

УДК 621.577:536

Хавин Г.Л.

ПЛАСТИНЧАТОЕ ТЕПЛОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

Одним из основных компонентов в составе тепловых насосов (ТН) является теплообменное оборудование, а именно, испарители и конденсаторы, промежуточные подогреватели и охладители. В каскадных парокомпрессионных теплонасосных установках (ТНУ) применяют совмещенный аппарат испаритель-конденсатор, выполняющий одновременно две функции. В абсорбционных установках также часто применяют теплообменные аппараты, выполняющие две функции: испарителя и абсорбера, конденсатора и генератора.

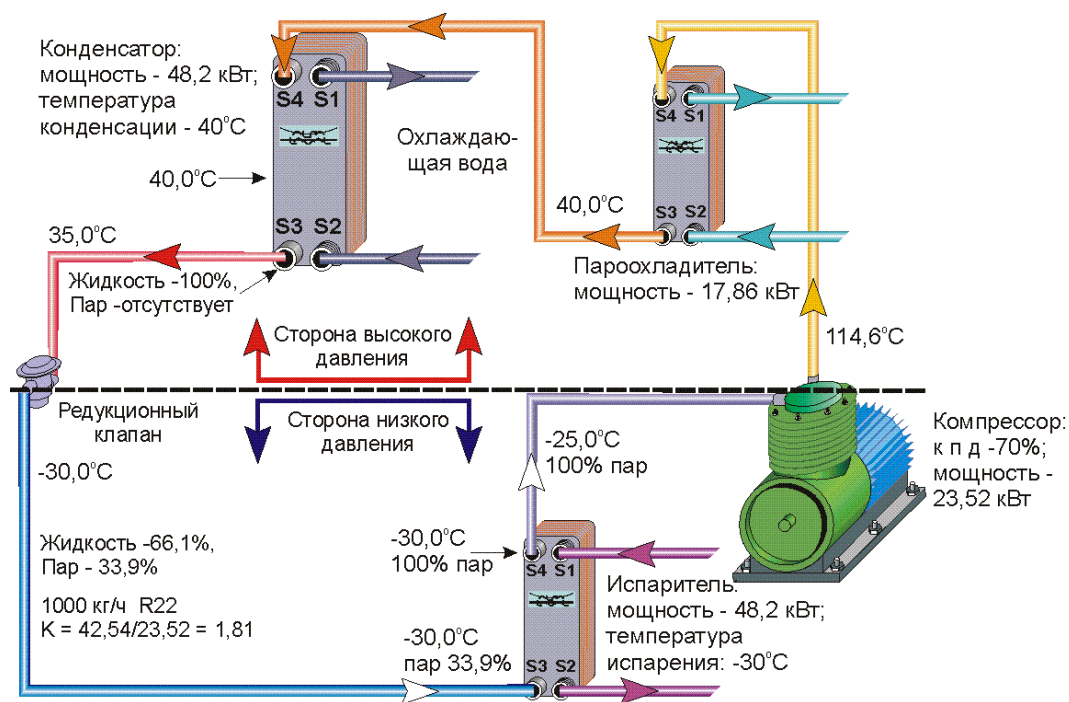


Рисунок 1 – Схема компрессионного теплового насоса, с использованием в качестве испарителя, конденсатора и пароохладителя паяных пластинчатых теплообменников [1]

В последнее время все большее распространение в составе ТН получили пластинчатые конденсаторы и испарители. Это объясняется, прежде всего, высокой эффективностью теплопередачи, компактностью и надежностью в работе. Их применение определяется назначением ТН, используемым источником низкотемпературного тепла, циклом работы и его комплектацией.

Главной целью настоящей статьи является анализ современных достижений применения пластинчатого теплообменного оборудования в тепловых насосах, включая положительные и отрицательные стороны использования данного вида оборудования и,

по возможности, определить пути дальнейшего развития конструкций ТН с использованием пластинчатых конденсаторов и испарителей.

На рис. 1 представлена схема традиционного ТН, у которого в качестве испарителя и конденсатора используются пластинчатые аппараты [1]. Для большинства наиболее эффективных тепловых насосов, выпускаемых серийно, находят применение паяные пластинчатые теплообменники. Такой аппарат весит примерно на 25 % меньше и занимает объем на 25 % меньше, чем его самые удачные конкуренты. Объем теплоносителя в аппарате составляет примерно 2 л/м² теплопередающей поверхности (практически в 10 раз меньше, чем у кожухотрубного), что на практике обеспечивает быстрое заполнение аппарата (подготовка к работе или остановка) и быстрое реагирование на изменение тепловой нагрузки. Коэффициент теплопередачи для паяных пластинчатых теплообменников с противоточным движением теплоносителей примерно в 3 раза выше, чем для трубчатых аналогов.

