожухотрубных теплообменников

Таблица 1

Технические показатели кожухотрубных водо-водяных теплообменников		Значения показателей у теплообменников	
		обычных ОСТ 34-588-68	интенсифицированных ТТАИ
Теплообменные трубки	Материал	латунь	нержавеющая сталь
	Характер поверхности	гладкая	волнистая
	Наружный диаметр, мм	16	8
	Толщина стенки, мм	1	0,3 или 0,4
	Количество	12*	52*
	Площадь поверхности, м ²	0,55*	1,27*
Длина, мм		2000 или 4000	любая кратная 50 мм, но не более 4000
Масса, кг		30,2*	5,3*
Общее количество типоразмеров		22	около 4 тысяч

Показатели со значком * отнесены к одному метру длины теплообменника D=80 мм

Интенсификация теплообмена в аппаратах ТТАИ достигается [1] комплексом технических приемов, включающих в себя:

- использование тонкостенных из нержавеющей стали теплообменных трубок небольшого диаметра со специальным профилем, обеспечивающим турбулизацию пристенного слоя потока жидкости и эффект самоочистки поверхности;
- использование специальной технологии создания трубных решеток, позволяющей сконструировать особо плотный и нерегулярный трубный пучок, который подвижно располагается в корпусе аппарата.

Аппараты ТТАИ – это разборные теплообменники. Их конструкция позволяет извлечь пучок теплообменных трубок из корпуса, выполненного из нержавеющей стали. Аппараты выпускаются с диаметрами корпуса Ду25, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150 и 200 мм.

Жидкости, циркулирующие через аппараты ТТАИ, могут иметь температуры от минус 40 до плюс 180⁰С, а рабочее давление в аппаратах может достигать 1,6 МПа.

Интенсифицированные теплообменники могут конструироваться на любое заданное гидравлическое сопротивление каждой из обменивающихся теплом жидкостей.

Интенсифицированный теплообмен характеризуется высокими значениями коэффициента теплопередачи. Мы не будем перегружать страницы Рекомендаций математическими зависимостями, которые используются для расчета этого коэффициента, потому что проектировщику не нужно ничего рассчитывать. Вместо него это сделают специалисты предприятия «Теплообмен», пользуясь специальной компьютерной программой. Нужно лишь правильно задать исходную информацию для расчета.

Но об этом речь впереди.

2 . Типы аппаратов

2.1 Одноходовые аппараты

В одноходовых аппаратах (рис. 1), как правило, используют противоточное движение теплоносителей.

Теплоноситель №1 проходит по трубкам теплообменника, а теплоноситель №2 – по межтрубному пространству.

В отличие от кожухотрубных теплообменников старого образца, в которых площадь живого сечения межтрубного пространства была примерно вдвое больше площади сечения трубок, в теплообменниках ТТАИ эти площади примерно одинаковы. Поэтому одноходовые теплообменники удобно применять там, где расходы теплоносителей, циркулирующих через межтрубную полость и по трубкам примерно одинаковы.

Одноходовые аппараты маркируются символами ТТАИ D/L. Например, символом ТТАИ 100/2650 обозначен аппарат с условным диаметром корпуса 100 мм и длиной трубного пучка 2650 мм.

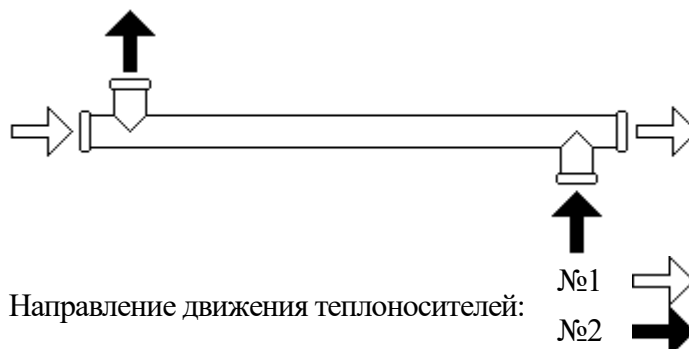


Рис. 1 Схема одноходового противоточного теплообменного аппарата

2.2 Двухходовые аппараты

В условиях, когда расходы теплоносителей, циркулирующих через межтрубную полость и по трубкам, отличаются один от другого в два раза и более, лучше всего применять двухходовые (рис. 2) аппараты. Их применяют и в тех случаях, когда потеря давления в одном контуре может быть в несколько раз больше предельно допустимого гидравлического сопротивления движению воды через другой контур.

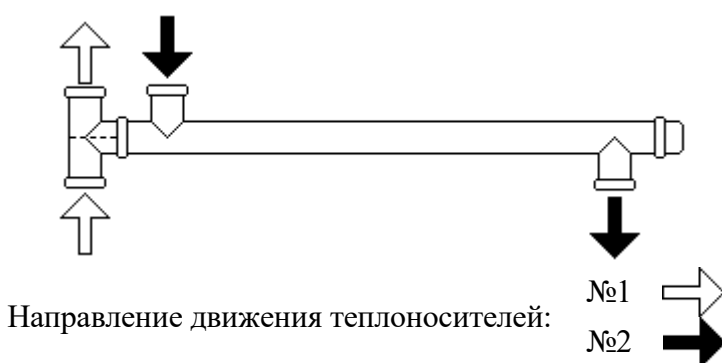


Рис. 2 Схема двухходового теплообменного аппарата

Теплоноситель №1, расход которого меньше, направляется по трубной полости, разделенной на два контура. На рисунке 2 разделительная линия контуров условно нанесена пунктиром. В то время как теплоноситель №2 проходит по теплообменнику путь, равный его длине, теплоноситель №1 этот путь пройдет дважды, сначала в одном, а потом в другом направлении.

В двухходовом аппарате противоточное движение

теплоносителей в чистом виде организовать не удастся, но это обстоятельство учитывается компьютерной программой при расчете поверхностей, а конструктивная лаконичность аппарата позволяет с успехом применять его во многих случаях.

Двухходовые аппараты маркируются символами ТТАИ D/L-2. Например, символом ТТАИ 80/2100-2 обозначен аппарат двухходовой с условным диаметром корпуса 80 мм и длиной трубного пучка 2100 мм.

2.3 Сложноходовые аппараты

Сложноходовой аппарат (рис. 3) находит применение в тех же случаях, что и двухходовые аппараты, то есть при расходах теплоносителей, циркулирующих через межтрубную полость и по трубкам, отличающихся один от другого в два раза и более.

Теплоноситель №1, расход которого меньше, направляется по трубной полости, а теплоноситель №2 входит в межтрубную полость с двух сторон теплообменника. В то время как теплоноситель №1 проходит по теплообменнику путь, равный его длине, теплоноситель №2, разделенный на два потока, пройдет только половину этого пути.



Рис. 3 Схема сложноходового теплообменного аппарата

При заметно отличающихся расходах теплоносителей компьютерная программа расчета

предложит оптимальную конструкцию теплообменного аппарата, который в этом случае будет двухходовым или сложноходовым.

Сложноходовые аппараты маркируются символами ТТАИ-2-D/L. Например, символом ТТАИ-2-50/3800 обозначен аппарат сложноходовой с условным диаметром корпуса 50 мм и длиной трубного пучка 3800.

2.4 Возможности подачи греющей воды в контуры аппаратов

В отличие от обычных кожухотрубных теплообменников аппараты ТТАИ сконструированы так, что их трубные решетки при любых условиях эксплуатации остаются разгруженными. Это означает, что греющий теплоноситель может подаваться в любую полость теплообменника. При выборе теплообменника компьютерная программа обычно просчитывает варианты с подачей греющей воды и в трубки, и в межтрубную полость, после чего принимается оптимальное техническое решение.

Если в проекте используется вариант, при котором греющий теплоноситель подается в межтрубную полость, теплообменный аппарат маркируется «ТТАИ», а в случае подачи греющей воды в трубки применяется марка «ТТАИр».

Одинаковые аппараты ТТАИ и ТТАИр (например, ТТАИ 80/2500 и ТТАИр 80/2500), конструктивно ничем не отличаются один от другого, но правильное понимание обозначения «ТТАИр» очень важно для проектировщика теплового пункта и для монтажника (рис.4). Букву «р» в конце аббревиатуры «ТТАИ» ни в коем случае нельзя игнорировать, потому что тепловая и гидравлическая характеристики аппарата ТТАИр, ошибочно включенного по схеме ТТАИ, могут оказаться очень далекими от расчетных значений.

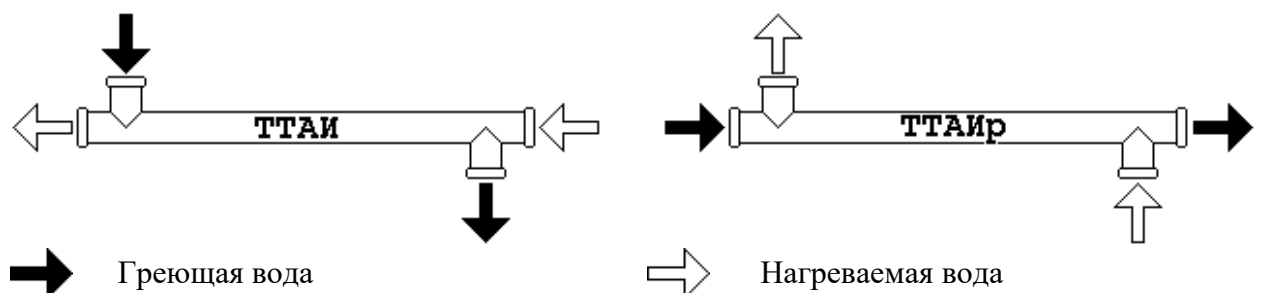


Рис. 4 Схема подключения аппаратов ТТАИ и ТТАИр к теплоносителям

3. Область применения

3.1 Водоподогреватели горячего водоснабжения

3.1.1 Двухступенчатый подогрев

Двухступенчатый подогрев воды должен применяться в тепловых пунктах при условии, что отношение максимальной тепловой мощности системы горячего водоснабжения к тепловой мощности системы отопления находится в интервале значений от 0,2 до 1. Известны несколько схем [2] с использованием двух ступеней водоподогревателей, однако практически применяют одну из них, так называемую двухступенчатую смешанную схему, которая в дальнейшем изложении именуется просто двухступенчатой схемой.

На рис. 5 показана схема приготовления горячей воды в двухступенчатом водоподогревателе, составленном из аппаратов ТТАИ.

