

Утилизации тепла охлаждающих жидкостей – один из важных аспектов энергосбережения

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

В настоящее время вопросам энергосбережения уделяется все более пристальное внимание, все активнее ищутся различные варианты снижения энергозатрат, рассматриваются и реализуются, в том числе и с привлечением значительных средств, разнообразные схемы, призванные сократить потребление энергии. В то же время все еще остается скорее исключением, чем правилом отбор тепла от разного рода охлаждающих жидкостей с целью его последующего использования. В большинстве случаев это тепло (к сожалению, зачастую низкопотенциальное) в огромных количествах рассеивается в окружающую среду через градирни, системы разомкнутого водяного охлаждения и просто путем конвективного теплообмена с окружающим воздухом. В итоге происходит тепловое загрязнение окружающей среды, непродуктивно расходуются средства на создание таких, отметим – не дешевых, систем, и, главное, бесцельно тратится энергия, которую параллельно, зачастую для покрытия нужд того же потребителя, вырабатывают генерирующие мощности. Причин такого невнимания к источнику энергии в виде сбросного тепла разнообразных систем охлаждения достаточно много. При этом еще недавно основными были объективные причины – чрезвычайно большие массо-габаритные характеристики первичных средств съема тепла, т.е. теплообменников, и их, в значительной мере обусловленная этим, высокая стоимость и сложность компоновки на объекте. Кроме того, сдерживающим фактором являлась дороговизна тепловых насосов, призванных превратить сбросное низкопотенциальное тепло, повысив его температурный уровень, в продукт, подлежащий дальнейшему использованию. С сожалением следует отметить, что на сегодня, несмотря на то, что среди этих причин уже практически нет объективных, процесс энергосбережения путем повторного использования рассматриваемого тепла остается на точке замерзания. Сейчас большинство причин недостаточно активного использования этих вторичных ресурсов лежит уже в субъективной плоскости. Это как косность мышления, так и отсутствие знаний о современных технических устройствах, способных эффективно решать такие задачи. В данном случае имеется ввиду, что уже существует возможность перевода низкопотенциальной тепловой энергии на более высокий температурный уровень с помощью тепловых насосов, а также, как первое условие этого, имеются высокоэффективные теплообменные аппараты для съема низкопотенциального тепла. Высокоэффективные теплообменные аппараты являются первым и непреложным условием потому, что для утилизации сбросного тепла необходимо в первую очередь осуществить его эффективную передачу от охлаждающей жидкости какому-то теплоносителю, от которого это тепло может быть затем передано либо непосредственно потребителю, если есть процессы, требующие тепла на низком температурном уровне, либо передано в цикл теплового насоса для повышения энергетического качества этого тепла. Отсутствие в прежние годы эффективных теплопередающих аппаратов, особенно для вязких жидкостей, наряду с отсутствием эффективных тепловых насосов объективно препятствовало энергосбережению путем утилизации сбросного тепла. На сегодня такие устройства существуют и рассмотрению одного из современных теплопередающих аппаратов, созданного специально для целей отбора низкопотенциального тепла от сложных в теплотехническом отношении сред – моторных масел, посвящена настоящая статья.

Эти аппараты созданы путем модифицирования под специфические условия теплообмена с высоковязкими средами эффективных теплообменных аппаратов типа ТТАИ. Аппараты ТТАИ, созданные сотрудниками ООО «Теплообмен» с использованием опыта, накопленного в ходе многолетних работ по созданию теплообменников для нужд советского военно-морского флота, отличаются высокой эффективностью и исключительно малыми массо-габаритными характеристиками. Кроме того, по сравнению с аналогами они удобнее в обслуживании и, как правило, лучше компоуются на объекте. Однако весь комплекс вышеуказанных преимуществ в полной мере проявляется при работе этих аппаратов на невязких капельных жидкостях, для обеспечения теплообмена между которыми эти аппараты и создавались. Причина в том, что среди значительного количества новых технических решений, заложенных как в конструкцию, так и в технологию изготовления этих аппаратов, имеется целый ряд специфических решений, обеспечивающих тонкий

механизм воздействия на определенные слои движущейся жидкости на базе учета особенностей теплофизических свойств таких рабочих сред. Представляло практический интерес разработать на базе этих теплообменников легкие и компактные аппараты для высокоэффективного отбора тепла от охлаждающего различные машины и механизмы смазочного масла.