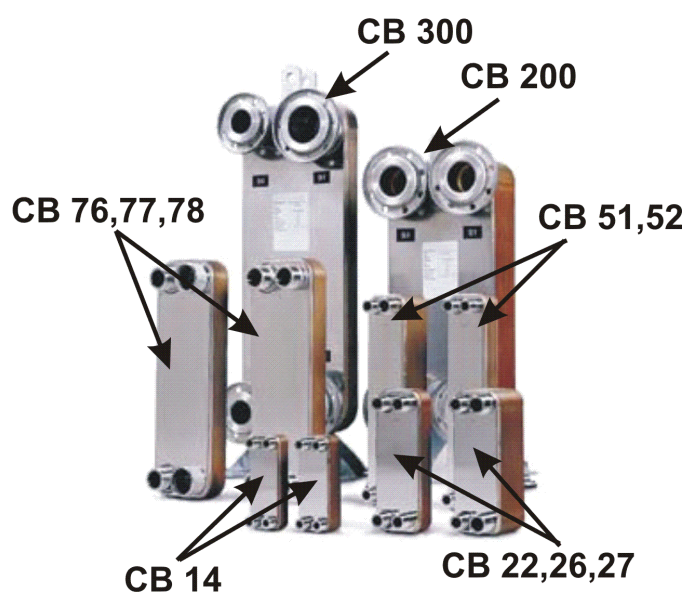


Рисунок 2 – Номенклатура меднопаяных пластинчатых теплообменников фирмы «Альфа Лаваль»

В паяных аппаратах пластины спаяны между собой в пакет медной или никелевой пайкой, рис.2. Каналы в паяных аппаратах, как и в разборных, образованы двумя пластинами и отличаются по теплоотдаче и гидравлическому сопротивлению.. Например, для теплообменников «Альфа Лаваль» это Н, L, МН, МL – каналы [2]. Выбор того или иного типа пластин и их количества определяется конкретными условиями задачи. Тем не менее, некоторые рекомендации по выбору того или иного типа пластин можно сформулировать следующим образом:

- при больших расходах и небольшой тепловой нагрузке (например, малая удельная теплоемкость или небольшая разность температур на выходе и входе теплоносителя) желательно использовать каналы с низким гидравлическим сопротивлением (L – каналы);
- при малых расходах и высокой тепловой нагрузке предпочтительней использовать каналы с высокой теплоотдачей и, следовательно, с высоким гидравлическим сопротивлением (Н – каналы).

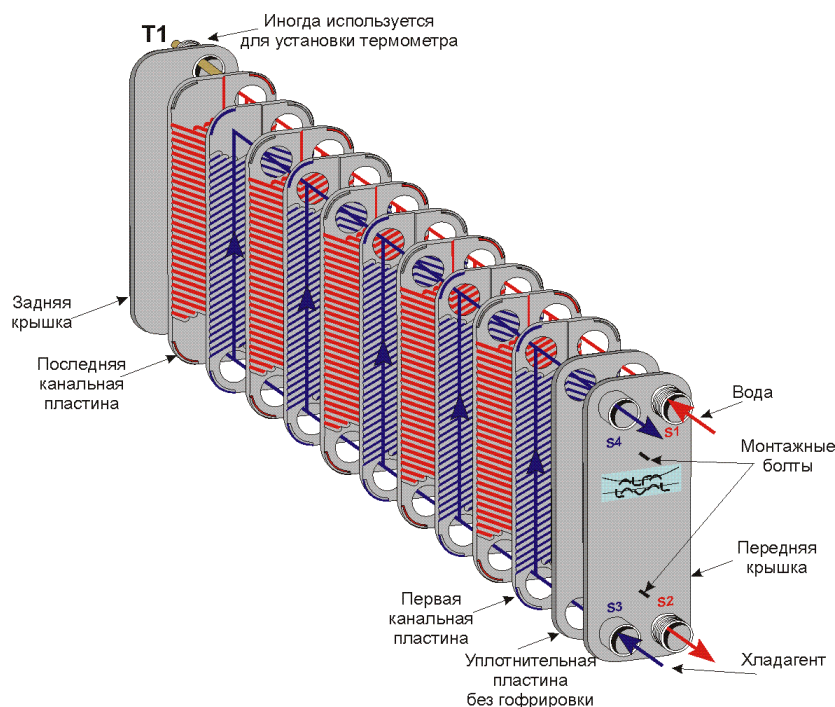


Рисунок 3 – Конструкция паяного пластинчатого теплообменника

Таблица 1 – Технические данные паяных теплообменников «Альфа Лаваль»