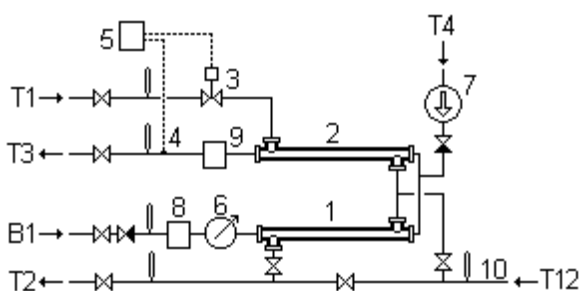


Рис. 5 Схема приготовления горячей воды по двухступенчатой схеме

1 – водоподогреватель ТТАИ первой ступени, 2 – водоподогреватель ТТАИ второй ступени, 3 - регулирующий клапан, 4 – датчик температуры, 5 – регулятор температуры, 6 – водосчетчик, 7 – циркуляционный насос, 8 – водоумягчитель, 9 – обескислоразиватель, 10 - обратный трубопровод от систем отопления и вентиляции

В водоподогревателе первой ступени (поз.1) для подогрева холодной воды используют потенциал теплоносителя из обратного трубопровода Т12 систем отопления и вентиляции. Количество поступающей из водопровода В1 на подогрев холодной воды фиксируется водосчетчиком 6. Температура воды, поступающей в трубопровод Т3 горячего водоснабжения, контролируется датчиком температуры 4, управляющим через регулятор 5 регулирующим клапаном 3, установленным на подающем трубопроводе Т1, через который теплоноситель поступает на водоподогреватель второй ступени 2.

3.1.2 Одноступенчатый подогрев

Одноступенчатый подогрев воды должен применяться в тепловых пунктах при условии, что отношение максимальной тепловой мощности системы горячего водоснабжения к тепловой мощности системы отопления находится в интервале значений 0,2 и меньше или 1 и больше.

На рис. 6 показана принципиальная схема узла приготовления горячей воды в аппарате ТТАИ по одноступенчатой схеме.

Одноступенчатый подогрев реализуется теми же техническими средствами, что и двухступенчатый, но требует меньших затрат. Область применения одноступенчатых схем ограничена зданиями, в которых расход горячей воды относительно невелик (например, административные здания) или слишком велик (например, спортивные залы).

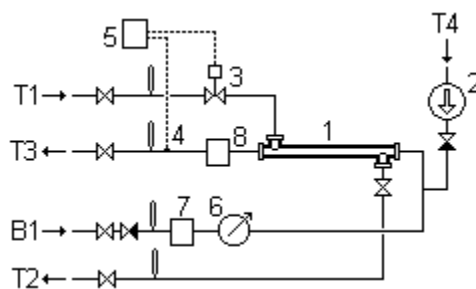


Рис. 6 Принципиальная схема узла приготовления горячей воды по одноступенчатой схеме

1 – водоподогреватель ТТАИ, 2 – циркуляционный насос, 3 – регулирующий клапан, 4 – датчик температуры, 5 – регулятор теплоснабжения, 6 – водосчетчик, 7 – водоумягчитель, 8 – обескислориватель

3.1.3 Подогрев с баками-аккумуляторами

Для расширения области применения одноступенчатых схем, а также для уменьшения максимального часового расхода сетевой воды рекомендуется [3, 4] применять схему подогрева воды с закрытыми баками-аккумуляторами (рис.7).

Обычная схема приготовления горячей воды дополнена закрытыми теплоизолированными баками-аккумуляторами 9 и 10, а также циркуляционным насосом 11 системы аккумуляции.

Насос 11 должен работать постоянно в контуре циркуляции «теплообменник-баки».

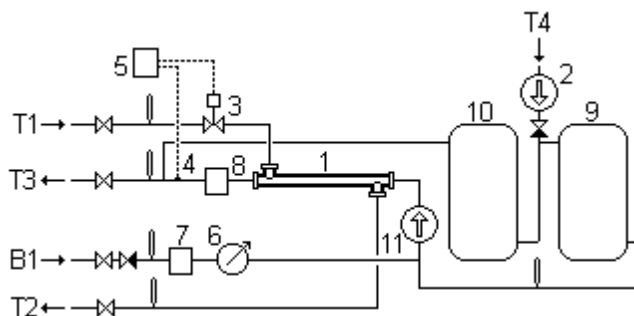


Рис. 7 Принципиальная схема узла приготовления горячей воды с закрытыми баками-аккумуляторами

1 – водоподогреватель ТТАИ одноступенчатый, 2 – циркуляционный насос, 3 – регулирующий клапан, 4 – датчик температуры, 5 – регулятор теплоснабжения, 6 – водосчетчик, 7 – водоумягчитель, 8 – обескислориватель, 9,10 – закрытые теплоизолированные баки-аккумуляторы, 11 – циркуляционный насос системы аккумуляции.

При отсутствии водоразбора из трубопровода Т3 горячего водоснабжения или при незначительном водоразборе баки будут заполняться горячей водой. Как только водоразбор превысит величину подачи циркуляционного насоса 11, холодная вода начнет поступать в нижнюю часть бака 9, вытесняя из верхней части бака 10 накопленную там горячую воду в систему горячего водоснабжения.

Таким образом, при помощи аппарата ТТАИ (поз.1), обогреваемого небольшим количеством сетевой воды, возможно подогреть воду для крупного здания.

Емкость баков-аккумуляторов и необходимую тепловую мощность водоподогревателя рекомендуется подбирать по методике КиевЗНИИЭП [3].

3.2 Водоподогреватели систем отопления

3.2.1 Водоподогреватели независимых систем

Независимые системы отопления характерны тем, что в системе отопления циркулирует теплоноситель, гидравлически не связанный с циркуляционным контуром тепловой сети. Действующие нормы допускают применение систем отопления с независимым присоединением к тепловой сети в зданиях с числом этажей 12 и более, но практикой строительства последних лет фиксируется гораздо более широкий спектр зданий с независимыми системами. Это связано, главным образом, с поставкой оборудования из некоторых европейских стран, где зависимое присоединение к тепловой сети вообще не используется.

Узел приготовления теплоносителя системы отопления с независимым присоединением к тепловой сети с теплообменником ТТАИ представлен на рис. 8

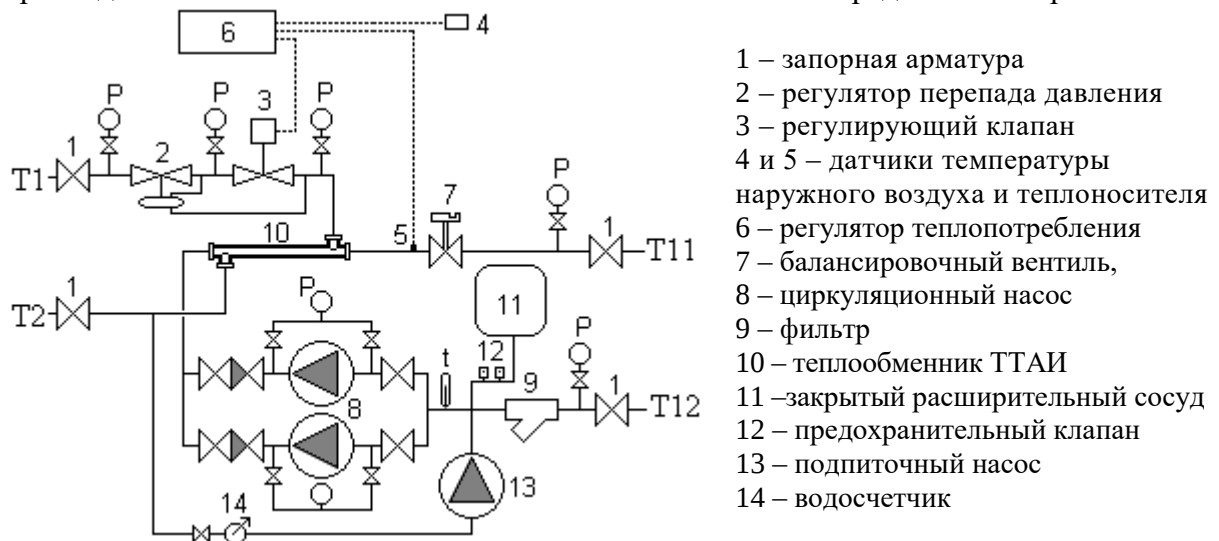


Рис. 8 Схема приготовления теплоносителя в теплообменнике ТТАИ для системы отопления с независимым присоединением к тепловой сети.

Теплоноситель из подающего трубопровода тепловой сети T1 проходит через теплообменник ТТАИ (поз. 10), где остывает и возвращается в тепловую сеть через обратный трубопровод T2. Вода из обратного трубопровода системы отопления T12 подается циркуляционным насосом поз. 8 в теплообменник ТТАИ, где нагревается сетевой водой, после чего направляется в подающий трубопровод системы отопления T11. В схему включены также устройства для регулирования, подпитки и вспомогательное оборудование.

3.2.2 Водоподогреватели полузависимых систем

Полузависимые системы отопления состоят из двух подсистем, одна из которых гидравлически не связана с циркуляционным контуром тепловой сети, а в другой подсистеме используется сетевая вода. Эти системы рекомендуется применять в многоквартирных домах, инженерные системы которых проектируют раздельными для верхней и нижней зон здания [5].

Узел приготовления теплоносителя системы отопления с полузависимым присоединением к тепловой сети с теплообменником ТТАИ представлен на рис. 9.

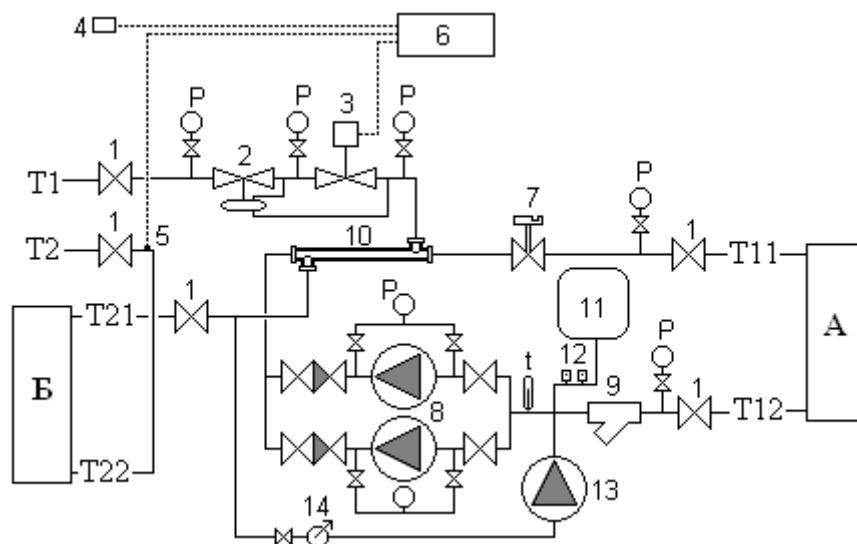


Рис. 9 Схема приготовления теплоносителя в теплообменнике ТТАИ для системы отопления с полузависимым присоединением к тепловой сети.

