

УДК 621.59 (075.8)

К.А. Иванов, Н.В. Павлов

ООО «НПО Мониторинг», Щёлковское шоссе, 100, корпус 1, офис 34, г. Москва, РФ, 105523

e-mail: mail@monitoring-npo.ru

СОВРЕМЕННЫЕ АТМОСФЕРНЫЕ ИСПАРИТЕЛИ КРИОГЕННЫХ ЖИДКОСТЕЙ

С приходом из-за рубежа новых технологий, активно использующих все виды технических газов, высокими темпами в СНГ развивается рынок криогенного оборудования. Применение значительных объёмов технических газов, в том числе продуктов разделения воздуха и природного газа, требует создания систем хранения и газификации криогенных продуктов. Компанией «НПО Мониторинг» разработан собственный типоразмерный ряд атмосферных испарителей из продольно-оребрённой трубы специального профиля. Использование трубы российского производства позволяет снизить стоимость продукции и оперативно реагировать на запросы рынка. В статье рассматриваются преимущества и основные характеристики испарителей, изготавливаемых из продольно-оребрённой трубы, а также особенности конструкций разработанного ряда изделий.

Ключевые слова: Жидкие криопродукты. Криогенное оборудование. Атмосферные испарители. Продольно-оребрённая труба. Технические газы. Газификаторы.

К.А. Иванов, Н.В. Павлов**MODERN ATMOSPHERIC VAPORIZERS OF CRYOGENIC LIQUIDS**

A rapid development of a cryogenic equipment market in the CIS is caused by the arrival of abroad new technologies, which actively use all kinds of industrial gases. The use of significant quantity of industrial gases, including air separation products and natural gas, requires storage and gasification systems of cryogenic products. NPO Monitoring, LLC has developed a standard range of atmospheric vaporizers from a longitudinal ribbed pipe of a special shape. The use of a Russian pipe allows to reduce its cost and respond quickly to the market demands. This article shows the benefits and the main characteristics of vaporizers made from lengthwise ribbed pipes and also the products design peculiarities.

Keywords: Liquid cryoproducts. Cryogenic equipment. Atmospheric vaporizers. A longitudinal ribbed pipe. Industrial gases. Gasifiers.

1. ВВЕДЕНИЕ

Эффективность отечественного производства, как показывает наш опыт, подчас ниже из-за того, что, в отличие от России, на западе исторически рачительнее относятся к ресурсам. Подтверждение тому — газификация сжиженных газов на российских промышленных предприятиях в осенне-зимний период с использованием значительных энергоресурсов (пар, электричество, природный газ, жидкое углеводородное топливо) для обогрева непрерывно работающих теплообменников.

В зарубежных странах, в том числе в регионах ничуть не уступающих России по суровости климата, из-за дороговизны ресурсов повсеместно используются атмосферные испарители. Ведущими компаниями разработаны эффективные приёмы эксплуатации систем газификации продуктов разделения воздуха, а также сжиженного природного газа (СПГ) с поочерёдным обогревом кантующихся атмосферных испарителей (фото 1).

Новый экономический вызов заставил отечественную промышленность пересмотреть свои подходы к использованию энергетических ресурсов, чтобы исключить их нерациональный расход. В связи с этим проявляется интерес к замене «неэкономичных» средств газификации на атмосферные испарители, что позволяет существенно снижать расходы при снабжении производств техническими газами.

В российской промышленности с 70-ых годов прошлого века при малых и средних расходах газифицируемого продукта (до 2000 $\text{нм}^3/\text{ч}$) применялись атмосферные испарители, основными элементами которых являлись плоские паянные панели с внутренними каналами (фото 2) [1].

Изготовление таких панелей — трудоёмкий процесс с высоким процентом брака. Такие испарители к тому же недостаточно надёжны в эксплуатации, а после частого выхода из строя резьбовых соединений панелей — неремонтопригодны. Кроме того, собранные из панелей аппараты, имеют неэстетичный вид (фото 3).



Фото 1. Атмосферные испарители в работе



Фото 2. Плоская панель атмосферного испарителя



Фото 3. Атмосферный испаритель панельного типа

В конце 80-ых годов прошлого века ОАО «Криогенмаш» была сделана попытка массового производства атмосферных испарителей из продольно-оребрённой трубы, аналогичных тем, что производятся в Европе и США. Выпуск продольно-оребрённой трубы

был освоен во Всесоюзном институте лёгких сплавов (ВИЛС).

