

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Яицких Г. С., директор по развитию АО «ИПН», yaitskich@truboprovod.ru;
Мурзин С. В., главный инженер ООО «Славянск ЭКО», MurzinSV@slaveco.ru;
Остапчик В. Г., заместитель главного инженера ООО «Славянск ЭКО», OstapchikVG@slaveco.ru;
Кабаев А. В., руководитель по продажам ООО «СТИМ», Alexey.kabaev@stim-he.ru

Теплообменное оборудование широко используется в самых различных областях промышленности, сельском хозяйстве, жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ).

В последнее время наблюдается неуклонный рост цен на энергоносители – нефть, газ, каменный уголь и др., поэтому теплообменники, позволяющие рекуперировать тепловую энергию, оказывают все большее влияние на экономику практически всех видов производств. Грамотное применение теплообменного оборудования того или иного типа позволяет существенно снизить удельные затраты на приобретение тех или иных энергоносителей, что в свою очередь обеспечивает повышенную рентабельность практически любого производства.

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Теплообменники «труба в трубе»

Широко использовались до 70-х годов XX века, в частности, в нефтепереработке для утилизации тепла тяжелых вязких нефтяных фракций.

В настоящее время их применение крайне ограничено по причине ряда недостатков:

- большая удельная металлоемкость на 1 м² площади теплообмена, что в свою очередь обуславливает высокую стоимость оборудования,

изготавливаемого из дорогостоящих материалов;

- большие габаритные размеры теплообменников;

- низкий коэффициент теплопередачи: 200–400 Вт/(м²·К);

- сложности обслуживания и очистки оборудования.



Рисунок 1 – Теплообменник «труба в трубе»

Пластинчатые теплообменники

Первый промышленный образец пластинчатого теплообменника был создан в далеком 1938 году, однако массовое применение аппаратов такого типа началось только в 80-е годы

XX века. Сегодня пластинчатые теплообменники (ПТ) широко используются в самых различных отраслях промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве. Основные типы ПТ:

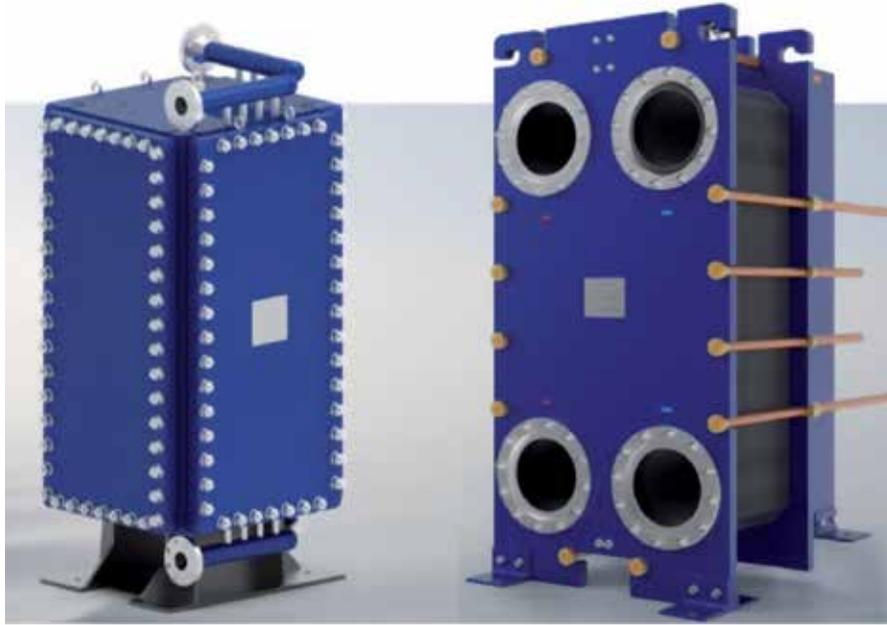


Рисунок 2 – Пластинчатые теплообменники

- разборные (с прокладками из резины и других материалов);
- паяные;
- сварные (для агрессивных сред);
- кожухо-пластинчатые (для экстремальных условий работы).

Пластинчатые теплообменники имеют преимущества:

- компактные размеры – в 3...5 раз меньше классических кожухотрубных аппаратов аналогичной мощности;
- сравнительно малый вес;
- теплопередачи (в зависимости от сред достигает от 2500 до 4500 Вт/м²·К);

Компактные размеры и сравнительно малый вес ПТ имеют неоспоримые

преимущества применения их в условиях ограниченных и дорогостоящих производственных площадок, например, на морских нефтедобывающих платформах, на морских и речных судах, где стоимость полезной площади 1 м² в сотни раз выше, чем на среднестатистическом НПЗ или ГПЗ России. Также они имеют преимущества при использовании их на различных мобильных блочно-модульных технологических установках, где также вес и размеры технологического оборудования имеют приоритетное значение.

Необходимо отметить, что у специалистов ряда российских НПЗ сложилось негативное мнение по поводу надежности

пластинчатых теплообменников, поставленных ранее одной из известных европейских компаний. Это мнение обусловлено неоднократными выходами из строя аппаратов, особенно эксплуатируемых при температурах свыше 300...360 °С на некоторых нефтеперерабатывающих заводах. При гарантийном сроке 18 месяцев теплообменные аппараты (работающие при температурах 360 °С) начинали «течь» через 20...24 месяца эксплуатации, что не позволяло заводам предъявить иск поставщику оборудования. Остальные ПТ на этих же установках, работающие в более мягких условиях (чистые среды и рабочие температуры менее 250 °С), работают нормально. В некоторых случаях ПТ, работающие при 360 °С, просто заменили на кожухотрубные. Такой подход к проектированию некоторых технологических установок (применение и ПТ, и кожухотрубных теплообменников (КТТ) в рамках одной установки) позволяет, с одной стороны, значительно экономить капиталовложения на строительных конструкциях (этажерках) под более компактные ПТ, уменьшить площадь застройки, и в то же время обеспечить надежность установки за счет применения КТТ на горячих потоках в диапазоне 200...360 °С и выше.

Необходимо отметить, что по статистике в последние годы объем продаж ПТ составляет более половины всех приобретаемых теплообменников в России. Например, в секторе ЖКХ России аппараты такого типа сегодня широко используются на малоагрессивных средах (пар, вода) в диапазонах температур не более 150...200 °С и практически вытеснили все другие типы теплообменников.

Кожухотрубные теплообменники

Кожухотрубные теплообменные аппараты (КТТ) применяются вот уже почти 100 лет. В зависимости от условий эксплуатации – агрессивности и загрязненности сред, диапазона температур и давлений – применяют различные типы КТТ:

- кожухотрубные теплообменные аппараты с линзовым компенсатором;
- кожухотрубные теплообменные аппараты с U-образными трубками;
- кожухотрубные теплообменные аппараты с прямым трубным пучком и «плавающей головкой».

Эти аппараты широко и давно применяются в нефтяной и газовой промышленности, нефте- и газопереработке и других отраслях промышленности, сельского хозяйства и ЖКХ. Показали свою надежность, редко выходят из строя.

К недостаткам можно отнести сравнительно большие габаритные размеры и массу (по сравнению с ПТ), склонность к критичному снижению теплопередачи в процессе длительной работы с загрязненными средами, что обуславливает необходимость периодической чистки пучков и т. д. Эти недостатки объясняются конструктивными особенностями трубных пучков таких теплообменников.

Более современным, экономически выгодным решением повышения технико-экономических показателей работы КТТ является применение трубных пучков с витыми трубками – рис. 3.

В отличие от гладких прямых труб, поток теплоносителя в витых трубках перманентно турбулентный, что значительно увеличивает теплопередачу. Поток

теплоносителя в межтрубном пространстве также более турбулентный, гораздо меньше застойных зон по причине отсутствия поперечных перегородок, что в свою очередь значительно повышает коэффициент теплопередачи – в среднем на 30...50% по сравнению с гладкими трубами.

Кроме того, необходимо отметить, что витая труба того же диаметра и длины по сравнению с гладкой прямой трубой, имеет поверхность теплообмена на 15–20% больше, что также увеличивает мощность теплообмена аппарата при тех же геометрических размерах.

Другим немаловажным преимуществом применения КТТ с витыми трубками является гораздо меньшая склонность к нарастанию нежелательных загрязняющих отложений на внутренних и внешних



Рисунок 3 – Трубный пучок с витыми трубками

поверхностях трубок, что в свою очередь позволяет сохранять эффективность теплообмена в течение более длительного периода времени эксплуатации технологических установок и реже проводить чистки аппаратов.

Благодаря особенностям конструкции пучков, КТТ с витыми трубками могут работать с минимальной вибрацией, осуществляя теплообмен двухфазных потоков «газ/жидкость», в то время как КТТ с обычными трубными пучками нередко работают в режиме повышенной вибрации.

Преимущества применения КТТ с витыми трубками при строительстве новых технологических установок (таблица 4):

- снижение затрат на закупку комплекта

теплообменников на 15...20%; снижение стоимости аппаратов объясняется их меньшей металлоемкостью;

- уменьшение габаритных размеров и массы теплообменников позволяет в свою очередь дополнительно экономить на строительстве фундаментов и опорных конструкций («этажерок») еще на 15...20% и, кроме того, уменьшается длина (и цена) технологических трубопроводов;

- на 10...15% уменьшаются операционные расходы, связанные с прокачкой теплоносителей по теплообменному ряду.

Еще одним важным преимуществом применения трубных пучков с витыми трубками является возможность замены трубных пучков гладких на витые, используя старые

корпусы теплообменников без демонтажа старых аппаратов и без изменения трубопроводной обвязки; достаточно заменить только трубные пучки, при этом нагрузки на существующие опорные конструкции и фундаменты не увеличиваются. Такой подход позволяет при минимальных капиталовложениях на 20...40% интенсифицировать теплообмен на старых технологических установках. Это позволяет повысить мощность установок, снизить удельный расход энергоносителей (топлива, электроэнергии, оборотной воды и т. д.), и, как следствие, повышается операционная эффективность производства в целом.

Трубные пучки с витыми трубками уже не первый год успешно применяются на многих российских предприятиях, а за рубежом тысячи таких аппаратов работают уже десятки лет.

АО «ИПН» совместно с ООО «СТИМ» разрабатывают проектно-сметную документацию реконструкции действующих технологических установок, оптимизируя технологические схемы, в том числе увеличивая рекуперацию тепла с применением пучков с витыми трубками. Это позволило на отдельных НПЗ повысить мощность технологических установок на 20...30%, сохранив работающие печи и ректификационные колонны, снизив при этом удельные расходы энергоносителей (топлива, электроэнергии, оборотной воды) до 15...40%, что в свою очередь значительно снижает негативное влияние производства на окружающую среду.

Как показывает практика, срок окупаемости затрат в такого рода реконструкции чаще всего менее одного года.

Москва, июль 2025 года

СРАВНЕНИЕ РЕШЕНИЙ: ГЛАДКИЕ ТРУБЫ (ГТ) И ВИТЫЕ ТРУБЫ (ВТ)

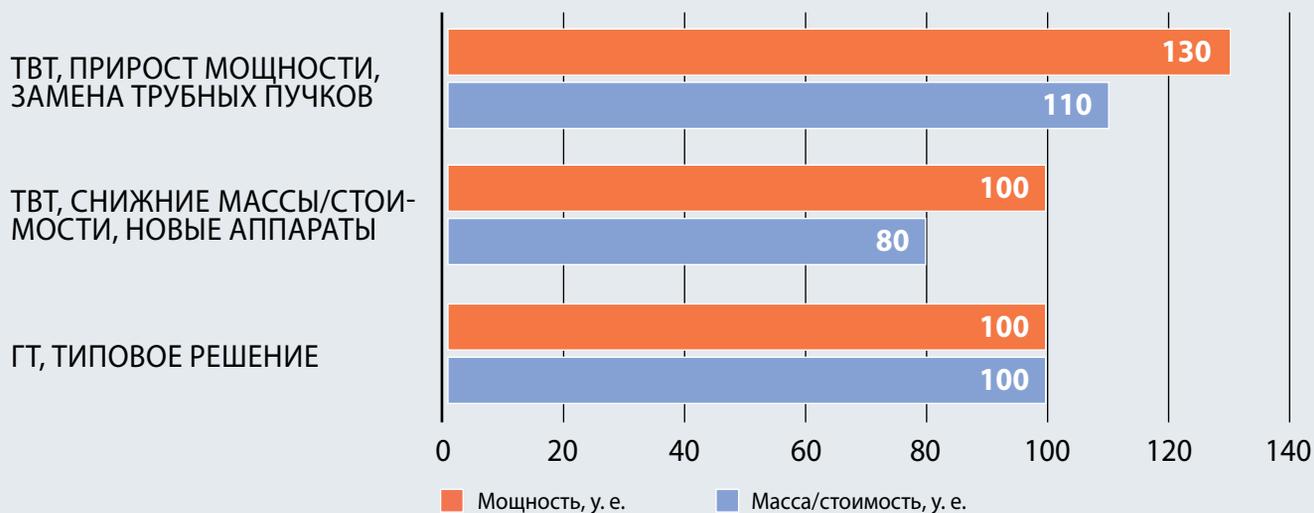


Таблица 4 – Сравнение эффекта при новом строительстве и модернизации установок