А и Б – подсистемы отопления верхней и нижней зон здания. 1..14 – то же, что на рис. 8

Теплоноситель из подающего трубопровода тепловой сети Т1 проходит через теплообменник ТТАИ (поз. 10), где охлаждается до температуры, соответствующей температуре в подающем трубопроводе системы отопления и под давлением тепловой сети поступает в подающий трубопровод Т21 подсистемы Б, обогревающей нижнюю зону здания. Вода из обратного трубопровода Т12 подсистемы А, обогревающей верхнюю зону, подается циркуляционным насосом поз. 8 в теплообменник ТТАИ, где нагревается сетевой водой, после чего направляется в подающий трубопровод Т11 подсистемы А. Сетевая вода из обратного трубопровода Т22 подсистемы Б возвращается в тепловую сеть через трубопровод Т2.

3.2.3 Водоподогреватели зависимых систем

Водоподогреватели ТТАИ применяются в зависимых от тепловой сети системах отопления СРТ [6, 7].

Системы отопления со ступенчатой регенерацией теплоты (СРТ) рекомендуется применять в тех случаях, когда давления в трубопроводах на вводе тепловой сети в здание позволяют присоединить систему отопления по зависимой схеме, а гидравлическое сопротивление отопительной системы больше того циркуляционного давления, которое способен создать элеватор. В этом случае использование схемы СРТ позволяет отказаться от применения циркуляционных насосов, что существенно упрощает систему и заметно улучшает ее эксплуатационные качества.

Узел приготовления теплоносителя системы отопления с зависимым присоединением к тепловой сети с теплообменником ТТАИ представлен на рис. 10.

Теплоноситель из подающего трубопровода тепловой сети Т1 проходит через теплообменник ТТАИ (поз. 7), где охлаждается до температуры, соответствующей температуре в подающем трубопроводе системы отопления и поступает в подающий трубопровод Т11 подсистемы А, обогревающей часть здания. Вода из обратного трубопровода Т12 подсистемы А поступает в теплообменник ТТАИ, где нагревается и направляется в подающий трубопровод Т21 подсистемы Б, обогревающей другую часть здания. Теплоноситель из обратного трубопровода Т22 подсистемы Б возвращается в тепловую сеть через трубопровод Т2.

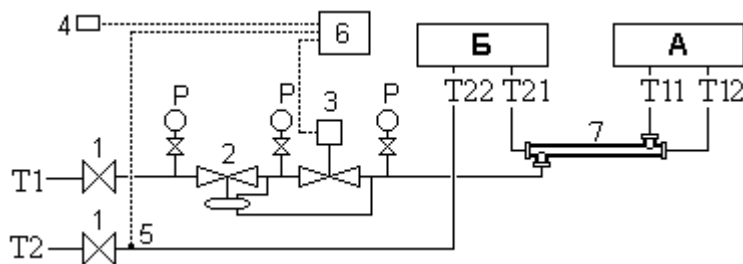


Рис. 10 Схема приготовления теплоносителя в теплообменнике ТТАИ для системы отопления СРТ с зависимым присоединением к тепловой сети.

А и Б – подсистемы отопления СРТ. 1..6 – то же, что на рис. 8, 7 – теплообменник ТТАИ

3.3 Примеры нетрадиционного применения

3.3.1 Две ступени водоподогревателя ГВС в одном аппарате

При определенных соотношениях тепловых мощностей отопления и горячего водоснабжения возможно использование одного аппарата ТТАИ в схеме с двухступенчатым подогревом воды для системы горячего водоснабжения (рис. 11).

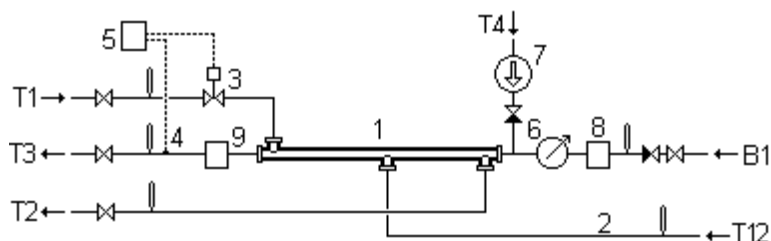


Рис. 11 Схема приготовления горячей воды по двухступенчатой схеме в одном аппарате

1 – водоподогреватель ТТАИ двухступенчатый, 2 – обратный трубопровод от систем отопления и вентиляции, 3 - регулирующий клапан, 4 – датчик температуры, 5 – регулятор температуры, 6 – водосчетчик, 7 – циркуляционный насос, 8 – водоумягчитель, 9 – обескислороживатель

Теплоноситель Т12 из обратного трубопровода 2 систем отопления и вентиляции направляется в середину межтрубной полости аппарата ТТАИ, где он смешивается с теплоносителем Т1, циркулирующим через эту полость, в то время как через трубную полость теплообменника проходит нагреваемая вода из водопровода В1. Таким образом, правая часть аппарата работает как водоподогреватель первой ступени, а левая – как водоподогреватель второй ступени. При этом циркуляционная вода Т4 должна включаться в контур нагреваемой воды непосредственно перед ее входом в теплообменник.

3.3.2 Водоподогреватель ГВС в системе охлаждения конденсатора

В зданиях, где проектируются центральные системы кондиционирования воздуха или технологического холодоснабжения, целесообразно использовать теплоту конденсации холодильного агента для подогрева воды в системе горячего водоснабжения. В этих случаях теплообменник ТТАИ может использоваться в качестве первой ступени водоподогревателя, в который греющая вода поступает из конденсатора холодильной машины (рис. 12)

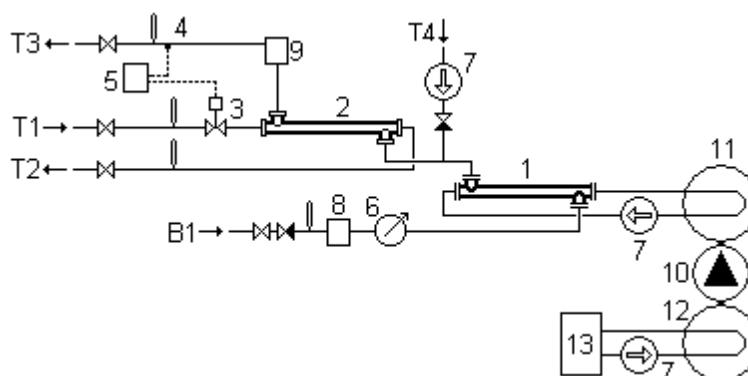


Рис. 12 Схема приготовления горячей воды с использованием теплоты конденсации холодильной машины

1 – водоподогреватель ТТАИ первой ступени, 2 – водоподогреватель ТТАИ второй ступени, 3 – регулирующий клапан, 4 – датчик температуры, 5 – регулятор температуры, 6 – водосчетчик, 7 – циркуляционный насос, 8 – водоумягчитель, 9 – обескислораживатель, 10 – компрессор холодильной машины, 11 – конденсатор, 12 – испаритель, 13 – система холодоснабжения

Вода из водопровода В1 предварительно обогревается в водоподогревателе 1 первой ступени теплоносителем, подогретым в конденсаторе 11 холодильной машины, после чего поступает в водоподогреватель 2 второй ступени, который обогревается теплоносителем тепловой сети по обычной схеме.

3.3.3 Охладитель подпиточной воды независимой системы отопления

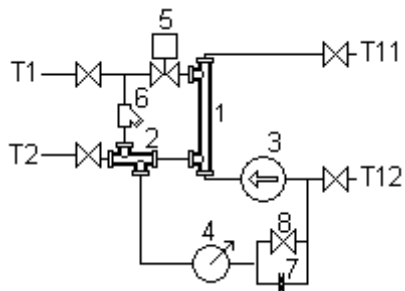


Рис. 13. Схема установки охлаждения подпиточной воды

1 – аппарат ТТАИ отопительный
2 – аппарат ТТАИ подпиточный
3 – насос циркуляционный
4 – водосчетчик подпитки
5 – регулятор температуры
6 – фильтр
7 – дроссельная шайба
8 – вентиль для заполнения

вентиле 8. После заполнения системы вентиль закрывается, и давление в системе отопления поддерживается такое же, как в подающем трубопроводе тепловой сети, который гидравлически связан с системой отопления через дроссельную шайбу 7.

Независимые системы отопления подпитываются обычно из обратного трубопровода тепловой сети. Если давление в обратном трубопроводе, выраженное в метрах водяного столба, меньше высоты здания (в метрах), то приходится устанавливать подпиточные насосы (рис. 8). Иногда случается так, что достаточное для подпитки системы давление имеется в подающем трубопроводе, и, чтобы не устанавливать насос, можно было бы присоединить подпиточную линию к подающему трубопроводу. Нормы проектирования не исключают такой возможности при условии, что будет исключена возможность подачи перегретой воды в систему отопления.

На рис. 13 показана схема с двумя аппаратами ТТАИ. В аппарате 1 теплоноситель системы отопления подогревается сетевой водой, а в аппарате 2 подпиточная вода охлаждается потоком воды из обратного трубопровода тепловой сети. Наполнение системы отопления обеспечивается при открытом

4. Исходные данные для выбора аппарата

4.1 Определяющие параметры

Теплообмен в рекуперативных теплообменниках описывается сложными зависимостями, которые видоизменяются при изменении температурных и гидравлических режимов. Поэтому теплообменники ТТАИ рассчитываются производителем по специальной компьютерной программе. Исходными данными для расчетов водо-водяных теплообменников являются величины, которые удобно задавать в табличной форме, например в форме таблицы 2.

Форма, в которой удобно задавать исходные величины
для расчета водо-водяных теплообменников

Таблица 2

Параметр		Контур циркуляции воды			
		греющей		нагреваемой	
		символ	значение	символ	значение
Расход, т/ч		G1		G2	
Температура, °C	на входе	T_{ВХ}		t_{вх}	
	на выходе	T_{ВЫХ}		t_{вых}	
Максимальная потеря давления, бар		ΔP1		ΔP2	

В последующем изложении даются рекомендации по выбору исходных величин при расчетах теплообменников в системах отопления и горячего водоснабжения.

4.2 Исходные данные для расчета отопительных теплообменников

4.2.1 Температурные условия переходного периода

Теплообменник для системы отопления рекомендуется рассчитывать для температурных условий переходного периода. Это нужно делать по двум причинам.