2. АНАЛИЗ РЫНКА

Наибольшее распространение в Европе, а также в России в последнее десятилетие получили испарители среднего (до 4,0 МПа) и высокого (до 20,0 МПа) давлений производства компаний «Cryogen BV» (Голландия), «VRV Group» (Италия), «Vanzetti Engineering» (Италия) и «Chart-Ferrox» (США-Чехия). Атмосферные испарители этих компаний отличаются высокой технологичностью, хорошими технико-экономическими показателями и отличным внешним видом (фото 4).



Фото 4. Атмосферный испаритель из продольно-оребрённой трубы

Применение атмосферных испарителей ведущих компаний-производителей осложняется лишь двумя факторами:

- значительными затратами на их доставку в Россию — объём расходов на транспорт и таможенные сборы может даже превышать стоимость самого испарителя на заводе-изготовителе;
- частыми разрушениями испарителей в местах сварки крепёжных элементов во время транспортирования (особенно по территории РФ).

Для решения этих проблем требовалось организовать производство атмосферных испарителей из продольно-оребрённой трубы на территории РФ.

По этому пути пошла компания ООО «КриоВап» (г. Омск) — российско-голландское предприятие-производитель криогенных испарителей, созданное ООО «НТК «Криогенная техника» и «Cryogen BV». Сборка испарителей осуществляется с использованием опыта и комплектующих известного голландского производителя криогенного оборудования «Cryogen BV». Однако в связи с тем, что поставки комплектующих осуществляются из Европы, экономическая привлекательность таких испарителей на российском рынке заметно снижается.

Аналогичное, тоже совместное, белорусско-итальянское производство действует в г. Минске (СП «Белокри»). Существующее упрощённое таможенное оформление произведённой в Беларуси продукции делает испарители СП «Белокри», собираемые из европейских комплектующих, серьёзным конку-

рентом продукции ООО «КриоВап».

Анализ показывает, что наиболее эффективным решением стало бы производство алюминиевого профиля необходимой конфигурации и последующая сборка испарителей на территории РФ. Наша компания пошла именно по этому пути. После детального анализа преимуществ и недостатков выпускаемых в настоящее время профилей типа «снежинка» был разработан профиль, обладающий одновременно развитой поверхностью теплообмена и достаточной для российских условий транспортировки жёсткостью.

3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДОЛЬНО-ОРЕБРЁННОЙ ТРУБЫ

Совместно с одним из признанных лидеров в производстве алюминиевых профилей было освоено производство продольно-оребрённой трубы (рис. 5) на предприятии, оснащённом современным высокотехнологичным оборудованием ведущих европейских фирм. Импортное оборудование, использование первичного алюминия при литье цилиндрических слитков, чётко отлаженная система контроля качества продукции на всех этапах её производства позволили получать оребрённые трубы, не уступающие по качеству ведущим европейским производителям.

Профиль изготавливается в соответствии с ГОСТ 8617-81 «Профили прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов». Первичный материал — алюминий 6060 закаливается и искусственно составляется согласно требованиям [2].

Технология производства профиля, основанная на высокотемпературной экструзии с дальнейшей закалкой, делают его незаменимым при производстве испарителей для жидкого кислорода благодаря отсутствию на его поверхности жировых загрязнений.

Алюминиевый профиль использованной конфигурации с площадью теплообмена $1,115 \text{ м}^2/\text{пог. м}$ обеспечивает заметное увеличение теплового потока к газифицируемой среде в сопоставимых условиях (длительность работы без отогрева и схема коллектирования) по сравнению с аналогами с меньшей площадью теплообмена.

