

Непривычные особенности привычных кожухотрубных теплообменных аппаратов

Директор ООО «Теплообмен», г.Севастополь к.т.н. Барон В.Г.

Теплообменные процессы происходят везде и всюду. Их так много, что мы их просто не замечаем, как не замечаем воздуха, которым дышим. Часть этих процессов отрегулирована и обеспечивается самой природой (например, температура тела человека) другая, причем значительная часть, связана с техногенной деятельностью и требует для своей реализации специальных объектов техники, называемых «теплообменные аппараты». Нас окружает огромное количество теплообменных аппаратов, видимо их значительно больше, чем многих и многих других объектов техники, таких как радио-электронные средства, средства передвижения и т.д., хотя бы по той простой причине, что в каждом из этих средств используется один или несколько теплообменников (в автомобилях - радиаторы, в ЭВМ - специальные теплоотдающие устройства и пр.). Чрезвычайно многочисленную группу теплообменных аппаратов составляют теплообменники, осуществляющие теплообмен через стенку между двумя технологическими средами, находящимися под повышенным давлением - рекуперативные теплообменные аппараты. Они могут быть различного конструктивного исполнения: спиральные, пластинчатые, ламельные, кожухотрубные и др.

Учитывая массовость использования рекуперативных теплообменных аппаратов, сложно мириться с ситуацией, когда в среде специалистов необоснованно формируется однозначное мнение об абсолютном преимуществе одного из конструктивных вариантов исполнения теплообменных аппаратов - пластинчатом теплообменнике. Более правильным на наш взгляд было бы сохранение многополярного подхода, в частности, признавая очевидные преимущества упомянутых пластинчатых теплообменников, не следует делать однозначный вывод об их полном преимуществе, например, над кожухотрубными аппаратами. Такое мнение в последние годы активно создается путем сравнения современных пластинчатых теплообменников, производимых ведущими зарубежными фирмами, с теплообменниками, выпускавшимися в Советском Союзе для общепромышленных целей. Едва ли этот подход может быть признан корректным. Приводимая ниже информация призвана показать и, по возможности, технически обосновать то, что современные кожухотрубные аппараты по своим характеристикам не только не уступают, но и в ряде случаев существенно превосходят современные же пластинчатые теплообменники. К сожалению, из общего потока информации, формирующего мнение о безальтернативности выбора теплообменника в пользу пластинчатых аппаратов, крайне сложно выбрать объективные и в полном объеме данные, приводимые фирмой - изготовителем или проектантом и позволяющие провести корректное сравнение. Обычно такие публикации имеют больше рекламно-эмоциональную, чем техническую окраску.

Вместе с тем сегодня существуют разработанные и выпускаемые с 1992г. предприятием «Теплообмен» кожухотрубные теплообменные аппараты типа ТТАИ (ТУ 551 М.Т. 065113-001-93). Ниже в таблицах даны характеристики нескольких аппаратов из чрезвычайно обширного (более 4000) типоразмерного ряда аппаратов типа ТТАИ применительно к холодильным и теплофикационным задачам, а заинтересованные специалисты вторую часть работы - сравнение с интересующим конкретно их видом теплообменников,- легко смогут выполнить сами. Такой подход имеет еще и то преимущество, что освобождает автора от необходимости делать обобщающие выводы в пользу того или иного типа оборудования (тем более, что автор даже лично для себя такого однозначного вывода до сих пор не сделал и, искренне завидуя тем, кто считает, что альтернативы нет, продолжает наивно полагать, что и те и другие аппараты имеют право на жизнь, причем в одних случаях более предпочтительным может оказаться выбор в пользу кожухотрубных, а в других - в пользу пластинчатых аппаратов. Но только сравнивать надо корректно, по крайней мере современную технику одного вида с современной же техникой другого вида).

Кроме того, в статье будут рассмотрены преимущества, которые проявились при применении рассматриваемых теплообменников типа ТТАИ на различных объектах, а также приведены основные технические решения, положенные в основу создания данного семейства кожухотрубных аппаратов.

Холодо-производительность, кВт	Расходы сред, м ³ /ч		Температуры сред, °С				Характеристики аппарата типа ТТАИ				
	охлаждаемая	охлаждающая	на входе		на выходе		диаметр корпуса, мм	полная длина, мм	вес, кг	гидравлическое сопротивление, МПа	
			охлаждаемая	охлаждающая	охлаждаемая	охлаждающая				охлаждаемая	охлаждающая
10,2	0,64	1,98	15,0	-8,0	0,0	-3,0	25	4100	3	0,25	0,10
80,0	5,06	15,56	15,0	-8,0	0,0	-3,0	80	4200	15	0,25	0,

Таблица 1. Характеристики аппаратов типа ТТАИ, предназначенные для работы с холодильными машинами (охлаждаемая среда - вино виноградное крепленое; охлаждающая среда - водно - спиртовой раствор)