Во-первых, значения коэффициентов теплопередачи при относительно невысоких температурах теплоносителя меньше, чем при высоких, и тепловая мощность теплообменника, рассчитанного при высоких температурах, будет недостаточной в течение большей части отопительного сезона.

Во-вторых, расчетные параметры теплоносителя (например, 150–70°С) нигде не выдерживаются, и рассчитывать реальную технику на нереальные параметры было бы неправильно.

Температуры теплоносителя $T_{ВХ}$ и $T_{ВЫХ}$ для расчета теплообменника определяются по условиям переходного периода при температуре T_1 в подающем трубопроводе тепловой сети равной 70°С.

Любую температуру t переходного периода, соответствующую расчетному значению t_p , можно вычислить по формуле:

$$t = 0,394 t_p + 10,91 \quad (\text{при параметрах теплосети } 150 - 70^\circ\text{C}) \quad (1a)$$

$$t = 0,464 t_p + 9,64 \quad (\text{при параметрах теплосети } 130 - 70^\circ\text{C}) \quad (16)$$

Например, расчетной температуре $t_p = 95^\circ\text{C}$ в подающем трубопроводе системы отопления в условиях переходного периода при расчетных параметрах тепловой сети 150 – 70° будет соответствовать температура

$$t = 0,394 \cdot 95 + 10,91 = 48,3^\circ\text{C}$$

4.2.2 Исходные данные для независимых систем

В системах отопления с независимым от тепловой сети контуром циркуляции расход воды $G1$, т/ч, греющего контура определяется по формуле:

$$G1 = 3,6 \cdot Q / [c(T1_{TC} - T2_{TC} - 10)], \quad (2)$$

где Q – расчетная (при расчетной температуре наружного воздуха) тепловая мощность системы отопления, кВт;

c – удельная теплоемкость воды, равная $4,187 \text{ кДж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$;

$T1_{TC}$ и $T2_{TC}$ – расчетные (согласно техническим условиям теплоснабжающей организации) температуры теплоносителя тепловой сети, например, 150 и 70°C .

Температура воды в обратном трубопроводе тепловой сети после теплообменника независимой системы отопления $T2_{TC.H} = T2_{TC} + 10$, то есть, при параметрах $150 - 70^\circ\text{C}$ $T2_{TC.H} = 70 + 10 = 80^\circ\text{C}$.

Расход воды $G2$, т/ч, контура нагреваемой воды определяется по формуле:

$$G2 = 3,6 \cdot Q / [c(t1p - t2p)], \quad (3)$$

где $t1p$ и $t2p$ – расчетные температуры теплоносителя системы отопления, например, 90 и 70°C .

Расчетные температуры теплоносителя на входе в каждый из контуров теплообменника и на выходе из него должны быть пересчитаны по формуле 1.

Пример №1. Определим исходные параметры для расчета теплообменника независимой системы отопления мощностью 500 кВт для здания, в которое подается из тепловой сети теплоноситель с расчетными температурами $T1_{TC}=150$, $T2_{TC}=70$, а расчетные температуры системы отопления $t1p=90$, $t2p=70^\circ\text{C}$.

Расходы воды $G1$ и $G2$ определяются по формулам 2 и 3:

$$G1 = 3,6 \cdot 500 / [4,187(150 - 70 - 10)] = 6,141 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$G2 = 3,6 \cdot 500 / [4,187(90 - 70)] = 21,495 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Расчетные температуры теплоносителя переходного периода, соответствующие расчетным параметрам $T1_{TC} = 150$, $T2_{TC.H} = 80$, $t1p=90$, $t2p=70^\circ\text{C}$, вычисляются по формуле 1а.

$$T_{BX} = 0,394 \cdot 150 + 10,91 = 70^\circ\text{C}$$

$$T_{ВЫХ} = 0,394 \cdot 80 + 10,91 = 42,4^\circ\text{C}$$

$$t_{ВЫХ} = 0,394 \cdot 90 + 10,91 = 46,4^\circ\text{C}$$

$$t_{BX} = 0,394 \cdot 70 + 10,91 = 38,5^\circ\text{C}$$

Температура в подающем трубопроводе тепловой сети по условиям переходного периода всегда равна 70°C .

Полученные значения температур должны вписываться в уравнение теплового баланса теплообменника:

$$G1(T1 - T2) = G2(t2 - t1), \quad (4)$$

и одну из температур, например, t_{BX} рекомендуется проверить, вычислив ее из уравнения 4.

Для нашего примера:

$$T_{BX} = t_{ВЫХ} - (G1/G2)(T_{BX} - T_{ВЫХ}) = 46,4 - (6,141/21,495)(70 - 42,4) = 38,5^\circ\text{C},$$

что в точности совпадает с вычисленным по формуле 1 значением.

Кроме данных о расходах и температурах воды, обязательно необходимо задать допустимую по местным условиям потерю давления в каждом из контуров теплообменника.

Максимально допустимая потеря давления в греющем контуре определяется из величины располагаемого на вводе тепловой сети давления и гидравлических потерь на абонентском вводе. Если, например, располагаемое давление на вводе в здание 3 бара, а гидравлические потери абонентского ввода, включающие в себя потери в теплосчетчике, в регулирующем клапане, в фильтре составляют 1 бар, то с учетом запаса на теплообменнике нельзя потерять более 1 бара.

Возможная потеря давления в контуре нагреваемой воды обусловлена величиной давления, развиваемого циркуляционным насосом, а также гидравлическими потерями в системе отопления. Проектировщик имеет возможность выбрать насос, развивающий достаточно большое давление для того, чтобы теплообменник получился компактный и недорогой, однако при этом увеличивается мощность привода насоса и эксплуатационные расходы. Обычно потерю давления в контуре нагреваемой воды ограничивают величиной 0,5 бара.

Все исходные величины, по которым можно рассчитать теплообменник, занесены в форму таблицы 2 (таблица 3).

Исходные величины для расчета теплообменника (к примеру №1)

Таблица 3

Параметр		Контур циркуляции воды			
		греющей		нагреваемой	
		символ	значение	символ	значение
Расход, т/ч		G1	6,14	G2	21,49
Температура, °C	на входе	T_{вх}	70	t_{вх}	38,5
	на выходе	T_{вых}	42,4	t_{вых}	46,4
Максимальная потеря давления, бар		ΔP1	1,0	ΔP2	0,5

Исходные данные для расчета теплообменников систем теплоснабжения калориферов вентиляционных установок при независимом присоединении этих систем к тепловой сети определяются так же, как и для расчета теплообменников систем отопления.

4.2.3 Исходные данные для полузависимых систем

В полузависимых системах отопления (рис. 9) расход воды G1, т/ч, греющего контура определяется по формуле:

$$G1 = 3,6 \cdot Q / [c(T_{1TC} - T_{2TC})], \quad (5)$$

Значения символов формулы 6 – те же, что и в формуле 2.

Расход воды G2, т/ч, контура нагреваемой воды определяется по формуле:

$$G2 = 3,6 \cdot Q_A / [c(t_{1pA} - t_{2pA})], \quad (6)$$

где Q_A – расчетная тепловая мощность, кВт, той подсистемы отопления, которая присоединена по независимой схеме;

t_{1pA} и t_{2pA} – расчетные температуры теплоносителя подсистемы А, подключенной по независимой схеме, например, 90 и 70°C.

Перед определением температур теплоносителя, используемых в качестве исходной информации для выбора теплообменника, необходимо определиться со значениями температур при расчетных параметрах теплоносителя.

Очевидно, что $T_{ВХ.Р} = T_{1ТС}$, а $T_{ВЫХ.Р}$ следует вычислить по формуле:

$$T_{ВЫХ.Р} = T_{ВХ.Р} - (T_{1ТС} - T_{2ТС}) \cdot Q_A / Q \quad (7)$$

Расчетные температуры теплоносителя переходного периода, соответствующие расчетным параметрам, вычисляются по формуле 1.

Пример №2. Определим исходные параметры для расчета теплообменника полувисимой системы отопления общей мощностью $Q = 800$ кВт при условии, что тепловая мощность Q_A подсистемы, присоединенной по независимой схеме, составляет 580 кВт. Расчетные температуры системы теплоснабжения $T_{1ТС}=150$, $T_{2ТС}=70$, а расчетные температуры независимой системы отопления $t_{1рА}=90$, $t_{2рА}=70$ °C.

Расходы воды $G1$ и $G2$ определяются по формулам 5 и 6:

$$G1 = 3,6 \cdot 800 / [4,187(150 - 70)] = 8,60 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$G2 = 3,6 \cdot 580 / [4,187(90 - 70)] = 24,93 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Температура $T_{ВХ.Р}$ принимается равной $T_{1ТС}=150$ °C

Температура $T_{ВЫХ.Р}$ вычисляется по формуле 7:

$$T_{ВЫХ.Р} = 150 - (150 - 70) \cdot 580 / 800 = 92$$
°C.

Расчетные температуры для переходного периода определяются по формуле 1а:

$$T_{ВХ} = 0,394 \cdot 150 + 10,91 = 70$$
°C

$$T_{ВЫХ} = 0,394 \cdot 92 + 10,91 = 47,2$$
°C

$$t_{ВЫХ} = 0,394 \cdot 90 + 10,91 = 46,4$$
°C

$$t_{ВХ} = 0,394 \cdot 70 + 10,91 = 38,5$$
°C

Проверим температуру $t_{ВХ}$ из уравнения (4) теплового баланса теплообменника:

$$t_{ВХ} = t_{ВЫХ} - (G1/G2)(T_{ВХ} - T_{ВЫХ}) = 46,4 - (8,60/24,93)(70 - 47,2) = 38,5$$
°C,

что совпадает с вычисленным по формуле 1а значением.

Максимальные величины потерь давления в контурах теплообменника можно задать по аналогии с примером расчета независимой системы отопления, то есть $\Delta P1 = 1$, $\Delta P2 = 0,5$ бара.

Исходные величины для расчета теплообменника (к примеру №2)

Таблица 3

Параметр		Контур циркуляции воды			
		греющей		нагреваемой	
		символ	значение	символ	значение
Расход, т/ч		G1	8,6	G2	24,93
Температура, °C	на входе	T_{ВХ}	70	t_{ВХ}	38,5
	на выходе	T_{ВЫХ}	47,2	t_{ВЫХ}	46,4
Максимальная потеря давления, бар		ΔP1	1,0	ΔP2	0,5

4.2.4 Исходные данные для зависимых систем

В зависимой системе отопления (рис. 9) с теплообменником (системе СРТ) расход воды $G1$, т/ч, греющего контура определяется по формуле 5, а расход воды в контуре нагреваемой воды всегда равен расходу греющей воды, то есть $G2 = G1$.