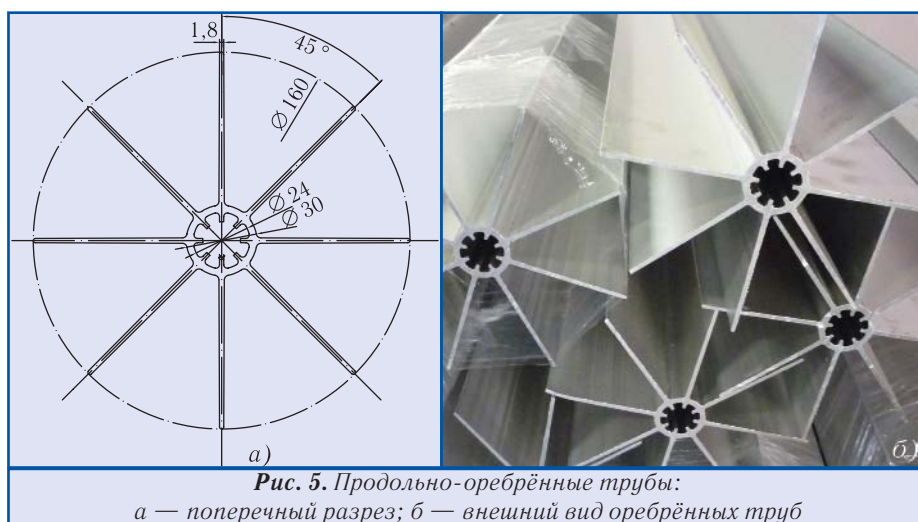


Рис. 5. Продольно-оребрённые трубы: а — поперечный разрез; б — внешний вид оребрённых труб

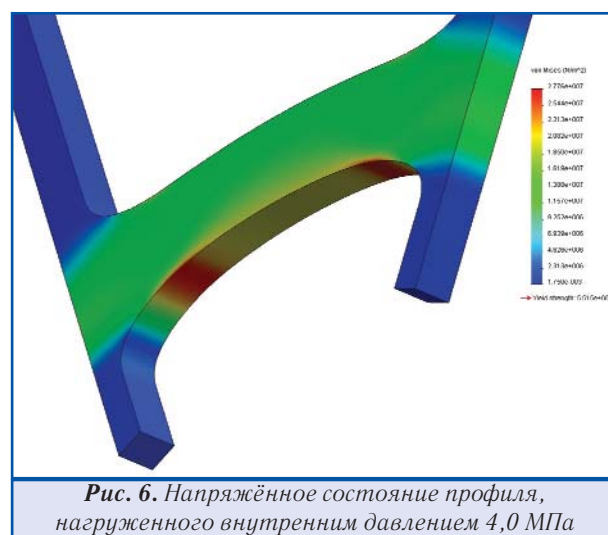


Рис. 6. Напряжённое состояние профиля, нагруженного внутренним давлением 4,0 МПа

Анализ напряжённого состояния профиля, нагруженного рабочим давлением, показал, что общий уровень напряжений в трубе составляет около $1,5 \cdot 10^7 \text{ Па}$. Их максимальные значения оказываются локализованными в очень тонкой области и не превышают $2,78 \cdot 10^7 \text{ Па}$ (см. рис. 6). Т.е. при давлении среды внутри трубы 4,0 МПа в материале профиля возникают напряжения не превышающие $2,78 \cdot 10^7 \text{ Па}$, что ниже предела текучести материала в пришовной зоне и зоне сварного шва и существенно ниже предела текучести термообработанного материала.

4. ТИПОРАЗМЕРНЫЙ РЯД ИСПАРИТЕЛЕЙ

ООО «НПО Мониторинг» разработан широкий ряд навесных и отдельно стоящих производственных испарителей атмосферного типа прямого действия из продольно-оребрённой трубы с производительностью от 20 до 2000 $\text{нм}^3/\text{ч}$. Сборка испарителей осуществляется на собственных производственных площадках.

В таблице приведены основные технические характеристики производственных атмосферных испарителей производства ООО «НПО Мониторинг».

На рис. 7 приведены габаритные размеры и общий вид испарителя среднего давления ИС-0190-С.

Довольно широкий ряд производимых нами испарителей, как следует из таблицы, унифицирован. Для облегчения заказа разработан алгоритм формирования кода испарителя (рис. 8). Согласно алгоритму ИС-0190-С, например, — отдельно стоящий испаритель с номинальной производительностью по азоту $190 \text{ нм}^3/\text{ч}$.

