

УДК 66.045.12

ТТАИ – тонкостенные теплообменные аппараты интенсифицированные

Малащук А.М., Летун Е.А.

Научный руководитель – д.т.н., профессор РОМАНЮК В.Н.

Теплообменные аппараты составляют многочисленную группу теплосилового оборудования, занимая значительные производственные площади и выполняя функции теплообмена между средами в теплоэнергетике, химической и нефтеперерабатывающей промышленности и ряде других отраслей. Поэтому правильный выбор теплообменников представляется исключительно важной задачей.

К настоящему времени среди используемого теплообменного оборудования можно выделить два наиболее распространенных типа аппаратов - кожухотрубные и пластинчатые.

Рассмотрим относительно новые ТТАИ – кожухотрубные тонкостенные теплообменные аппараты интенсифицированные.

Таблица 1 – сравнение ТТАИ и обычных кожухотрубных теплообменников

Технические показатели кожухотрубных водо-водяных теплообменников		Значения показателей	
		Обычных ОСТ 34-588-68 (1914)	ТТАИ (1994)
Теплообменные трубы	Материал	латунь	нержавеющая сталь, титан
	Характер поверхности	гладкая	волнистая
	Наружный диаметр, мм	16	8 (6)
	Толщина стенки, мм	1	0,3 или 0,4
	Количество (для D=80 мм)	12	52
	Площадь метра длины поверхности (для D=80 мм), м ²	0,55	1,27
Длина, мм		2000 или 4000	От 500 до 4200 с шагом 50 мм
Масса 1 метра длины ТА диаметром 80 мм, кг		30,2	5,3
Общее количество типоразмеров		22	более 10 тысяч
Максимальный вес одного теплообменника ТТАИ не превышает 80 кг (наибольший типоразмер D=250 мм, L = 4,2 метра.			

Диаметр корпуса от 25 мм до 220 мм. (Ду 25, 40, 50, 65, 80,100,125,150, 200, 250)

Вес аппарата - от 1 до 80 кг.

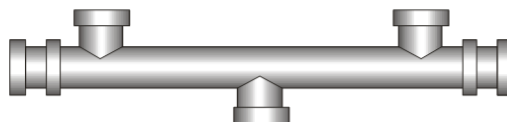
Конструктивные особенности: ТТАИ – разборные теплообменники



Одноходовые аппараты типа ТТАИ D / L



Двухходовые аппараты типа ТТАИ D / L - 2



Сложноходовые аппараты типа ТТАИ-2- D / L

Рисунок 1 – Типы аппаратов ТТАИ

Теплообменные трубки собраны в плотный пучок типа «ТВЭЛ». Пучок позволяет простой операцией прочистить каждую трубку либо отключить трубки, вышедшие из строя.

Используется нерегулярная разбивка трубных решеток, исключая байпасные перегородки. В районе ввода-вывода потока пучок разрезен.



Рисунок 2 – Пример хорошей транспортабельности ТТАИ

Эквивалентный диаметр межтрубного пространства соответствует эквивалентному диаметру труб.

Пучок труб располагается в корпусе подвижно за счет плавающих трубных решеток. Перемещение решеток обеспечивается резиновыми уплотнениями.

Решетки выполнены из композитных материалов. Трубный пучок свободно извлекается из корпуса.

Корпуса изготавливаются из специальных тонкостенных труб из нержавеющей стали или титана в зависимости от свойств сред и режимов работы ТТАИ.

Разъемные соединения – типа фланцевых или фланцевые в зависимости от пожеланий заказчика. Ответные фланцы и патрубки из черного металла входят в комплект поставки.

Диаметр фланцевых патрубков превышает диаметр подключаемых трубопроводов, что обеспечивает полноту обтекания трубного пучка и, как следствие, компактность ТТАИ.

Конструктивные особенности ТТАИ

1. Используются особо тонкостенные ($\approx 0,3$ мм) теплообменные трубки малого эквивалентного диаметра (6–8 мм), что в сравнении с существующими кожухотрубными ТА (трубки 16×1) в 2,7–2 раза увеличивает поверхность теплопередачи при условии сохранения скоростей сред, участвующих в теплопередаче.

2. Трубки имеют специальный, термодинамически целесообразный профиль, обеспечивающий значительную интенсификацию теплообмена. Это значит, что форма и размеры элементов, обеспечивающих срыв пограничного слоя, выдерживаются по высоте до сотых долей мм, по шагу - до десятых долей мм.

3. Изготавливаются каналы из специальных тонкостенных труб, выполненных из нержавеющей стали или титана. Материал труб подбирается в зависимости от режима эксплуатации и свойств сред, участвующих в теплопередаче.



Рисунок 3 – Примеры выводов патрубков различных моделей ТТАИ

Области применения:

1. Среды - в первую очередь, невязкие ньютоновские жидкости и паровые потоки. Свойства сред определяют выбор материала для изготовления ТТАИ.

2. Расходы сред – от $\approx 0,2$ до ≈ 350 м³/час при диаметре кожуха 250 мм.

3. Температуры сред – от (-40) до 220 °С.

4. Давления сред – от вакуума до 1,6 МПа (2,0 МПа) при любом соотношении давлений потоков, участвующих в теплопередаче.

5. Перепады давления – любые, задаются заказчиком. (Малый перепад связан с увеличением габаритов и цены с утратой свойства самоочистки поверхностей теплопередачи.)