Расчетные для переходного периода температуры воды на входе в систему отопления из тепловой сети ($T1$) и на выходе из нее ($T2$) определяются по формуле 1.

Расчетные температуры теплоносителя на входе в теплообменник и на выходе из него следует определять по формулам:

$$T_{BX} = T1 \quad (8)$$

$$t_{BX} = T2 \quad (9)$$

$$T_{ВЫХ} = t_{BX} + (Q_A / Q) (T1 - T2) \quad (10)$$

$$t_{ВЫХ} = T2 + (Q_B / Q) (T1 - T2) \quad (11)$$

где Q , Q_A и Q_B – расчетные тепловые мощности системы отопления и подсистем А и Б (рис.10).

Пример №3. Необходимо рассчитать исходные параметры для выбора теплообменника зависимой системы отопления общей мощностью $Q = 650$ кВт. Система состоит из двух подсистем А и Б. $Q_A = 350$ кВт, $Q_B = 300$ кВт. Расчетные температуры системы теплоснабжения $T1_{ТС}=150$, $T2_{ТС}=70$. Располагаемое давление на вводе тепловой сети равно 3,0 бара, а гидравлическое сопротивление подсистем А и Б составляет 0,3 и 0,4 бара.

Расходы воды $G1$ и $G2$ определяются по формуле 5:

$$G1 = 3,6 \cdot 650 / [4,187(150 - 70)] = 6,99 \text{ т/ч}$$

$$G2 = G1 = 6,99 \text{ т/ч}$$

Расчетные для переходного периода температуры воды на входе в систему отопления из тепловой сети ($T1$) и на выходе из нее ($T2$) определяются по формуле 1а.

$$T1 = 0,394 \cdot 150 + 10,91 = 70^{\circ}\text{C}$$

$$T2 = 0,394 \cdot 70 + 10,91 = 38,5^{\circ}\text{C}.$$

Расчетные температуры воды на входе в теплообменник и на выходе из него определяются по формулам 8...11:

$$T_{BX} = 70$$

$$t_{BX} = 38,5$$

$$T_{ВЫХ} = 38,5 + (350 / 650) (70 - 38,5) = 55,5$$

$$t_{ВЫХ} = 38,5 + (300 / 650) (70 - 38,5) = 53,0$$

С учетом суммарных гидравлических потерь в подсистемах, равных 0,7 бара, сопротивление теплообменника в обоих контурах не должно превышать $3 - 0,7 = 2,3$ бара, а, принимая во внимание потери на вводе, гидравлическое сопротивление теплообменника должно быть ограничено величиной 1,8 бара, или примерно 0,9 бара в каждом контуре.

Исходные величины для расчета теплообменника (к примеру №3)

Таблица 3

Параметр		Контур циркуляции воды			
		греющей		нагреваемой	
		символ	значение	символ	значение
Расход, т/ч		G1	6,99	G2	6,99
Температура, °C	на входе	T_{BX}	70	t_{BX}	38,5
	на выходе	T_{ВЫХ}	55,5	t_{ВЫХ}	53,0
Максимальная потеря давления, бар		ΔP1	0,9	ΔP2	0,9

4.3 Исходные данные для расчета теплообменников горячего водоснабжения

4.3.1 Исходные данные для одноступенчатого водоподогревателя

Теплообменники систем горячего водоснабжения рассчитывают для температурных условий переходного периода.

Расход воды $G1$, т/ч, греющего контура определяется по формуле:

$$G1 = 3,6 \cdot Q / [c(70 - t_{2.OT})], \quad (12)$$

где Q – расчетная тепловая мощность, кВт, системы горячего водоснабжения в максимальный час;

c – удельная теплоемкость воды, равная 4,187 кДж/(кг·°C);

$t_{2.OT}$ – температура, °C, воды в обратном трубопроводе системы отопления в переходной период, которую принимают равной 42,5°C для независимых систем и 38,5°C для зависимых и полузависимых систем отопления.

Расход G_2 , т/ч, контура нагреваемой воды определяется по формуле:

$$G_2 = 3,6 \cdot Q / [c(t_{\Gamma} - t_X)], \quad (13)$$

где t_{Γ} – расчетная температура, °C, подогретой воды, которую принимают равной 55°C для индивидуальных и 60°C для центральных тепловых пунктов;

t_X – расчетная температура, °C, холодной воды, которую принимают равной 5°C при водоснабжении из открытых водоемов и 10°C при водоснабжении из подземных источников.

Соответственно этим условиям принимаются расчетные для выбора теплообменника температуры теплоносителей:

$$T_{BX} = 70^{\circ}\text{C};$$

$$T_{ВЫХ} = t_{2.OT} = 42,5 \text{ или } 38,5^{\circ}\text{C};$$

$$t_{BX} = t_X = 5 \text{ или } 10^{\circ}\text{C};$$

$$t_{ВЫХ} = t_{\Gamma} = 55 \text{ или } 60^{\circ}\text{C};$$

Максимально допустимая потеря давления в греющем контуре определяется из величины располагаемого на вводе тепловой сети давления и гидравлических потерь на абонентском вводе. Возможная потеря давления в контуре нагреваемой воды обусловлена величиной давления в городском водопроводе или давления, развиваемого повысительным насосом с учетом высоты здания и гидравлических потерь. Обычно потерю давления в контуре нагреваемой воды ограничивают величиной 0,5 бара.

4.3.2 Исходные данные для двухступенчатого водоподогревателя

Рекомендуемые зависимости для расчета исходных данных приведены в табличной форме (таблица 4).

Рекомендуемые зависимости для расчета исходных данных к выбору двухступенчатых водоподогревателей горячего водоснабжения

Таблица 4

Параметр		Контур циркуляции	
		греющей воды	нагреваемой воды
Водоподогреватель первой ступени			
Расход, т/ч		$G1= 0,5,3,6Q/[c(70-t_{2.OT})]+G_{OT}$	$G2 = 3,6.Q/[c(t_{ГВ}- t_X)]$
Температура, °С	на входе	$T_{ВХ} = t_{2.OT}$	$t_{ВХ} = t_X$
	на выходе	$T_{ВЫХ} = t_{2.OT}- 0,5,3,6Q/(cG1)$	$t_{ВЫХ} = t_{ВХ} +0,5(t_{ГВ}- t_X)$
Потеря давления, бар		$\Delta P1 = 0,2...0,6$	$\Delta P2 = 0,2...0,6$
Водоподогреватель второй ступени			
Расход, т/ч		$G1=0,5,3,6Q/[c(70-t_{2.OT})]$	$G2 = 3,6.Q/[c(t_{ГВ}- t_X)]$
Температура, °С	на входе	$T_{ВХ} = 70$	$t_{ВХ} = t_{ВХ} +0,5(t_{ГВ}- t_X)$
	на выходе	$T_{ВЫХ} = t_{2.OT}$	$t_{ВЫХ} = t_{ГВ}$
Потеря давления, бар		$\Delta P1 = 0,5...1,0$	$\Delta P2 = 0,2...0,6$

В таблице 4 использованы символы, обозначающие те же величины, что и в формулах 12 и 13. G_{OT} – расход сетевой воды, т/час, для нужд отопления здания.

При использовании для циркуляции горячей воды низконапорных насосов, развивающих давление, не превышающее величины гидравлических потерь нагреваемой

воды во второй ступени водонагревателя при ее максимальном часовом расходе, расходы нагреваемой воды в обеих ступенях принимаются равными. В большинстве случаев так и бывает, и это отражено зависимостями, представленными в таблице 4.

При применении высоконапорных циркуляционно-повысительных насосов расход G_2 во второй ступени водонагревателя должен быть увеличен на величину циркуляционного расхода в системе горячего водоснабжения, принимаемого по данным проекта внутреннего водоснабжения здания.

5. Особенности проектирования тепловых пунктов с интенсифицированными аппаратами

5.1 Компонировочные решения размещения аппаратов в тепловом пункте

Теплообменные аппараты ТТАИ, поражающие специалистов своею необыкновенной компактностью и удивительной легкостью, придают тепловым пунктам, в которых они применяются, признаки логической завершенности, просторности и простоты, присущие только совершенным изделиям.

Рассмотрим несколько примеров компоновочных решений тепловых пунктов из числа тех, которые реализованы по проектам Центра энергосбережения КиевЗНИИЭП.

На рис. 14 показана компоновка теплового пункта общественного здания с зависимой системой отопления, работающей с насосным смешением, и двухступенчатым водоподогревателем горячего водоснабжения тепловой мощностью 180 кВт, составленным из теплообменных аппаратов ТТАИ. Первая ступень состоит из одного двухходового аппарата ТТАИ 50/2200-2, а вторая ступень – из двух соединенных последовательно аппаратов ТТАИ 40/1800.

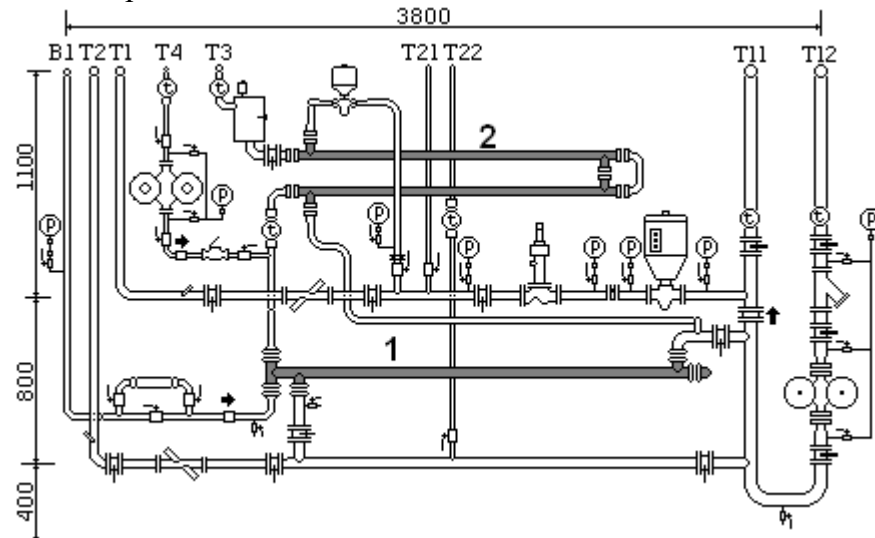


Рис. 14 Компонировочное решение теплового пункта общественного здания с водоподогревателями горячего водоснабжения первой (1) и второй (2) ступени.

Благодаря применению теплообменников ТТАИ, участок стены длиной 4 и высотой 2,4 м оказался подходящим местом для размещения основного оборудования теплового пункта со всеми его приборами. Площадь пола не используется вовсе, и при двухметровой ширине помещения тепловым пунктом его площадь не превышает 8 м².