По относительной производительности (производительности, отнесённой к единице массы аппарата) атмосферные испарители

Основные технические характеристики производционных атмосферных испарителей среднего давления для жидких криопродуктов и CO₂

Модель	Площадь, м ²	Масса, кг	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Производительность нм ³ /ч*				
						N ₂	O ₂	Ar	СПГ	CO ₂
ИС-0015-Н	4	17	390	220	2300	15	14	19	12	11
ИС-0035-Н	9	34	850	220	2300	34	32	43	28	26
ИС-0070-Н	18	65	850	450	2300	68	64	85	55	51
ИС-0045-С	13	52	390	390	3660	47	44	59	38	35
ИС-0070-С	20	75	390	620	3660	71	67	89	58	53
ИС-0095-С	27	105	850	390	3660	95	90	119	77	71
ИС-0140-С	40	160	850	620	3660	140	132	175	114	105
ИС-0190-С	54	210	850	850	3660	190	179	238	154	143
ИС-0230-С	67	260	850	1080	3660	235	222	294	191	177
ИС-0280-С	80	315	1310	850	3660	285	269	356	232	214
ИС-0350-С	100	395	1310	2080	3660	356	336	445	289	268
ИС-0430-С	120	475	1310	1310	3660	428	404	535	348	322
ИС-0570-С	160	630	1770	1310	3660	570	538	713	463	429
ИС-1100-С	321	1250	1770	1310	6700	1140	1075	1425	927	857
ИС-1500-С	428	1680	1770	1770	6700	1520	1434	1900	1235	1143
ИС-1900-С	535	2100	2230	1770	6700	1900	1792	2375	1545	1429
ИС-2300-С	669	2620	2230	2230	6700	2375	2241	2969	1931	1786

Примечание: *) Номинальная производительность приведена к следующим условиям: температура окружающей среды — 20 °С, относительная влажность — 75 %, давление газифицируемой среды — 1,5 МПа, недорекуперация — 15 °С, время непрерывной работы испарителя без отогрева — 8 ч.

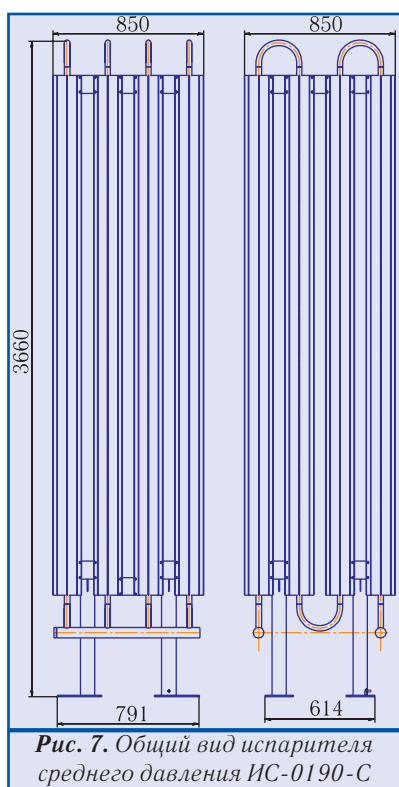


Рис. 7. Общий вид испарителя среднего давления ИС-0190-С

прямой газификации средней и малой мощности выпускаемые нами, при прочих сопоставимых условиях не уступают, а зачастую и превосходят многие зарубежные аналоги.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наличие запаса профиля на складе и отработанная технология производства позволили сократить сроки поставки атмосферных испарителей малой и средней производительности до 3 недель.

Данный тип испарителей может использоваться как для газификации продуктов разделения воздуха,

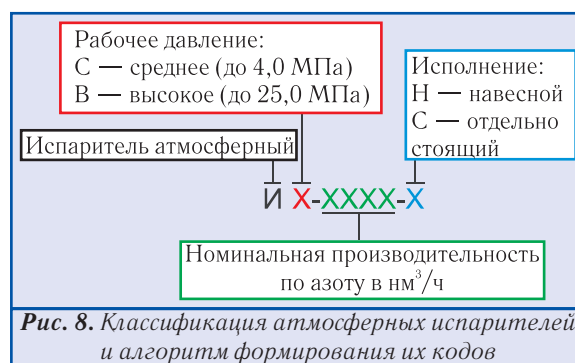


Рис. 8. Классификация атмосферных испарителей и алгоритм формирования их кодов

так и в качестве регазификаторов сжиженного природного газа комплексов автономного газоснабжения СПГ. Наличие парка холодных газификаторов типа ГХК с испарителями панельного типа, требующими замены, делает продукцию этого типа весьма востребованной на российском рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разделение воздуха методом глубокого охлаждения. Т.2./ Под ред. **В.И. Епифановой, Л.С. Аксельрода**. 2-е изд. — М.: Машиностроение, 1973. — 472 с.
2. ГОСТ СССР 8617-81. Профили прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов.