

Научная статья

УДК 66.045

СРАВНЕНИЕ ПЛАСТИНЧАТЫХ И КОЖУХОТРУБНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Екатерина Сергеевна Зайцева¹, Ксения Сергеевна Левончук

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет,
Нижний Новгород, Россия

¹ katya_zajceva_98@mail.ru

Аннотация. В работе проведено сравнение пластинчатых и кожухотрубных теплообменных аппаратов. Рассмотрены достоинства и недостатки тех и других, а также сделаны выводы об актуальности каждого из вариантов.

Ключевые слова: энергосбережение, кожухотрубные теплообменники, пластинчатые теплообменники, тонкостенные теплообменные аппараты интенсифицированные

Для цитирования: Зайцева Е. С., Левончук К. С. Сравнение пластинчатых и кожухотрубных теплообменных аппаратов // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика. Даниловские чтения — 2021 = Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021 : сборник научных трудов. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2023. С. 91–98.

Original article

COMPARISON OF PLATE AND SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGERS

Ekaterina S. Zaitseva¹, Ksenia S. Levonchuk

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering,
Nizhny Novgorod, Russia

¹ katya_zajceva_98@mail.ru

Abstract. The paper compares plate and shell-and-tube heat exchangers. The advantages and disadvantages of both are considered, and conclusions are drawn about the relevance of each of the options.

Keywords: energy saving, shell-and-tube heat exchangers, plate heat exchangers, thin-walled heat exchangers intensified

For citation: Zaitseva E. S., Levonchuk K. S. (2023). Sravneniye plastinchatykh i kozhukhotrubnykh teploobmennyykh apparatov [Comparison of plate and shell-and-tube heat exchangers]. *Ehnergo- i resursosberezhenie. Ehnergoobespechenie. Netradicionnye i vozobnovlyaemye istochniki ehnergii. Atomnaya ehnergetika. Danilovskie chteniya — 2021* [Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021]. Ekaterinburg : Ural University Publishing House, 2023. P. 91–98. (In Russ).

В настоящее время все больше внимания уделяется проблеме энергосбережения в системе централизованного и децентрализованного теплоснабжения (ТС) потребителей. Одним из путей ее решения является обеспечение надежной и эффективной работы теплообменного оборудования.

До недавнего времени повсеместно использовались кожухотрубные водо-водяные теплообменники. Они применялись как для систем отопления при их независимом присоединении к тепловым сетям, так и для систем горячего водоснабжения (ГВС) в закрытых системах теплоснабжения. Однако в связи с тем, что в последние годы интенсивно проводится замена устаревшего тепломеханического оборудования в индивидуальных тепловых пунктах (ИТП) и центральных тепловых пунктах (ЦТП), используемые ранее кожухотрубные теплообменные аппараты (КТТО) заменяют пластинчатыми теплообменниками (ПТО), причем преимущественно на ПТО разборного типа (РПТО). Это связано с тем, что в сравнении с громоздкими КТТО, ПТО показали революционным решением в свое время, так как обладали существенными преимуществами, по сравнению с их «старшими братьями». Рассмотрим, так ли это и по сей день.

В таблице приведены самые явные различия, позволяющие отдать предпочтение пластинчатым теплообменникам [1; 2].

Тем не менее, существенным недостатком ПТО являются высокие гидравлические потери, из-за чего скорость воды в каналах теплообменного аппарата не должна превышать 0,4 м/с, что ограничивает возможность регулирования тепловой мощности и ухудшает их массогабаритные характеристики при увеличении скорости теплоносителя.

Таблица

Сравнение РПТО и КТТО

Параметры	РПТО	КТТО
Соотношение коэффициента теплопередачи	3–5	1
Время разборки, мин	15	100
Срок эксплуатации, лет	15–20	10
Замена уплотнений/латунной трубы от стоимости аппарата, %	15–25	80–90
Обнаружение течи без разборки аппарата	Возможно	Невозможно
Чувствительность к вибрации	Нечувствительный	Чувствительный
Материал пластин/трубок	Нержавеющая сталь	Латунь, медь
Теплоизоляция	Не требуется	Необходима
Изменение площади поверхности теплообмена	Возможно, кратно количеству пластин	Невозможно
Соединение при сборке	Разъемные	Сварка
Специальный фундамент	Не требуется	Требуется
Доступность для внутреннего осмотра и чистки	Разборный. Легкодоступный осмотр, обслуживание и замена любой части, а также механическая чистка и промывка пластин	Неразборный. Простая замена частей невозможна, возможна только промывка
Уплотнения	Возможность замены уплотнений на новые. Жестко зафиксированы в каналах пластины. Отсутствие протечек после механической чистки и сборки	Неразборный. Простая замена невозможна
Возможная разность температур теплоносителя и нагреваемой среды на выходе, °С	1–2	5–10

Преимуществами же КТТО по сравнению с конкурентами являются эксплуатационные свойства: неприхотливость, малое количество уплотняющих прокладок, низкая загрязняемость трубного пространства, возможность очистки поверхностей теплообмена.