Для этого предприятием ООО «Теплообмен» были проведены работы по модификации серийно выпускаемых аппаратов ТТАИ с учетом особенностей поставленной задачи. Такой модифицированный теплообменник, предназначенный для отбора тепла от охлаждающей компрессор масляно-воздушной смеси, был испытан в октябре 2006г. на испытательном стенде НПАО «ВНИИкомпрессормаш» в составе компрессорной установки.

Испытанный теплообменный аппарат сохранил в себе все основные признаки теплообменников семейства ТТАИ, т.е. это кожухотрубный аппарат с тонкостенным корпусом, выполненным из высоколегированной нержавеющей стали аустенитного класса, в котором подвижно (с использованием принципа плавающих трубных решеток, причем обеих) размещен высококомпактный, плотно упакованный трубный пучок, собранный из осботонкостенных труб малого диаметра (6мм), расположенных по специальному образцу выполненной разбивке. Трубные решетки пучка, на которых предусмотрено особое двухступенчатое уплотнение с вестовыми отверстиями, изготовлены по специальной технологии из композитных материалов. Теплопередающие трубки пучка, также из высоколегированной нержавеющей стали аустенитного класса, но кислотостойкой группы (благодаря иному составу и сочетанию легирующих элементов), имеют специальный, т.н. «термодинамически целесообразный», профиль.

Указанные конструктивно-технологические особенности теплообменников ТТАИ позволяют получать целый комплекс потребительских свойств, выгодно отличающих эти аппараты от аналогов и открывающих широкие перспективы, как с технической, так и экономической точек зрения, их применения для утилизации вторичных энергоресурсов.

Среди основных технических отличий можно назвать следующие.

- Установка трубного пучка в корпусе по принципу обеих плавающих трубных решеток позволяет не только снять опасения по поводу возможного возникновения термических напряжений в цепочке «корпус - трубная решетка - трубчатка», но и радикально повысить ремонтпригодность аппарата, т.к. обеспечивается возможность при техническом обслуживании и ремонте извлечь трубный пучок из корпуса. Это позволяет, в случае возникновения такой необходимости, заменить трубный пучок на новый без демонтажа аппарата, не говоря уже о доступе для осмотра и очистки межтрубной полости.
- Применение двухступенчатого уплотнения с системой водосборных канавок и вестовых отверстий на плавающих трубных решетках обеспечивает не только гарантированное исключение взаимопроникновения рабочих сред в этом месте (что особенно важно в случае отбора от смазочных масел тепла водой или незамерзающими хладоносителями), но и функциональное диагностирование состояния уплотнительных элементов, что позволяет планировать их замену, избегая аварийного останова.
- Благодаря специальному профилю теплопередающих трубок достигается не только опережающий рост коэффициентов теплоотдачи по сравнению с ростом гидравлического сопротивления, но и, на известных режимах, эффект самоочистки. Целесообразность опережающего роста тепловой эффективности очевидна, но и наличие сопутствующего эффекта самоочистки является весьма существенным фактором, т.к. в процессе эксплуатации требования к охлаждающей жидкости зачастую не выдерживаются, в результате чего на теплопередающих поверхностях накапливаются различные отложения, снижающие эффективность отбора тепла, что отрицательно сказывается как на работе механизма, охлаждаемого маслом, так и на потребителях вторичных энергоресурсов.
- Но одними из наиболее существенных преимуществ аппаратов ТТАИ являются их незначительные по сравнению с аналогами массо-габаритные характеристики, что достигается благодаря взаимовлиянию и взаимодополнению ряда вышеперечисленных технических особенностей.

К сожалению, применение серийно выпускаемых теплообменников ТТАИ для решения задачи отбора низкопотенциального тепла от вязкой масляно-воздушной смеси не могло дать необходимых результатов ввиду наличия возможности возникновения байпасных токов масла и вызванного этим снижения тепловой эффективности аппарата. Это обусловило выполнение доработок, которые должны были решить задачу обеспечения практически чистого поперечного обтекания трубок пучка потоком охлаждаемого масла при сохранении гидравлического сопротивления масляной полости теплообменника в достаточно жестко, для вязких сред, ограниченных пределах. В качестве допустимой верхней границы сопротивления была принята величина 10 м.в.ст., что более соответствует аппаратам, работающим на невязких средах, однако большее значение гидравлического сопротивления способно сделать экономически нецелесообразным утилизацию сбросного тепла, т.к. рост сопротивления теплообменника ведет к росту мощности, расходуемой на привод масляного насоса.

В ходе доработки были приняты два новых принципиально важных решения:

- трубки трубного пучка было решено сгруппировать в центральной части корпуса, оставив свободными проходы для перетока масла из одного отсека в другой;
- корпус теплообменника решено было сделать составным из секций, длина которых равна расстоянию между перегородками межтрубного пространства, а сами перегородки выполнить с целиком замкнутой периферийной цилиндрической поверхностью, на которую опираются обжимаемые секциями корпуса эластичные уплотнительные прокладки.

Группировка теплопередающих трубок в центральной части, с одной стороны, позволяет уменьшить гидравлическое сопротивление масляной полости охладителя за счет снижения скорости движения масла в одном из самых зауженных сечений, в котором к тому же осуществляется разворот потока на 180° и, с другой стороны, исключает из процесса теплообмена (и тем самым снимает необходимость учета при выполнении расчетов) трубки, которые обтекались бы потоком масла под углом атаки, отличным от прямого, да к тому же еще меняющимся от ряда к ряду.

Выполнение корпуса аппарата составным, с разъемами между секциями в местах расположения перегородок, делящих межтрубное пространство на секции, позволяет добиться высокой степени уплотнения кольцевых сопряжений корпуса с перегородками, полностью исключив паразитные байпасные токи между секциями. Фотография этого аппарата, на которой хорошо видны упомянутые сочленения, приведена на рис.1 (стоящий рядом с теплообменником человек дает наглядное представление о размерах этого аппарата, что, вкупе с информацией, содержащейся в табл.1, позволит специалистам самостоятельно определиться с показателями компактности этого аппарата).



Представленный на рис.1 аппарат в ходе натуральных испытаний на испытательном стенде НПАО «ВНИИкомпрессормаш» в составе компрессорной установки показал фактические результаты, приведенные в табл.1.

№ п/п	Наименование параметра	Размерность	Значение
Масло-воздушная смесь			
1	Расход	м ³ /ч	11,7
2	Температура -на входе в теплообменник	°C	85,0
	-на выходе из теплообменника	°C	58,0
3	Гидравлическое сопротивление Хладоноситель (пресная вода)	м.в.ст.	6,5
4	Расход	м ³ /ч	12,2
5	Температура -на входе в теплообменник	°C	21,5
	-на выходе из теплообменника	°C	31,0
6	Гидравлическое сопротивление Хладоноситель (пресная вода)	м.в.ст.	0,3

Таблица 1.

Анализ этих результатов показывает, что модифицированный аппарат ТТАИ полностью обеспечивает требования по эффективному отбору тепла от высоковязкой масляно-воздушной смеси.

Однако очевидно, что технические преимущества модифицированного теплообменника ТТАИ при всей своей привлекательности не могут являться основной целью создания такого аппарата. Основная цель – это создание компактного (с целью обеспечения возможности размещения на объектах, где ранее не предполагалась установка соответствующего теплообменника) и относительно недорогого аппарата (чтобы энергетический выигрыш от использования вторичных ресурсов не был нивелирован затратами на приобретение и установку теплообменника). Для анализа этих характеристик было проведено сравнение описанного теплообменного аппарата с аналогами. Для осуществления такого сравнения в табл.2 приведены весовые, а также ценовые характеристики трех вариантов:

- пластинчатого теплообменного аппарата, выпускаемого в Украине;
- кожухотрубного аппарата российского производства;
- рассматриваемого в настоящей статье теплообменного аппарата из семейства ТТАИ.

№ п/п	Теплообменный аппарат	Вес, кг	Цена, USD (без НДС)
1	Пластинчатый (Украина)	772,0	3240,00
2	Кожухотрубный (Россия)	290,0	4240,00
3	Аппарат ТТАИ модифицированный	35,0	3000,00

Таблица 2.

Следует отметить, что приведенные в табл.2 аппараты сравниваются на идентичные теплотехнические условия, при этом необходимо иметь ввиду, что если по аппарату ТТАИ теплотехнические характеристики получены в ходе натурных испытаний, то по аппаратам других двух позиций приходится опираться на их расчетные характеристики, сообщенные производителями (как показывает опыт, фактические характеристики нередко уступают расчетным).

В настоящее время выполняются работы по созданию типоразмерного ряда модифицированных теплообменных аппаратов ТТАИ, предназначенных для отбора сбросного тепла от высоковязких охлаждающих жидкостей. Завершение этой работы устранит последнее объективное препятствие на пути широкого использования вторичных энергетических ресурсов в виде сбросного тепла высоковязких жидкостей, охлаждающих работающие машины и механизмы.