Компоновочное решение размещения оборудования крупного общественного здания с мощными системами кондиционирования воздуха, отопления и горячего водоснабжения показано на рис. 15.

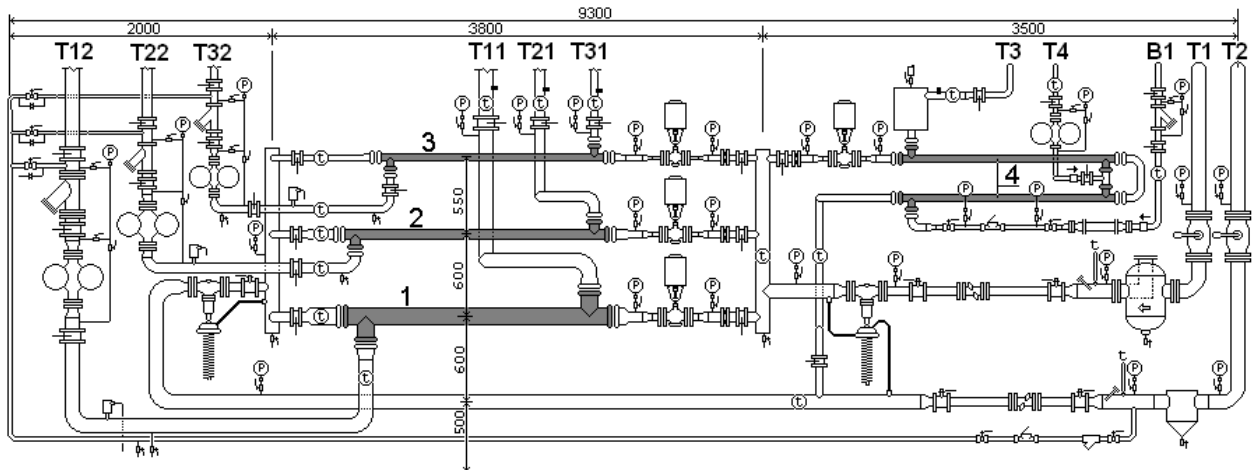


Рис. 15 Компонировочное решение теплового пункта крупного общественного здания с водоподогревателем (1) системы теплоснабжения калориферов центральных кондиционеров, двумя водоподогревателями различных отопительных систем (2 и 3) и одноступенчатым водоподогревателем (4) горячего водоснабжения

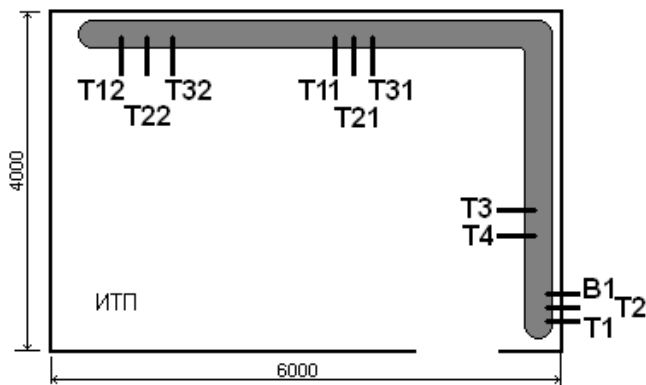


Рис. 16. Размещение оборудования на плане помещения ИТП

Для размещения оборудования в одной плоскости потребовалась бы плоская стена длиной 9,5 метров. Планировочной структурой здания определена возможность удобного размещения ИТП в техническом помещении площадью 24 м² (рис. 16). Пол помещения свободен, передвигаться по нему можно в любом направлении, и для обслуживания каждой детали теплового пункта нет никаких препятствий.

При необходимости еще более компактного расположения оборудования

длину помещения можно было бы уменьшить на 2 метра, разместив насосы на левой стене.

Тепловой пункт, размещенный даже в таком совсем небольшом помещении площадью 16 м², обслуживать удобно и безопасно.

На рис. 17 показано, каким компактным и удобным для обслуживания может быть выполнен узел приготовления теплоносителя системы отопления 22-этажного жилого дома при полузависимом присоединении системы к тепловой сети. На этом рисунке символами T21 и T22 обозначены подающий и обратный трубопроводы подсистемы, обогревающей верхнюю зону здания, а по трубопроводу T11 вода поступает в нижнюю зону. Циркуляционный насос с сухим ротором, расположенный непосредственно под теплообменником, занимает незначительную часть площади теплового пункта, оставляя незанятым свободное пространство в середине помещения.

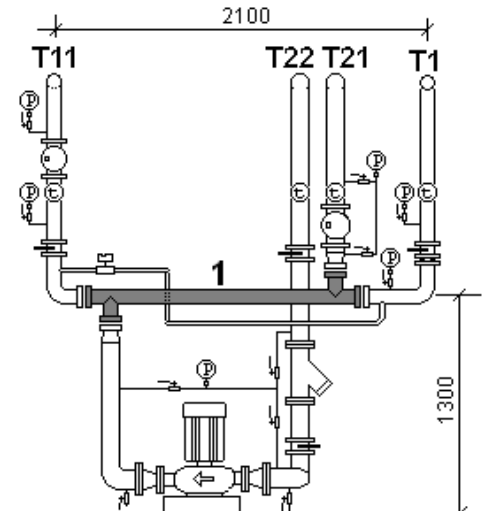


Рис. 17 Компонировка аппарата ТТАИ (1) при полузависимом присоединении системы отопления

Наиболее компактным способом размещается оборудование теплового пункта, в котором теплоноситель приготавливается в теплообменных аппаратах ТТАИ,

используемых в качестве регенераторов теплоты при зависимом присоединении системы отопления по схеме СРТ (рис. 18).

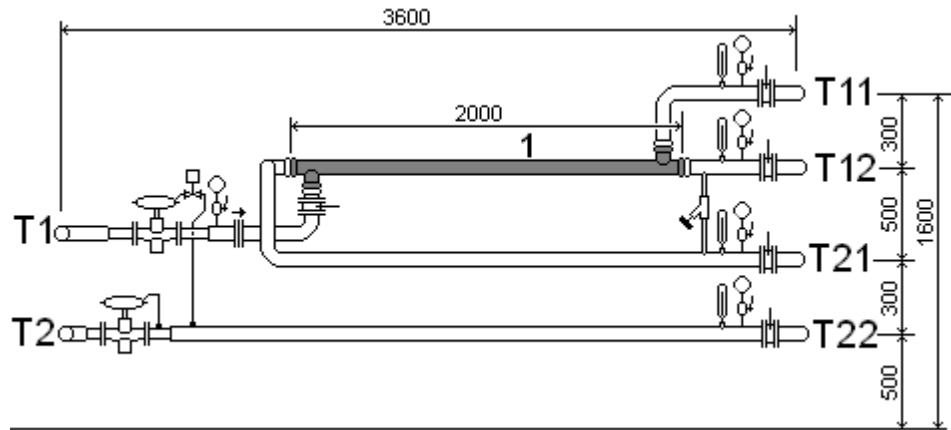


Рис. 18 Компоновка аппарата ТТАИ (1) при зависимом присоединении системы отопления по схеме СРТ

Теплоноситель для системы СРТ тепловой мощностью 1,6 Гкал/час приготавливается в аппарате ТТАИ 80/2000 без использования циркуляционных насосов и без затрат электроэнергии при эксплуатации. Первая подсистема обогревается теплоносителем Т11 – Т12, а вторая – теплоносителем Т21 – Т22. Площадь пола теплового пункта свободна от какого-либо оборудования, а теплообменник и все приборы контроля и регулирования легко доступны для обслуживающего персонала.

Здесь представлены лишь несколько примеров компоновочных решений тепловых пунктов или узлов приготовления теплоносителя с использованием теплообменников ТТАИ. Все оборудование размещено на стенах помещения в одной или двух плоскостях по принципу построения планшетных тепловых пунктов [9], характеризующихся наилучшими экономическими показателями.

Некоторые характеристики реконструированных или построенных по проектам Центра энергосбережения КиевЗНИИЭП в 1999 – 2005 годах тепловых пунктов с аппаратами ТТАИ представлены в приложении 1.

5.2 Проектирование установок на жесткой воде

Нормативные требования к сетевой воде систем централизованного теплоснабжения по содержанию в ней солей жесткости практически исключают возможность образования накипи на той части теплообменной поверхности, которая омывается этой водой. Поэтому теплообменники систем отопления, которые заполняются и подпитываются сетевой водой, не требуют проведения специальных мер по их защите от отложения солей. Не нужно беспокоиться и о той стороне теплообменников горячего водоснабжения, которая омывается сетевой водой.

Водопроводная вода, подогреваемая в теплообменниках ГВС, может содержать разное количество растворенных солей жесткости, способных отлагаться на нагреваемой поверхности, и потому вопросам борьбы с возможным образованием накипи в этих теплообменниках следует уделять должное внимание при проектировании тепловых пунктов.

Для предотвращения образования накипи в аппаратах ТТАИ или обеспечения ее гарантированного удаления производитель рекомендует соблюдать следующие правила:

1. Использовать эффект самоочистки. Трубки теплообменников профилированы таким образом, что при движении воды с определенной скоростью образующаяся на их поверхности накипь уносится потоком воды. Постоянно работающие циркуляционные

насосы, прокачивающие определенное количество воды через вторую ступень водоподогревателя, где наиболее вероятно образование накипи, создают нужную скорость потока и не дают образоваться накипи. Поэтому не рекомендуется проектировать теплообменные установки без циркуляционных насосов.

2. Создавать условия для легкой механической очистки. Аппараты ТТАИ – разборные. Трубный пучок легко вынимается из корпуса, и внешняя поверхность теплообменных трубок становится доступной для механической очистки при любой толщине слоя накипи в отличие от внутренней поверхности, очистка которой при толстом слое накипи не всегда возможна. Поэтому теплообменные установки горячего водоснабжения, особенно водоподогреватели второй ступени, рекомендуется проектировать так, чтобы водопроводная вода проходила по межтрубной полости, а греющая вода – по трубкам теплообменника. Другими словами, это должны быть теплообменники ТТАИр. Производитель, как правило, предлагает проектировщику для применения во второй ступени именно эти аппараты.

3. Устанавливать на водопроводной воде перед водоподогревателем устройства, препятствующие отложению солей.

4. Настраивать приборы автоматического регулирования тепловой мощности водоподогревателей горячего водоснабжения на поддержание температуры подогретой воды, находящейся в нижней части допустимого диапазона температур, потому что вероятность отложения солей при температуре подогретой воды 75°C в несколько раз выше, чем при температуре 55°C .