Тепло-производительность, кВт	Расходы сред, м ³ /ч		Температуры сред, °С				Характеристики аппарата типа ТТАИ				
	нагреваемая	греющая	на входе		на выходе		диаметр корпуса, мм	полная длина, мм	вес, кг	гидравлическое сопротивление, МПа	
			нагреваемая	греющая	нагреваемая	греющая				нагреваемая	греющая
320	5,0	3,4	5,0	150,0	60,0	70,0	25	1400	1,5	0,10	0,06
3200	50,0	34,4	5,0	150,0	60,0	70,0	125	1600	20	0,06	0,06

Таблица 2. Характеристики аппаратов типа ТТАИ, предназначенные для работы в теплофикационных системах (нагреваемая и греющая среды - вода пресная)

Примечания:

1. Длина аппаратов, приведенная в таблице, может устанавливаться произвольно с учетом особенностей компоновки теплообменников, т.е., если длина, равная 4м, создает неудобства, то можно установить два аппарата того же диаметра, но длиной по 2м и т.д.

2. В таблицах рассмотрены два двухходовых аппарата разных диаметров и два одноходовых. На практике выпускаются аппараты, характеризующиеся и большей ходовостью, с диаметрами и длинами, отличающимися от рассмотренных в обе стороны.

Анализ табличных данных показывает, что разработанные и выпускаемые предприятием «Теплообмен» кожухотрубные аппараты типа ТТАИ могут не только достойно конкурировать по показателям назначения с современными пластинчатыми теплообменниками, но и в ряде случаев по комплексу своих потребительских свойств превосходить их. В частности, на сопоставимые условия аппараты типа ТТАИ примерно в 10 раз легче современных разборных пластинчатых теплообменников и имеют во много раз меньший габаритный объем. По этим характеристикам они близки к неразборным пластинчатым аппаратам, но они разборны и имеют меньшее гидравлическое сопротивление. Т.е. эти аппараты, оставаясь по своей сути кожухотрубными и сохраняя их преимущества, приобретают ряд новых свойств. В частности, исключительно малые массо-габаритные характеристики, индивидуальный, почти бесступенчатый, подбор, эффект самоочистки, реализуемый в процессе эксплуатации по прямому назначению, повышенное удобство при обслуживании, проявляющееся в доступности для осмотра и очистки не только трубного, но и межтрубного пространства. Рассматриваемые аппараты приобрели еще одно преимущество, которого не имели ни ранее применявшиеся кожухотрубные, ни современные пластинчатые аппараты - они не занимают места в плане, а как бы распределены по ограждающим

конструкциям и, в итоге, зачастую как разновидность оборудования визуально вообще исчезают из технологического помещения;- просто в пучке трубопроводов появляется еще одна труба несколько большего диаметра. При этом, как показывает накопленный опыт, ценовое сравнение часто оказывается в пользу аппаратов типа ТТАИ.

Положительной особенностью аппаратов типа ТТАИ является также то, что оснастка и технология их изготовления позволяют выпускать не дискретный, а практически непрерывный типоразмерный ряд, а созданная математическая модель, адаптированная в ходе натурных полномасштабных экспериментов к особенностям этих аппаратов, обеспечивает подбор из этого ряда для каждого конкретного случая своего, наиболее полно удовлетворяющего всем требованиям и даже пожеланиям заказчика, типоразмера. Причем пожелания могут быть самыми разными, как то: максимально использовать для размещения аппаратов плоскость стены сложного профиля, учесть высоту помещения или ширину дверей и пр.. Необходимо подчеркнуть, что такой индивидуальный подход к подбору и изготовлению аппаратов никак не отражается на сроках и цене изготовления. В итоге, использование на практике указанных преимуществ аппаратов типа ТТАИ позволяет заказчикам добиться целого ряда сугубо прагматичных выгод. Например, благодаря применению этих теплообменников в одной из гостиниц г.Севастополя удалось за счет сэкономленного места на площади бывшего встроенного тепlopункта, сохраняя тепlopункт, открыть еще и бар; в другом случае при возведении отдельно стоящего тепlopункта удалось изменить технологию его строительства - строители не перекрывали крышу, т.к. полагалось сначала с помощью крана смонтировать внутри помещения теплообменники по ГОСТ 27590-88, но после принятия решения о комплектовании аппаратами типа ТТАИ кран не потребовался и аппараты после завершения строительства внесли через дверь вручную; при использовании аппаратов типа ТТАИ на начальных стадиях проектирования появляется возможность сокращения землеотвода под отдельно стоящий тепlopункт и соответствующего уменьшения объема строительных работ, или же, на выбор, увеличения тепловой мощности на уже имеющихся площадях либо размещение аппаратов, передающих установленную мощность на меньшей площади и использование освободившейся по другому назначению (бытовки, мастерские и пр.). Наиболее полно преимущества этих теплообменников проявляются, если речь идет о необходимости размещения теплообменников в затесненных или труднодоступных помещениях, а также в тех случаях, когда предъявляются жесткие требования к массо-габаритным характеристикам, ведь эти аппараты удобно размещать вдоль стен (как полотенцесушители в ванной), или под подолоком, или укладывать в каналах, или просто располагать в пучке труб, как элемент трубопровода. В частности, это преимущество ярко проявилось при монтаже теплообменников в составе различных систем тепловой обработки вина и виноматериалов (подогрев, пастеризация, охлаждение, захлаживание) на ряде винозаводов Крыма (Севастопольский головной винозавод, Инкерманский завод марочных вин, Винозаводы «Коктебель», «Магарач» и др.). Уже приходилось сталкиваться с ситуацией, когда непосвященные специалисты не сразу могли обнаружить эти теплообменники. Весьма перспективным представляется применение этих аппаратов в мобильных теплоэнергетических или холодильных установках, что подтверждается имеющимся опытом использования в составе судового технологического оборудования.

Создать кожухотрубный теплообменный аппарат, имеющий вышеперечисленные преимущества, удалось, соединив воедино целый ряд новых или ранее не применявшихся технических решений. Часть из них имеют мировую новизну и по проверочной системе признаны изобретениями с выдачей соответствующих патентов, другая часть, также впервые применяемых, но не очевидных решений, сохраняется на уровне «ноу хау». Не ставя задачи провести в данной статье детальный разбор примененных технических решений, укажем на основные конструктивные особенности, реализуемые в аппаратах типа ТТАИ. В этих теплообменниках, в частности, применяются плотно упакованные трубные пучки с, как правило, нерегулярной разбивкой. В качестве теплопередающих элементов используются особотонкостенные трубы уменьшенного диаметра, имеющие специальный, термодинамически целесообразный и обоснованный для каждого своеобразного случая профиль, причем эти трубы закрепляются в неметаллических трубных решетках. Для корпусов аппаратов применяются также особотонкостенные трубы, как правило, из высоколегированной стали. С целью обеспечения термической разгруженности цепочки «корпус - трубный пучок», что, в частности, позволяет подавать

греющую среду как в трубное, так и в межтрубное пространство, трубные решетки выполняются плавающими (это обеспечивает также возможность свободной разборки аппарата путем выемки пучка из корпуса в любую сторону), причем, как правило, со специальным двойным уплотнением, имеющим систему вестовых отверстий, что не только обеспечивает функциональное диагностирование технического состояния этого узла, но и повышает степень безотказности аппарата по показателю «взаимопроникновение сред». Кроме того, для обеспечения заданной схемы движения сред (одно- или многоходовые аппараты, чистый противоток, смешанные схемы или прямоток) в аппаратах применены специально разработанные направляющие перегородки. В теплообменниках типа ТТАИ реализуются максимально возможные для каждого конкретного случая скорости движения сред, причем при их назначении принимаются во внимание не только тепло-гидродинамические, но и показатели надежности. Последнее предполагает теоретически обоснованный выбор марок металла как для теплопередающих труб, так и для корпуса (это различные коррозионностойкие стали или титановые сплавы). Учитывать и органично сочетать в одном аппарате все эти особенности стало возможно лишь благодаря индивидуальному проектированию и изготовлению аппаратов, для обеспечения чего была разработана и адаптирована в ходе натурных экспериментов к особенностям конструкции данных аппаратов специальная математическая модель.

Правильность основных решений, заложенных в аппаратах типа ТТАИ, подтверждается опытом эксплуатации значительного числа изготовленных нами за минувшие 8 лет аппаратов - их число приближается к тысяче штук, причем уже в первых экземплярах было применено большинство из описанных в предыдущем абзаце особенностей. Косвенным подтверждением является также то, что в последние пару лет стали появляться сообщения о разработке другими специализированными предприятиями России кожухотрубных аппаратов, реализующих в своей конструкции пусть не все и не сразу вместе, но все же некоторые из вышеперечисленных решений. В этой связи нам, разработчикам аппаратов ТТАИ, особенно приятно, что к данному моменту, когда, в том числе и благодаря нашим усилиям, маятник интереса научно-технической мысли вновь качнулся в сторону незаслуженно забытых кожухотрубных аппаратов, мы обладаем на территории СНГ, по всей видимости, наибольшим опытом в проектировании, изготовлении и эксплуатации аппаратов этого класса, характеризующихся вышеперечисленными особенностями. Тем более, что на базе этого опыта и с учетом результатов эксплуатации наших аппаратов в настоящее время нами выполняется комплекс новых работ, направленных на повышение потребительских свойств этих теплообменников.