

УДК 621.59(075.8)

¹В.П. Кряковкин, канд. техн. наук, ²Т.И. Клеблеев, ³А.Б. Ленский

ЗАО НПП «Криосервис», ул. Пушкинская, 7, стр.1, г. Балашиха Московской области, РФ, 143903

e-mail: ¹kryakovkin@mail.ru, ²klebleev@cryoservice.ru, ³amlensky@yandex.ru,ORCID: ¹http://orcid.org/0000-0001-9180-6437, ²http://orcid.org/0000-0001-7393-374X,³http://orcid.org/0000-0001-7422-614X

КРИОГЕННЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ: ОТ РАЗРАБОТКИ ДО ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Область применения криогенных трубопроводов — транспортирование криогенных жидкостей от мест производства до хранилищ или от хранилищ до мест потребления. Рассматриваются разные виды теплоизоляции, применяемой в конструкциях криогенных трубопроводов. Изложены основные принципы конструирования криогенных трубопроводов. Обобщен опыт проектирования и освоения производства криогенных трубопроводов с экранно-вакуумной изоляцией компанией НПП «Криосервис».

Ключевые слова: Криогенный трубопровод. Теплопередача. Вакуумная изоляция. Эффективность изоляции. Технические условия.

1. ВВЕДЕНИЕ

Криогенный трубопровод — один из основных элементов систем транспортирования жидких криогенных продуктов от производителя к потребителю.

В настоящее время накоплен большой опыт создания трубопроводов, обеспечивающих транспортирование всего спектра криогенных жидкостей и отвечающих различным специфическим требованиям их эксплуатации. [1]. Но при этом найдется относительно немного фирм, которые освоили весь комплекс работ по созданию указанных трубопроводов, включающий разработку технического задания, проектирование собственно трубопровода, его отдельных элементов и опорных металлоконструкций, комплектацию, разработку монтажной и эксплуатационной документации, изготовление и монтаж трубопровода с проведением полного объема производственных и комплексных испытаний, включая холодные опрессовки и сдачу в эксплуатацию. Научно-производственное предприятие «Криосервис» — одна из таких организаций, которая в состоянии выполнять весь комплекс перечисленных работ.

В настоящей статье в общих чертах представлен опыт, накопленный при разработке и изготовлении криогенных трубопроводов преимущественно для транспортирования криогенных продуктов разделения воздуха (азота, кислорода, аргона).

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ КРИОГЕННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Стадия проектирования подразумевает решение всех основных задач, возникающих при разработке конкретного трубопровода, который должен полностью удовлетворять требованиям технического задания. Если не рассматривать отдельные специфические

требования, то в круг основных задач входят:

- трассировка трубопровода;
- выбор типа теплоизоляции и связанные с ним особенности конструкции;
- компенсация температурных деформаций;
- расположение и организация опорных конструкций;
- установка средств, обеспечивающих безопасность эксплуатации.

Часть этих задач носит традиционный характер для любых трубопроводов, работающих под давлением. Для криогенных же трубопроводов наиболее специфичными являются задачи, касающиеся теплоизоляции и компенсации температурных деформаций.

Роль теплоизоляции хотя и очевидна, но, тем не менее, требует некоторого пояснения. Как известно, теплота парообразования различных криогенных жидкостей, отнесенная к единице объема, тем меньше, чем ниже температуры их кипения [2]. Следовательно, небольшое количество тепла может вызывать испарение сравнительно большого количества сжиженного газа с низкой температурой кипения. Проблемой при транспортировании жидкостей по криогенным трубопроводам является появление двухфазного потока вследствие испарения части жидкости от теплопритока из окружающей среды. Наличие двухфазного потока приводит к уменьшению пропускной способности трубопровода, а также создает и иные проблемы, например, затруднение при пуске криогенных центробежных насосов, устанавливаемых на магистрали.

Если классифицировать теплоизоляцию криогенных трубопроводов, то можно выделить два её основных типа: невакуумная и вакуумная.

Невакуумная теплоизоляция или теплоизоляция, находящаяся под атмосферным давлением, является наиболее простым и дешевым способом изоляции и