5. При проектировании водоподогревательных установок в общественных зданиях с фиксированным рабочим днем предусматривать автоматическое их отключение от источника тепла в часы нерабочего времени. Это мероприятие послужит не только улучшению условий эксплуатации теплообменных аппаратов, но и экономии энергоресурсов.

6. Особенности монтажа и эксплуатации

Масса аппаратов ТТАИ намного меньше, чем у теплообменников любого иного типа. Поэтому их монтаж не требует специальных грузоподъемных механизмов и выполняется очень просто. Особенности монтажа теплообменников связаны именно с упрощенными приемами их установки.

1. Опираение. Не нужно устанавливать теплообменники ТТАИ на опорные конструкции. Теплообменник весит меньше, чем присоединенная к нему труба соответствующего диаметра и длины. Поэтому опорные конструкции должны подводиться под трубы, а не под тонкостенные аппараты из нержавеющей стали.

2. Соединение. Для соединения теплообменников ТТАИ с трубопроводами используются нестандартные малогабаритные фланцы. Контрфланцы, поставляемые комплектно с аппаратами, снабжены короткими стальными патрубками под приварку. Приваривать трубы к патрубкам нужно при разобранных фланцевых соединениях, чтобы не повредить резиновую прокладку, расположенную внутри аппарата вблизи фланцевого соединения.

3. Изоляция. Небрежно изолированный теплообменник ТТАИ похож на небрежно изолированный трубопровод и практически не отличим от него. В то же время, теплообменный аппарат является одним из важнейших деталей теплового пункта, он выглядит эстетично и должен быть заметным. Тепловые потери через кожух компактного аппарата настолько малы по сравнению с его тепловой мощностью, что изоляцию можно было бы не устанавливать. Если же изоляция все же выполняется, то она должна быть высокого качества со строго цилиндрической поверхностью. При этом концевые участки теплообменника вблизи фланцев изолироваться не должны. Покрывать поверхность нержавеющей кожуха теплообменника краской любого состава не следует.

Производитель комплектует аппараты ТТАИ Паспортом, в котором зафиксированы расчетные параметры конкретного аппарата и содержатся гарантийные обязательства, а также Техническим описанием и Инструкцией по эксплуатации. Правильно смонтированные и эксплуатирующиеся в соответствии с инструкциями производителя аппараты ТТАИ не предполагают никакого периодического обслуживания. Техническое состояние аппарата может ухудшаться только по причине образования накипи или вследствие механических загрязнений. Оба эти процесса могут и не случиться в течение всего срока эксплуатации, и, во всяком случае, они непредсказуемы. Поэтому задать регламент проведения техобслуживания аппаратов практически невозможно. Работы по обслуживанию и ремонту должны выполняться только по объективным показателям. В частности, если приборами зафиксирован рост гидравлического сопротивления аппарата при одновременном снижении тепловой мощности, необходимо выполнить механическую, а если необходимо, то и химическую очистку аппарата, которую нужно вести в точном соответствии с правилами, изложенными в Техническом описании.

Выполнять немотивированные сезонные разборки аппаратов ТТАИ не рекомендуется.

Образование накипи практически исключается, если следовать рекомендациям, изложенным в разделе 5.2.

7. Техничко-экономические показатели тепловых пунктов с аппаратами ТТАИ

Анализ, выполненный при проектировании одного из первых в Киеве тепловых пунктов с теплообменниками ТТАИ [8], показал, что эти аппараты по всем техническим и экономическим показателям не только не уступают лучшим импортным образцам разборных пластинчатых теплообменников, но и заметно превосходят их.

Теперь, когда уже более ста теплообменников ТТАИ, смонтированных по проектам Центра энергосбережения КиевЗНИИЭП, эффективно работают в десятках киевских тепловых пунктов, был выполнен более тщательный сравнительный анализ [10] по основным показателям эффективности.

Теплообменники, собираемые из импортных деталей одним из отечественных производителей (№1), а также полностью поставляемые из-за рубежа (№2), рассчитывались по одним и тем же исходным данным, что и теплообменники ТТАИ (№3). В составе теплового пункта проектировались водоподогреватели систем отопления и горячего водоснабжения, и технико-экономические показатели относятся к комплексу, состоящему из этих двух водоподогревателей.

Оценивались основные три технико-экономических показателя, - компактность, массивность и стоимость.

Компактность, измеренная в литрах емкости аппаратов (по наружному обмеру), отнесенных к одному киловатту тепловой мощности, колебалась в интервале от 0,047 (№3) до 0,131 л/кВт (№1). *Массивность*, измеренная в килограммах массы аппаратов, отнесенных к одному киловатту тепловой мощности, колебалась в интервале от 0,059 (№3) до 0,745 кг/кВт (№1). *Стоимость* покупки аппаратов, выраженная в гривнах (с учетом НДС), отнесенная к одному киловатту тепловой мощности, колебалась* в интервале от 23,6 (№3) до 33,8 грн/кВт (№1). Эти показатели, выраженные в процентах относительно соответствующего показателя аппарата ТТАИ, приведены на рис. 19.

* Показатели удельных затрат на покупку теплообменников, выраженные в грн/кВт, не являются обобщающими, поскольку они соответствуют конкретным условиям расчета этих аппаратов. В то же время, они вполне сопоставимы при оценке рассматриваемых трех аппаратов, потому что все они рассчитывались по одинаковым исходным данным.

Таким образом, теплообменники ТТАИ в 2 – 3 раза компактнее, на порядок легче и на 30 – 40% дешевле, чем лучшие пластинчатые аппараты.

Применение аппаратов ТТАИ вместо пластинчатых оказалось решающим фактором при снижении стоимости тепловых пунктов строящихся в Киеве зданий. Для сопоставления были отобраны два реализованных проекта, выполненные в КиевЗНИИЭПе для жилых домов со встроенными офисами и паркингом. В одном из них был запроектирован и построен традиционный тепловый пункт с пластинчатыми теплообменниками, а в другом – рациональный с интенсифицированными теплообменниками ТТАИ (табл.5).

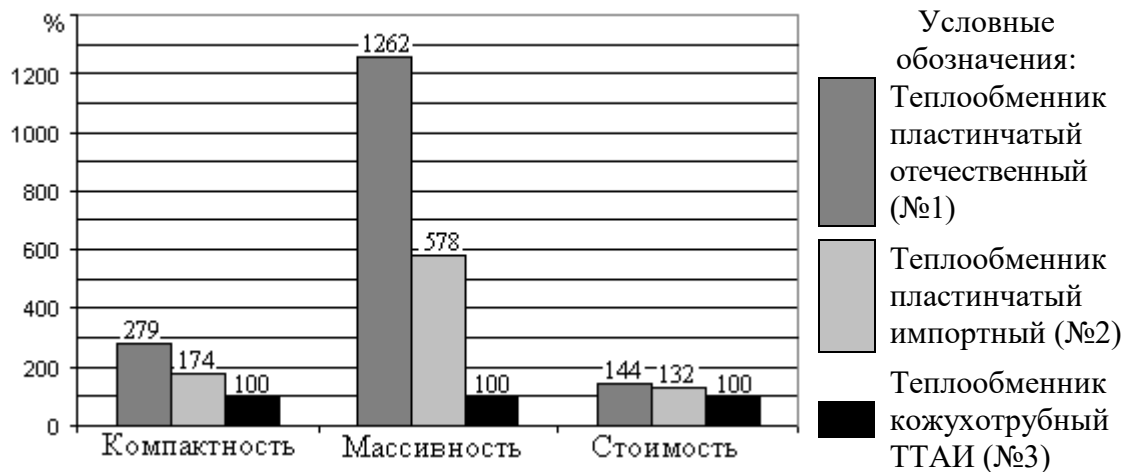


Рис. 19 Сопоставление теплообменников по показателям компактности, массивности и стоимости

Характеристика отобранных для анализа проектов

Таблица 5

Сведения о зданиях		Тепловый пункт (ИТП) с теплообменниками	
		пластинчатыми	ТТАИ
Место строительства (улица)		Клиническая	Кловская
Количество этажей		20	22
Площадь, тыс. м ²		14	24
Общая тепловая мощность, кВт		944	1535
Сметная стоимость, млн. грн	здания	10,4	20,5
	ИТП	0,188	0,144
Часть ИТП в стоимости здания, %		1,346	0,604
Площадь теплового пункта, м ²		88	36
Часть ИТП в площади здания, %		0,62	0,15
Удельная сметная стоимость ИТП, грн/кВт		199,2	93,8

Рационально запроектированные тепловые пункты с интенсифицированными теплообменными аппаратами ТТАИ более чем вдвое экономичнее традиционных ИТП с пластинчатыми теплообменниками. Этот эффект следовало бы еще усилить с учетом стоимости той площади здания, которая высвобождается в результате применения компактных теплообменных аппаратов.

Заключение

Слово «Рекомендации», с которого начинаются разного рода технические брошюры, обычно имеет смысл инструкции или пособия, – документа не нормативного, а рекомендательного. Эта брошюра тоже содержит необходимые для проектировщика инструктивные и вспомогательные материалы, которые позволят ему вполне осознанно и квалифицированно применять интенсифицированные теплообменники при разработке проектов тепловых пунктов.

Вместе с тем, в заголовке *этой* брошюры емкое слово «Рекомендации» несет с собою более глубокий смысл, потому что интенсифицированные теплообменники мы действительно *рекомендуем* применять.

Мы рекомендуем их применять, потому что в основе их конструкции заложены технические решения, опирающиеся на высокие технологии, свойственные лучшим образцам самой современной техники.

Мы рекомендуем проектировать узлы приготовления теплоносителя с теплообменными аппаратами ТТАИ, потому что сегодня на рынке Украины, насыщенном изделиями именитых фирм из многих стран мира, нет более совершенного и более экономичного теплообменного аппарата для тепловых пунктов (приложение 2).

Наши рекомендации опираются не на зыбкую почву умозрительных предположений, а на реальный и достаточно продолжительный опыт применения большого количества теплообменных аппаратов ТТАИ. Этот опыт вполне положителен, и ему можно следовать.