Однако, как известно, все совершенствуется, и кожухотрубные теплообменники прогресс не обошел стороной. На фоне победного шествия пластинчатых теплообменников, можно сказать, что произошла революция в «семействе кожухотрубных».

Уже достаточно давно появились тонкостенные теплообменные аппараты интенсифицированные (ТТАИ) [3], по сути, относящиеся к кожухотрубным, поэтому можно достаточно объективно их сравнить с уже полюбившимися всем РПТО. Схемы ТТАИ представлены на рис. 1 [3].

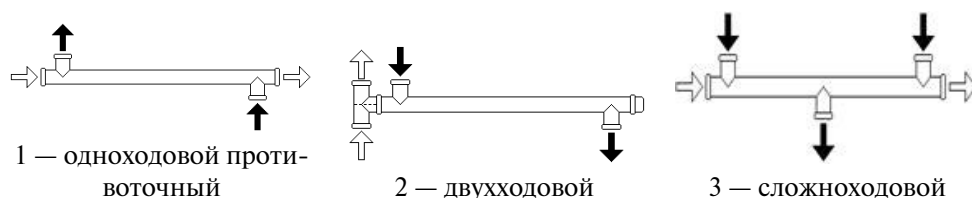


Рис. 1. Схемы теплообменников ТТАИ

Рассмотрим основные преимущества пластинчатых теплообменников над кожухотрубными, и, возможно, увидим, что РПТО — это не единственно правильное решение проблемы повышения энергоэффективности теплообменного оборудования.

Высокий коэффициент теплопередачи. Как показано в табл., коэффициент больше у РПТО, что обосновывается развитой турбулизацией потока и тонкостенностью теплопередающих пластин. Численно он равен $4000\text{--}6000 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$. Однако современные ТТАИ уже давно работают с коэффициентом теплопередачи и более $8000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$. Кроме того, известно, что методы турбулизации потока для трубок проработаны в современной теплообменной технике лучше, чем для пластин.

Компактность. Как было замечено ранее, на фоне «советских» кожухотрубных теплообменников пластинчатые выглядели впечатляюще компактными. Однако с учетом современных разработок кожухотрубные теплообменники не только занимают меньшие площади — они могут занимать минимальное пространство.

Сегодня легкость и возможность бесфундаментного размещения ТТАИ позволяет смонтировать тепловой пункт в плоскости стены или даже потолка (так называемые «планшетные теплопункты») (рис. 2, 3).

Это экономически очень выгодный потребительский фактор, так как «компактность» позволяет сэкономить на аренде пространства, с учетом чего застройщики высвобождают площади при отказе от пластинчатых теплообменников в пользу ТТАИ [3].

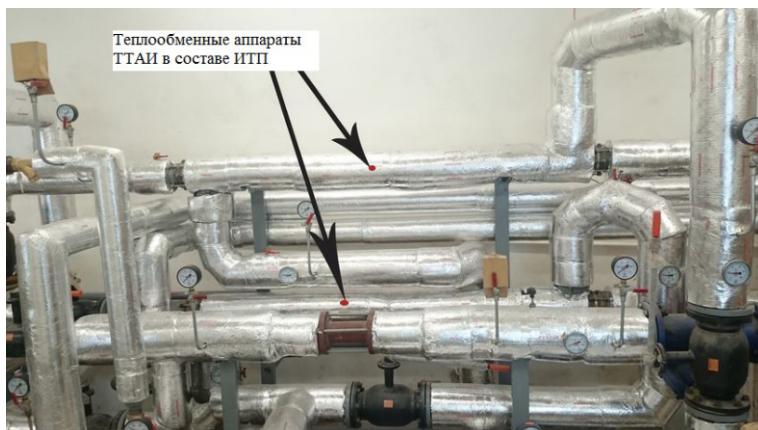


Рис. 2. ИТП с теплообменниками ТТАИ



Рис. 3. «Планшетный» ИТП размещен в плоскости стены

Это достоинство также приходит на помощь, когда необходимо перейти с «открытой» схемы ГВС на «закрытую», и отсутствие какого-либо пространства для размещения ИТП в многоквартирных домах старой застройки находит выход в применении ТТАИ. В этом случае узел подготовки ГВС можно вписать даже под лестницу (рис. 4) [3].