Рабочий параметр	Тип аппарата				
	CB27	CB52	CB77	CB200	CB300
Минимальная рабочая температура, °С	-160	-160	-160	-160	-160
Максимальная рабочая температура, °С	225	225	225	225	225
Рабочее давление, МПа	3,0	3,0	2,5	2,5	2,5
Объем жидкости в канале, л	0,06	0,1	0,26	0,51	0,7
Максимальный расход (при скорости в присоединении 5 м/с), м ³ /ч	12,7	12,7	63,0	102	140
Стандартное количество пластин	10,18,24, 34,50,70, 100,120	10,20,30, 40,50,60, 70,80	20,30,40,50, 60,70,80,90, 100,110,120, 130,140,150	Непрерывный ряд	

Паяные теплообменники для холодильной техники и ТН конструктивно выполнены таким образом, что всегда имеют на один канал по воде больше, чем по хладагенту, рис.3. В результате в крайних каналах примыкающих к передней и задней крышке аппарата всегда находится вода. Число теплообменных каналов по обоим теплоносителям равно. Обычно первая пластина после передней крышки служит как прокладка и гофрировки не имеет. Первая ходовая пластина для стандартного паяного пластинчатого теплообменника – с углом наклона гофры, направленным вверх, последняя пластина перед задней крышкой – с углом гофрировки, направленным вниз. Практически все со-

временные выпускаемые модели паяных пластинчатых теплообменников симметричные. Практически все современные выпускаемые модели паяных пластинчатых теплообменников симметричные.

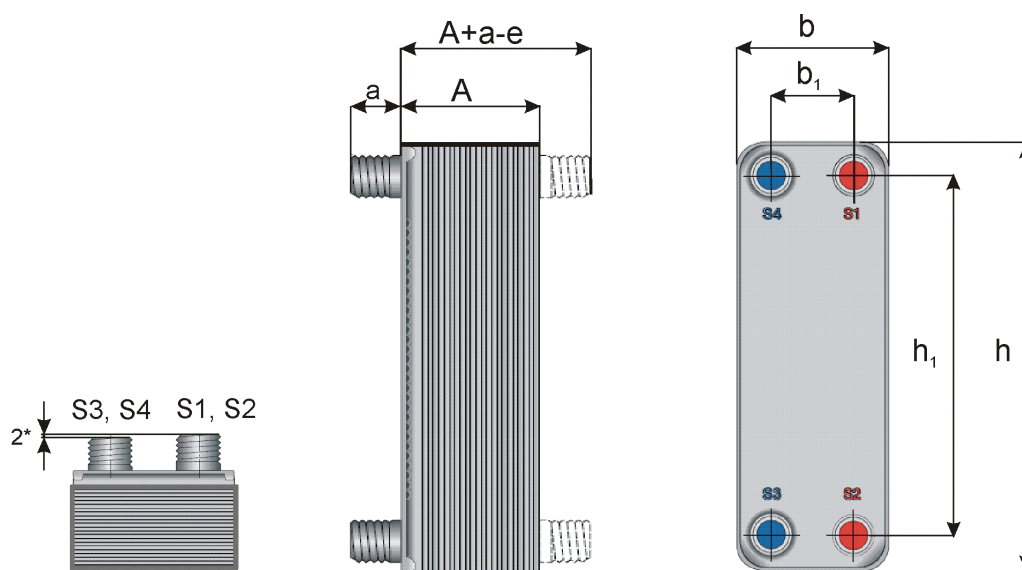


Рисунок 4 – Основные размерные параметры паяных пластинчатых теплообменников производства фирмы «Альфа Лаваль»:

$e=8$ - для теплообменников серии СВ76/СВ77, для всех остальных марок кроме СВ200 и СВ300 $e=6$; 2^* – для всех аппаратов, кроме СВ22, СВ76/ СВ77, СВ200, СВ300

Таблица 2 – Стандартные размеры меднопаяных теплообменников производства фирмы «Альфа Лаваль» (n – число пластин в аппарате)

Тип аппарата	Стандартные размеры, мм						Вес, кг
	h	h_1	b	b_1	a	A	
СВ14	208	172	78	42	24	$8+n \times 2,35$	$0,7+n \times 0,06$
СВ26/СВ27	310	250	112	50	45	$9+n \times 2,40$	$1,2+n \times 0,13$
СВ51/СВ52	526	466	112	50	45	$10+n \times 2,40$	$1,9+n \times 0,23$
СВ76/СВ77	618	519	191	92	48	$10+n \times 2,85$	$7,0+n \times 0,44$
СВ200	734	622	319	205	74	$12,5+n \times 2,65$	$29+n \times 0,60$
СВ300	990	816	365	213	244	$15+n \times 2,62$	$57+n \times 1,26$

На рис. 4 основные размерные параметры паяных пластинчатых теплообменников производства фирмы «Альфа Лаваль», числовые значения которых приведены в табл. 2.

Кроме меднопаяных пластинчатых аппаратов серийно выпускаются никельпаяные теплообменники (рис. 5, а), которые часто используются в холодильниках, тепловых насосах, в охлаждении по ходу технологического процесса, оборудовании катков и в абсорбционных аппаратах и системах. Конструктивно они аналогичны меднопаяным аппаратам, их рабочие параметры и габариты представлены в табл. 3, 4.



а)	б)	в)	г)
----	----	----	----

Рисунок 5 – Специальные неразборные пластинчатые теплообменники производства фирмы «Альфа Лаваль»:

а) никельпаяный; б) «Alfa Nova» – теплообменник, полностью изготовленный из нержавеющей стали; в) аппарат серии HP; г) теплообменник марки «Alfa Chill 250»

Таблица 3 – Рабочие параметры никельпаяных теплообменников NB14 и NB26 производства фирмы «Альфа Лаваль»

Рабочий параметр	Тип аппарата	
	NB14	NB26
Минимальная рабочая температура, °С	-50	-50
Максимальная рабочая температура (при рабочем давлении 16 бар), °С	225	225
Максимальная рабочая температура (при рабочем давлении 12 бар), °С	400	400
Минимальное рабочее давление,	вакуум	вакуум
Максимальное рабочее давление, бар	16	16
Давление испытания, бар	24	24
Объем жидкости в канале, л	0,02	0,05
Максимальный расход (при скорости в присоединении 5 м/с), м ³ /ч	3,6	8,1

Таблица 4 – Стандартные размеры никельпаяных теплообменников NB14 и NB26 производства фирмы «Альфа Лаваль» (n – число пластин в аппарате)

Тип аппарата	Стандартные размеры, мм						Вес, кг
	h	h ₁	b	b ₁	a	A	
NB14	208	172	78	42	24	8+n×2,35	0,7+n×0,06
NB26	310	250	112	50	45	9+n×2,4	1,2+n×0,13

Кроме того, фирма «Альфа Лаваль» выпускает паяный пластинчатый теплообменный аппарат «ALfaNova» полностью из нержавеющей стали (рис. 5, б), который из-

готовлен на основе технологии пайки расплавлением. Он менее других аппаратов такого типа подвержен коррозии и отвечает всем санитарным требованиям при использовании в большинстве приложений. Теплообменник «ALfaNova» обладает повышенной механической прочностью и может работать при температурах вплоть до 550 °С. Особенно эффективно его применение в системах кондиционирования, где используется чистая вода, аммиак, а также для приготовления горячей воды высокой температуры и давления в центральных тепловых сетях. Высокое сопротивление коррозии, а значит и высокая долговечность функционирования, позволяют надеяться на его широкое применение в тепловых насосах.

Стандартное исполнение теплообменника предусматривает (рис.3) вход хладагента снизу в коллекторное отверстие S_3 (слева, если смотреть на переднюю крышку) и выход сверху через коллекторное отверстие S_4 . По воде – вход сверху в S_1 и выход из S_2 (расположенные справа на передней крышке). Изменение входа-выхода теплоносителей возможно, но не рекомендуется, так как изготовление такого нестандартного аппарата обычно гораздо дороже и дольше, к тому же использовать его где-нибудь на другой позиции уже невозможно.

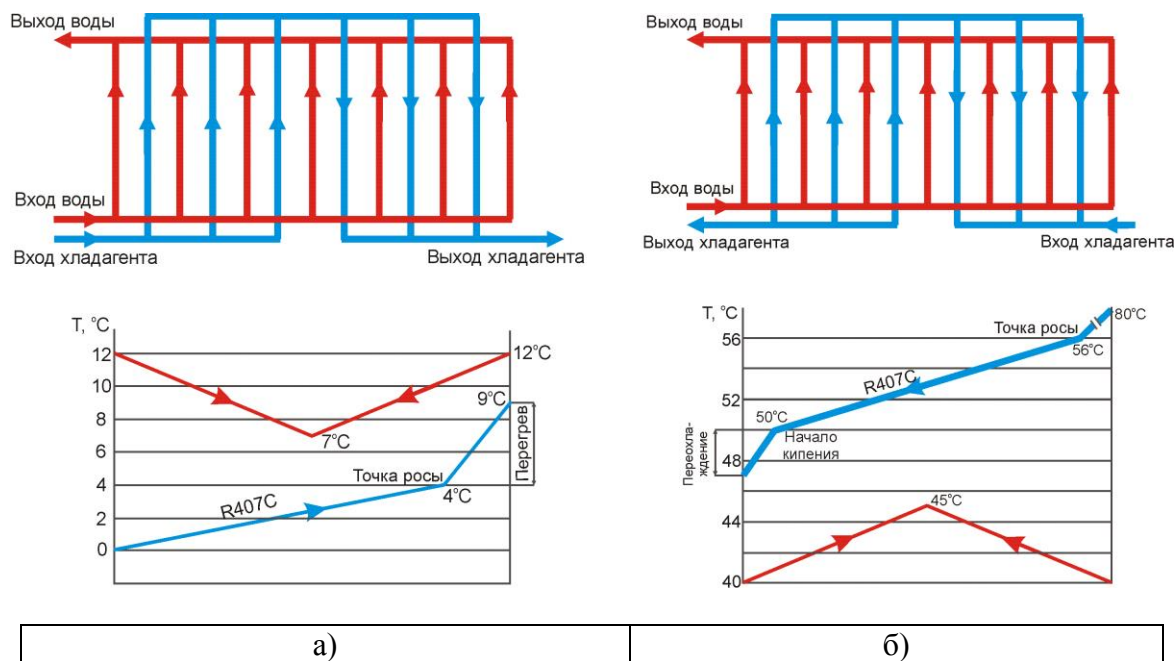


Рисунок 6 – Движение потоков и диаграмма работы теплообменника НР в режиме:
а) испарителя; б) конденсатора

Специальная гамма аппаратов разработана для применения в качестве испарителей и конденсаторов, например, высокопроизводительные аппараты серии НР (High Performance) производства фирмы «Альфа Лаваль», данный аппарат, представленный на рис. 5, в), работает как в режиме противоточного движения теплоносителей, так и при прямоточном движении. Главными отличиями его являются увеличенный КПД по сравнению с другими аппаратами, компактность и малый вес. Теплообменники серии НР производства фирмы «Альфа Лаваль» нашли свое применение в обратимых тепловых насосах, где отмечается особая эффективность их функционирования при работе с фреоном марки R407C.

На рис. 6 схематически показана диаграмма работы теплообменника НР в режиме испарителя и конденсатора.

В качестве испарителя во многих приложениях холодильной техники применяются специальные паяные теплообменные аппараты, характерным представителем которых является теплообменник марки Alfa Chill 250 производства фирмы «Альфа Лаваль», рис. 5, г). Характерным свойством аппаратов такого класса является возможность их использования с двумя контурами хладагентов, о чем будет изложено в следующем параграфе. Кроме того, специальная система распределения хладагента увеличивает производительность аппарата, чему способствует также диагональное течение теплоносителя в каналах теплообменника.

В настоящее время в Украине отсутствует единая методика экономически обоснованной эффективности применения ТН. Это объясняется большим количеством факторов, в том числе текущим состоянием экономики, возможностью долгосрочного планирования, тарифной и ценовой политикой, стоимостью теплоносителей и органического топлива. Однако, если до появления высокоэффективного пластинчатого теплообменного оборудования внедрение тепловых насосов было связано кроме технических трудностей с проблемой размещения агрегата, то в настоящее время применение компактных пластинчатых теплообменников в значительной степени сняло эту проблему и открыло возможность широкого применения ТН в коммунальной энергетике и промышленности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Европейского сообщества в рамках проекта SHERHPA, контракт № COLL-СТ-2004-500229.

Литература

1. Stenhede C. A technical Reference Manual for Plate Heat Exchangers in Refrigeration and Air conditioning Applications – Sweden, Lund: Alfa Laval Thermal, Third edition, 1998.– 162 p.
2. Пластинчатые теплообменники в промышленности / Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Г.Л. Хавин и др. – Харьков: НТУ „ХПИ”, 2004.– 232 с.

УДК 621.577:536

Хавін Г.Л.

ПЛАСТИНЧАСТЕ ТЕПЛОБМІННЕ ОБЛАДНАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

Наведені дані про найбільш ефективне обладнання для конденсаторів та випарників теплових насосів – паяні пластинчасті теплообмінники фірми „Альфа Лаваль”. Застосування цього обладнання пояснюється, поперед усього, їх високою ефективності теплопередачі, компактністю і надійністю у роботі. Запропоновані рекомендації по використанню цих апаратів у різних типах теплових насосів.