Литература:

1. Барон В.Г. Теплообменные аппараты типа ТТАИ и специфические особенности индивидуальных тепловых пунктов. «Новости теплоснабжения» №10, 2000 г. Москва
2. Соколов Е.Я. Теплоснабжение и тепловые сети. Энергоиздат, Москва - 1985
3. КиевЗНИИЭП. Руководство по проектированию бойлерных горячего водоснабжения с теплоаккумуляторами для жилых домов и гостиниц. Издание КиевЗНИИЭП, 1998 г.
4. Барон В.Г. Горячее водоснабжение объектов с явно выраженной неравномерностью водопотребления – пора решать проблему оптимально. Новости теплоснабжения, №5, 2005 г. Москва
5. Новая версия отопительной системы для высотного здания. Информационный сборник КиевЗНИИЭП «Энергосбережение в зданиях» №18 (1/2003).
6. Гершкович В.Ф. Системы отопления со ступенчатой регенерацией теплоты. Изд. «Будівельник», Киев-1990.
7. Отопление СРТ. Современная версия. Информационный сборник КиевЗНИИЭП «Энергосбережение в зданиях» №24 (1/2005).
8. Опыт эффективной реконструкции теплового пункта общественного здания. «Энергосбережение в зданиях» №12 (1/2001).
9. Барон В.Г. Планшетные тепlopункты – новая идеология создания ИТП. «С.О.К.», г.Киев, №5, 2005г,
10. Невостребованный опыт создания рациональных тепловых пунктов. «Энергосбережение в зданиях» №22 (3/2004).

Характеристики теплообменников ТТАИ, установленных в некоторых тепловых пунктах, смонтированных по проектам Центра энергосбережения КиевЗНИИЭП в 1999 – 2005 годах

Объект*	Назначение теплообменника		Тепловая мощность, Гкал/ч	Марка	Колич. шт.	Масса, кг	Площадь ИТП, м ²	Год
1	ГВС одноступенчатый		0,08	ТТАИ40/3800	1	9	26	1999
2	Отопление СРТ		1,6	ТТАИ80/2000	1	11	18	2000
	ГВС одноступенчатый		0,1	ТТАИ40/4000	1	9		
3	ГВС	первая ступень	0,1	ТТАИ65/2200	2	8	22	2000
		вторая ступень	0,1	ТТАИ65/2200	2	8		
4	ГВС	первая ступень	0,4	ТТАИ125/2400	1	29	20	2001
		вторая ступень	0,4	ТТАИ125/2800	1	33		
5	ГВС	первая ступень	0,36	ТТАИ80/3400	1	18	56**	2001
		вторая ступень	0,36	ТТАИ65/3800	1	14		
6	Отопление полузависимое		1,02	ТТАИр100/1700	1	22	25	2002
	ГВС	1 ступень верх	0,34	ТТАИ80/2800	1	15		
		2 ступень верх	0,34	ТТАИ65/3900	1	15		
	ГВС	1 ступень низ	0,29	ТТАИ80/3150	1	17		
		2 ступень низ	0,29	ТТАИ65/3750	1	14		
7	ГВС одноступенчатый		0,054	ТТАИ25/2900	1	4	26	2002
8	Кондиционирование		0,18	ТТАИ40/1300-3	1	3	24	2002
	Отопление СРТ		0,025	ТТАИ25/2400	1	4		
	ГВС	первая ступень	0,065	ТТАИ50/2500	1	7	18	
		вторая ступень	0,065	ТТАИ40/3300	1	8		
	Холодоснабжение		0,35	ТТАИ150/2200-2	2	75	16	
9	ГВС	первая ступень	0,053	ТТАИ50/1300-2	1	4	18	2003
		вторая ступень	0,053	ТТАИ40/2950	1	7		
10	ГВС	первая ступень	0,11	ТТАИ65/2100	1	8	30**	2003
		вторая ступень	0,11	ТТАИ50/3600	1	10		
11	Отопление зависимое	север	0,51	ТТАИр100/2600	1	21	45**	2003
		юг	0,51	ТТАИр100/2600	1	21		
		резерв	1,02	ТТАИр150/2900	1	49		
	ГВС на тепловом насосе		0,08	ТТАИ80/1900	1	10	10	2005
	ГВС	первая ступень	0,9	ТТАИ150/1250	1	21		
		2 ступень номера	0,51	ТТАИ100/3200	1	26		
		2 ступень рестор.	0,41	ТТАИ100/3050	1	25		
Теплоснабжение фанкойлов		0,17	ТТАИ65/550-3	2	5	8		
12	ГВС	первая ступень	0,04	ТТАИ25/3200-3	1	5	18	2003
		вторая ступень	0,04	ТТАИ25/3200	1	5		
	Подогрев полов		0,03	ТТАИ25/3100	1	4		
13	ГВС	первая ступень	0,324	ТТАИр80/3750-3	1	20	40	2003
		вторая ступень	0,324	ТТАИр80/3300	1	18		
14	ГВС	первая ступень	0,27	ТТАИр100/2750	1	22		2003
		вторая ступень	0,27	ТТАИр80/2950	1	16		
15	ГВС одноступенчатый		0,65	ТТАИ125/2600-3	2	60		2003
16	ГВС	первая ступень	0,1	ТТАИ65/1700	1	6	48**	2003
		вторая ступень	0,1	ТТАИ50/3200	1	9		
17	Отопление полузависимое		0,83	ТТАИ80/1550	1	8	36	2004
	Отопление СРТ	1-3 этажи	0,03	ТТАИ25/1500	1	2		
		блок офисов	0,14	ТТАИ25/1700	1	2		
	ГВС	1 ступень верх	0,095	ТТАИр50/1800	1	5		
		2 ступень верх	0,095	ТТАИр40/3200	1	7		
	ГВС	1 ступень низ	0,095	ТТАИр50/1800	1	5		
		2 ступень низ	0,095	ТТАИр40/3200	1	7		
ГВС офисной части		0,05	ТТАИр25/1350	2	4			

Окончание таблицы

Объект	Назначение теплообменника		Тепловая мощность, Гкал/ч	Марка	Колич. шт.	Масса, кг	Площадь ИТП, м ²	Год
18	Кондиционирование		5,93	ТТАИр150/2800	3	48	36	2004
	Отопление СРТ		0,13	ТТАИ25/1400	1	2		
	ГВС одноступенчатый		0,525	ТТАИр100/3900	1	32		
19	Отопление независимое		0,26	ТТАИр80/2100	1	12	28	2004
	ГВС одноступенчатый		0,04	ТТАИр25/1500	2	2		
20	ГВС	первая ступень	0,025	ТТАИ25/1950	1	3	16	2004
		вторая ступень	0,025	ТТАИ25/2850	1	4		
21	ГВС	первая ступень	0,142	ТТАИр100/3200	1	26	22	2004
		вторая ступень	0,142	ТТАИр100/2950	1	24		
22	Кондиционирование		0,98	ТТАИр150/2250	1	38	24	2004
	Отопление независимое	радиаторы	0,29	ТТАИр80/2000	1	11		
		конвекторы	0,1	ТТАИр50/2150	1	6		
	ГВС одноступенчатый		0,157	ТТАИр50/1600	2	10		
23	ГВС	первая ступень	0,138	ТТАИр80/2100	1	12	28	2005
		вторая ступень	0,138	ТТАИр65/3200	1	12		
24	ГВС одноступенчатый		0,062	ТТАИ25/4000	1	6	32**	2005
25	Отопление независимое		0,378	ТТАИр100/2100	1	17	30	2005
	Кондиционирование		0,38	ТТАИр100/2600	1	21		
	Вентиляция		0,08	ТТАИр50/2100	1	6		
	ГВС	первая ступень	0,075	ТТАИр65/2150	1	8		
		вторая ступень	0,075	ТТАИр50/2950	1	8		
26	Отопление СРТ	север	0,12	ТТАИр40/1200	1	3	50**	2005
		юг	0,13	ТТАИр40/1400	1	3		
		восток	0,15	ТТАИр40/1400	1	3		
		запад	0,17	ТТАИр40/1400	1	3		
	ГВС	первая ступень	0,08	ТТАИр40/1500	2	7		
		вторая ступень	0,08	ТТАИр40/1500	2	7		
27	Отопление СРТ	жилой дом	0,786	ТТАИ80/1400	1	7	25	2005
		офисы	0,081	ТТАИ25/1700	1	2		
	ГВС	первая ступень	0,25	ТТАИр100/2400	1	19		
		вторая ступень	0,25	ТТАИр80/3150	1	17		

*Наименование объектов: 1. Общежитие КиевЗНИИЭП; 2. Главный корпус КиевЗНИИЭП; 3. 50-квартирный жилой дом по ул. Туполева; 4. 190-квартирный жилой дом по ул. Борщаговской; 5. Гостиница «Киев»; 6. 160-квартирный жилой дом по ул. Богатырской; 7. Лабораторный корпус КиевЗНИИЭП; 8. Банк НРБ; 9. Банк «Надра»; 10. Здание Госимущества Украины; 11. Гостиница «Русь»; 12. Детский сад по ул. Московской; 13. 185-квартирный жилой дом по ул. Гусовского; 14. 180-квартирный жилой дом по ул. Бережанской; 15. Монетный Двор; 16. Государственная администрация Ватутинского района; 17. 88-квартирный жилой дом по ул. Кловский спуск; 18. Супермаркет «Магеллан»; 19. Реконструкция корпуса завода «Электроприбор»; 20. Офисный корпус «ЭПОС»; 21. Общественный центр по ул. Пушиной; 22. Развлекательный детско-юношеский центр; 23. 90-квартирный жилой дом по ул. Жилианской; 24. Дом детского творчества Соломенского района; 25. Админздание метрополитена по проспекту Победы. 26. Админздание «Укрэнерго» 27. 140-квартирный жилой дом по ул. Народного ополчения;

**Существующее помещение

Только один фотоснимок



Это – фрагмент теплового пункта общежития КиевЗНИИЭП

До 1996 года почти все это помещение площадью 28 м² было занято водоподогревателями горячего водоснабжения. Одиннадцать четырехметровых теплообменных аппаратов, выполненных из латунных трубок по ОСТ 34-588-68, составляли первую и вторую ступени подогрева.

В 1996 году тепловый пункт был реконструирован в рамках программы TACIS, и для целей горячего водоснабжения общежития в нем был установлен привезенный из Франции одноступенчатый пластинчатый теплообменный аппарат, обозначенный на фотоснимке цифрой 1. Вместе со вспомогательным оборудованием этот аппарат занимает площадь пола около одного квадратного метра. Это на один порядок меньше площади, которую прежде занимали водоподогреватели.

В 1999 году в тепловом пункте был установлен двухступенчатый теплообменник ТТАИ, обозначенный цифрой 2. Его тепловая мощность такая же, как у теплообменного аппарата 1, но весит он почти в десять раз меньше французского, а площадь пола помещения для установки аппарата вообще не используется. Используется, правда, около 0,1 м² стены, и это на один порядок меньше той площади пола, которая необходима для установки пластинчатого водоподогревателя.

Теплообменник ТТАИ постоянно и безотказно эксплуатируется в этом тепловом пункте с 1999 года. Французский теплообменник сохранен лишь для возможности наглядного подтверждения той известной истины, что техника в наше время совершенствуется чрезвычайно быстро.