

УДК 621.59 (075.8)

**А.Б. Ленский, В.П. Кряковкин, Т.И. Клеблеев**

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

e-mail: cryoservice@list.ru

## ОПЫТ СОЗДАНИЯ ПЛОСКОДОННЫХ КРИОГЕННЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

*Появление крупнотоннажных воздухоразделительных установок позволяет накапливать часть продуктов в жидком виде в криогенных хранилищах. В России такого вида хранилища не сооружались отечественными предприятиями. Впервые разработкой, изготовлением и монтажом их занялась российская компания. Были созданы методики расчёта и конструирования крупных плоскодонных резервуаров, разработана современная технология их монтажа на территории заказчика. Компания создала отечественный нормативный документ — технические условия на проектирование, изготовление, монтаж и эксплуатацию криогенных резервуаров. Первый резервуар с объёмом 500 м<sup>3</sup> смонтирован специалистами компании на площадке Таганрогского металлургического комбината.*

**Ключевые слова:** Воздухоразделительная установка. Плоскодонный резервуар. Криогенная жидкость. Теплоизоляция. Кожух. Внутренний сосуд. Трубопроводы. Монтаж.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

История создания стальных плоскодонных резервуаров для криогенных жидкостей берет свое начало с 1944 г., когда в Кливленде (штат Огайо, США) в составе хранилища сжиженного природного газа был сооружен резервуар с внутренним сосудом диаметром 21,3 м [1]. Резервуар цилиндрической формы был выполнен двухстенным с зазором между стенками около 1 м. В состав системы хранения входили также три сферических резервуара с внутренними сосудами диаметром 17,3 м и с таким же, как у плоскодонного резервуара, межстенным зазором. В сферических резервуарах в качестве теплоизоляционного материала использовалась формованная и гранулированная пробка, а в плоскодонном резервуаре, ввиду дефицитности пробки, — горный лен. Внутренний сосуд выполнялся из листовой легированной стали с содержанием углерода не более 0,9 % и никеля не более 3,5 %. Как показали дальнейшие события, это оказалось ошибкой: такое содержание никеля было недостаточным. Вскоре после начала эксплуатации резервуара произошла авария, приведшая к его разрушению. Предположительной причиной явилось образование трещины в сосуде из-за сейсмических толчков и низкотемпературного охрупчивания малоуглеродистой стали с недостаточным содержанием никеля.

Этот случай в некоторой степени затормозил строительство резервуаров подобного типа для криогенных жидкостей. Но строительство крупных установок по сжижению природного газа в пятидесятых годах потребовало создания крупнотоннажных хранилищ. Задача сооружения плоскодонных резервуаров как подземного, так и наземного типов вновь стала актуальной и получила стимул к дальнейшему разви-

тию [2, 3]. Но теперь уже для внутренних сосудов использовались легированные стали с 9 %-ным содержанием никеля.

Развитие воздухоразделительной техники, которая, в свою очередь, развивалась вслед за металлургией и химической промышленностью, привело к необходимости накопления жидких продуктов разделения воздуха в хранилищах сначала на основе сравнительно небольших резервуаров вместимостью не более 250 м<sup>3</sup>. Ограничение размеров отдельных резервуаров диктовалось возможностями транспортировки их по железным и автомобильным дорогам. В дальнейшем пришла пора создания крупнотоннажных криогенных хранилищ. На предприятиях стали строить хранилища на базе плоскодонных резервуаров для жидкого кислорода, а затем азота и аргона.

В настоящее время для хранилищ общим объёмом более 2 000 м<sup>3</sup> это — обычная практика. Такие резервуары создаются в непосредственной близости от крупных воздухоразделительных установок (ВРУ) и в основном предназначаются для создания аварийного запаса криогенных продуктов в случае остановки ВРУ по какой-либо причине. Это получается намного дешевле, чем строительство дополнительной установки для этих целей. Количество таких резервуаров в мире сегодня измеряется сотнями штук и продолжает увеличиваться, несмотря на некоторые сравнительные оценки затрат при строительстве хранилищ на базе плоскодонных резервуаров с системами хранения, включающими вакуумно-изолированные емкости, которые указывают, что плоскодонные хранилища становятся конкурентоспособными при общем объёме 12 000 м<sup>3</sup> и более [4]. По нашим приблизительным оценкам сопоставимость затрат наблюдается уже при объёмах от 1 500 м<sup>3</sup>.