По сравнению с традиционными кожухотрубными и современными пластинчатыми аппараты ТТАИ значительно выигрывают в габарите и весе.

Некоторые особенности эксплуатации ТТАИ

1. При определении расхода сред проектировщиками с ошибкой порядка 10% расчетный режим обеспечивает эффект самоочистки поверхностей теплопередачи: от накипи; образующегося льда в системах получения «ледяной» воды; ила, водорослей и иного биообрастания при использовании речной и морской воды. Это освобождает персонал от необходимости технического обслуживания аппарата: лишь контролируются температуры сред и перепад давлений на границах ТТАИ и если они не изменяются, то на этом обслуживании и ограничивается.

2. Наибольший эффект самоочистки имеет место на внутренней поверхности труб.

3. При значительном отклонении режима от расчетного эффект самоочистки снижается и, в определенный момент, исчезает вовсе.

4. Очистка от накипи по прилагаемой инструкции, прежде всего, химическая и механическая (шомполом). При химической очистке нельзя использовать HCl. Можно сульфаминовую (2 часа при температуре 25 – 30°C), лимонную, ортофосфорную кислоты, наконец, сыворотку. Отключения ТТАИ от сети необязательны, если оборудовать их присоединительные линии соответствующими патрубками для подключения промывочной машинки.

5. Среду с наибольшей вероятностью к образованию накипи лучше пускать в межтрубный пучок, поскольку гарантируется очистка при любой степени загрязнения.

6. ТТАИ безинерционны (реакция на изменение характеристики потока в течение секунд), что необходимо учитывать при разработке АСУ ТП.

7. Расчетные параметры выдерживаются до десятых градуса, что, например, изменило технологию производства вина и соответствующие изменения вошли в учебник по виноделию.

Некоторые особенности монтажа ТТАИ

Вес погонного метра ТТАИ меньше веса присоединяемого трубопровода, что обеспечивает компоновку ТТАИ внутри пучка теплотрасс, например, на стенке, как элемент трубопровода, висящего на соседних участках. Не требуется габарит для извлечения пучка.

1. Трубопроводы должны иметь жесткую опору вблизи ТТАИ и на этих трубопроводах висит ТТАИ. Сам аппарат в опорах не нуждается. Жесткое крепление недопустимо. ТТАИ несиловые аппараты, допускают небольшой изгиб.

2. Требуется точное расположение трубопроводов относительно ТТАИ: рихтовка не допускается. Хомуты не допускаются. Можно, при желании, лишь легкую скользящую поддержку на усмотрение проектировщиков.

3. Допускается любая компоновка, в том числе, и по дуге ТТАИ различной длины (заказ длины под компоновку). На стоимости и сроках поставки не отражается. Доставка к месту монтажа через форточку, щель и т.п. ТТАИ квазиодномерны.

Учитывать и органично сочетать в одном аппарате все особенности стало возможно лишь благодаря индивидуальному проектированию и изготовлению аппаратов, для обеспечения чего была разработана и адаптирована в ходе натуральных экспериментов к особенностям конструкции данных аппаратов специальная математическая модель.



Рисунок 4 – ИТП в Воронеже

Учитывая особенности аппаратов ТТАИ была разработана новая идеология создания ИТП. В итоге тепловыделительный пункт, в блок-модуль которого не включены теплообменники, становится значительно компактнее, т.е. может зачастую размещаться в тех помещениях, в которых не мог быть установлен ни один другой ИТП с идентичными тактико-техническими характеристиками. А теплообменный аппарат может располагаться где-то рядом, вообще не требуя для себя никакого отдельного места. Например, на стене в пучке трубопроводов, или быть установленным вертикально в углу, или расположен под потолком, над входной дверью и т.д. Аппарат может быть вынесен в соседнее помещение и размещен там на стене, если там проходят другие трубы инженерного обеспечения помещения. Предлагаемый ИТП обладает еще рядом некоторых особенностей, сообщающих ему дополнительные преимущества. В частности, в нем схемно предусмотрена возможность промывки теплообменников обратным током, предусмотрены патрубки и необходимая запорная арматура для проведения безразборной химической отмывки, специальное схемное решение обеспечивает снижение вероятности образования накипи на теплопередающих стенках теплообменников при любых режимах работы тепловыделительного пункта, предусмотрена защита от работы насосов «всухую».

Вышеперечисленные преимущества в сочетании с невысокой стоимостью таких ИТП позволяют надеяться, что предлагаемая идеология создания тепловыделительных пунктов с использованием теплообменников типа ТТАИ будет признана специалистами и такие ИТП позволят решать те задачи, которые не удастся порой решить сегодня.

Литература

1. Теплообменные аппараты типа ТТАИ и специфические особенности индивидуальных тепловых пунктов созданных на их основе [Электронный ресурс], URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=1501
2. Тонкостенные кожухотрубные теплообменные аппараты [Электронный ресурс], URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=116
3. Трубчатые теплообменники типа ТТАИ (полное описание) [Электронный ресурс], URL: <https://www.elecom-ural.ru/equipment/avtomatika/teploobmenniki/ttai/vybrat/taai/>
4. ТТАИБ – тонкостенные теплообменные аппараты интенсифицированные [Электронный ресурс], URL: <http://investgroups.by/ttaib>