Рис. 4. ИТП (блок ГВС) размещен под лестничным пролетом

Легкость технического обслуживания. Как показано в табл., РПТО можно разобрать и собрать обратно после проведения необходимых манипуляций. Однако этот процесс должен проходить на месте из-за значительной массы теплообменника. Зачастую при этом нужны специальные приспособления или оснастка, а в рабочей группе должно быть не менее трех человек, но главное — требуется постоянная замена резиновых уплотнительных прокладок, имеющих сложную форму, так как в процессе манипуляций они зачастую повреждаются.

Стоимость комплекта таких прокладок составляет около 20 % и более от стоимости нового пластинчатого теплообменника. Срок службы по паспорту составляет 5 лет, на практике с использованием герметиков этот срок можно растянуть до 7 лет. Другими словами, за 20 лет периода эксплуатации пластинчатого подогревателя его обладателю придется заменить уплотнения как минимум 2 раза, и, возможно, заплатить за это сумму, соизмеримую со стоимостью теплообменника.

По контрасту с этой проблемой в ТТАИ имеются всего две резиновые прокладки, и они имеют исключительно простую кольцевую форму. В том случае, если потребуется их замена, сумма составит около 0,015 % от стоимости теплообменника. При этом, поскольку теплообменники ТТАИ в среднем в 10 раз легче современных пластинчатых аппаратов, их можно легко демонтировать и транспортировать в помещение для техобслуживания (ТО). Также необходимо отметить, что ТТАИ — разборные, и трубный пучок элементарно извлекается одним слесарем (рис. 5). Очистка отложений может быть произведена простой

щеткой. В дополнение к этому в теплообменнике реализован принцип самоочистки, что позволяет увеличить срок эксплуатации перед капитальной очисткой и замедлить загрязнение [3].



Рис. 5. Теплообменник ТТАИ в разобранном виде (а) и собранном виде (б)

Итак, в ходе технического прогресса развивается и теплообменная техника, ее новые образцы обладают, как правило, более привлекательными потребительскими свойствами. Рассматривая модернизацию кожухотрубных теплообменников, можно сделать вывод, что на данный момент они составляют достойную конкуренцию пластинчатым теплообменникам. Это ни в коем случае не умаляет достоинств ПТО, которые по-прежнему широко применяются, являются актуальными и оптимальными в тех или иных ситуациях. Пластинчатые теплообменники все также являются высокоэффективными и высококачественными аппаратами, однако, как следует из представленных материалов, можно убедиться, что в ряде случаев ТТАИ являются более уместным решением проблемы.

Список источников

1. Петров А. Д., Сысолятин С. А., Ильин В. В. Сравнение пластинчатых и кожухотрубных теплообменных аппаратов // Молодой ученый. 2017. № 18 (152). С. 65–70. URL: <https://moluch.ru/archive/152/43096/> (дата обращения: 20.11.2021).
2. Зингер Н. М., Тарадай А. М., Бармина Л. С. Пластинчатые теплообменники в системах теплоснабжения. М. : Энергоатомиздат, 1995. 270 с.
3. Теплообменные аппараты ТТАИ // Теплообмен : [сайт]. URL: <https://ttai.ru/catalog/Teploobmennyye-apparaty-TTAI/> (дата обращения: 20.11.2021).

References

1. Petrov A. D., Sysolyatin S. A., Ilyin V. V. Comparison of plate and shell-and-tube heat exchangers // Young scientist. 2017. No. 18 (152). P. 65–70. URL: <https://moluch.ru/archive/152/43096/> (date of access: 11.20.2021).
2. Singer N. M., Taradai A. M., Barmina L. S. Plate heat exchangers in heat supply systems. Moscow : Energoatomizdat, 1995. 270 p.
3. Heat exchangers TTAI // Heat exchange : [website]. URL: <https://ttai.ru/catalog/Teploobmennyye-apparaty-TTAI/> (date of access: 11.20.2021).

Информация об авторах

Зайцева Екатерина Сергеевна — студентка Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета (Нижний Новгород, Россия), katya_zajceva_98@mail.ru

Левончук Ксения Сергеевна — студентка Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета (Нижний Новгород, Россия), kselevand@yandex.ru

Information about the authors

Ekaterina S. Zaitseva — Student of the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering (Nizhny Novgorod, Russia), katya_zajceva_98@mail.ru

Ksenia S. Levonchuk — Student of the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering (Nizhny Novgorod, Russia), kselevand@yandex.ru