

УДК 621.595

**В.И. Файнштейн\*, А.М. Домашенко, Ю.И. Беляев**

ОАО «Криогенмаш», пр. Ленина, 67, г. Балашиха Московской обл., РФ, 143907

\*e-mail: fainshtein@cryogenmash.ru

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЖИДКИХ КРИОГЕННЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЯХ ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ

*В последние годы растут требования к чистоте криогенных веществ. Содержащиеся в них примеси не только снижают качество жидких продуктов, но могут сказываться на надёжности и безопасности систем, в которых они используются. Одна из причин увеличения концентрации примесей в жидких криопродуктах — их контакт при хранении и транспортировании с окружающим воздухом. Изучены причины, приводящие к загрязнению примесями жидких криопродуктов. Приводится описание систем хранения и транспортирования, даются рекомендации по предупреждению загрязнения жидких криопродуктов. Описана методика и результаты экспериментальных исследований процессов повышения концентрации CO<sub>2</sub> в жидких кислороде или аргоне; CO<sub>2</sub> и кислорода в жидком азоте. Предлагается для предупреждения загрязнений жидких криопродуктов хранить и перевозить их в оборудовании при давлении, превышающем атмосферное.*

**Ключевые слова:** Жидкие криогенные продукты. Кислород. Азот. Аргон. Диоксид углерода. Транспортирование жидких криогенных продуктов. Хранение. Примеси. Загрязнение.

**V.I. Fajnshtejn, A.M. Domashenko, Yu.I. Belyaev**

## POLLUTION OF LIQUID CRYOGENIC PRODUCTS AT TECHNOLOGICAL OPERATIONS OF STORAGE AND TRANSPORTATION

*Last years the requirements to cleanliness of cryogenic agents grow. Impurity contained in them not only reduce the quality of liquid products, but can affect on reliability and safety of systems in which they are used. One of the reasons of increase a concentration of impurity in liquid cryoproducts is their contact with air at storage and transportation. The reasons resulting to pollution by impurity of liquid cryoproducts are investigated. The description of systems of storage and transportation is resulted, recommendations under the prevention of pollution of liquid cryoproducts are given. The methods and results of experimental researches of processes of increase of concentration CO<sub>2</sub> in liquid oxygen or argon CO<sub>2</sub> and oxygen in liquid nitrogen is described. It is offered for the prevention of pollution of liquid cryoproducts to store and transport them in the equipment at the pressure exceeding atmospheric.*

**Keywords:** Liquid cryogenic products. Oxygen. Nitrogen. Argon. Carbon dioxide. Transportation of liquid cryogenic products. Storage. Impurity. Pollution.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Криогенные продукты (азот, кислород, аргон), производимые в воздухоразделительных установках, а также метан и водород, получаемые в ожижительных системах, содержат некоторое количество примесей, находящихся, как правило, в растворенном состоянии.

При достижении в последующих технологических операциях уровня насыщения примеси выпадают в осадок в виде твердых частиц.

Состав нормируемых примесей, их количество, методы контроля регламентируются для каждого кри-

огенного продукта нормативно-техническими документами, в том числе и определяющими сорт технического продукта [1].

Принципиальной особенностью криогенных продуктов с точки зрения их качества (прежде всего - чистоты) является динамический характер поведения растворённых в них примесей. Увеличение содержания контролируемых примесей может изменять физико-химические свойства криопродуктов и даже ухудшать работу сопряженных с ними подвижных деталей при появлении осадков.

В ряде случаев примеси являются взрывопожаро-