

УДК 621.59

В. Я. Шкадов, И. Ф. Кузьменко*, В. И. Файнштейн

ОАО «Криогенмаш», пр-т Ленина, 67, г. Балашиха, 143907, Московская обл., РФ

*e-mail: root@cryogenmash.ru

ДИНАМИКА ОБРАЗОВАНИЯ СМЕСЕЙ $N_2-O_2-H_2$ В ТУПИКОВЫХ КАНАЛАХ И ПОЛОСТЯХ ПРИ ПОДГОТОВКАХ ВОДОРОДНЫХ СИСТЕМ И ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ ЗАМЕЩЕНИЯ ГАЗОВ

На базе расчетно-теоретических разработок исследована проблема оценки безопасности газовых сред в различных тупиковых коммуникациях водородных систем по ходу их подготовки. Исследована динамика образования в тупиках тройных смесей $N_2-O_2-H_2$ в широком диапазоне времени подготовок. Разработан расчетно-графический метод оценки безопасности газовых сред с использованием граничных кривых, очерчивающих в координатах времени подготовок зоны опасных концентраций в заданных тупиковых системах. Для реализации предложенного метода создана специальная компьютерная программа, с помощью которой определены граничные кривые безопасности для наиболее проблемных тупиковых участков водородной системы заправки. Предложены и проанализированы возможные пути решения выявленных проблем безопасности при подготовках водородных систем. Результаты работы предназначены для конструкторов, технологов и других специалистов, занимающихся разработкой, проектированием и эксплуатацией водородных комплексов.

Ключевые слова: воздух; азот; водород; полоскание; продувка; диффузия; замещение; расчет; концентрация; безопасность.

V. Ja. Shkadov, I. F. Kuzmenko, V. I. Fainshtein

DYNAMICS OF $N_2-O_2-H_2$ MIXTURES FORMATION IN BLIND DUCTS AND SPACES UNDER PREPARATION OF HYDROGEN SYSTEMS AND GAS SUBSTITUTION PROCESSES' SAFETY EVALUATION

Based on design-theoretic developments, investigations of the gaseous fluid safety evaluation problem in various blind lines of hydrogen systems in the process of their preparation were made. The dynamics of triple $N_2-O_2-H_2$ mixtures formation in blinds within the wide range of preparation time was researched. The design-graphic method for gaseous fluid safety evaluation was developed using the boundary curves which outline on the preparation time coordinates the areas of hazardous concentrations in the blind systems. To implement the proposed method, a special computer program was designed and the boundary curves of safety were determined for the most problematic blind portions of the hydrogen filling system. The possible ways for solving the revealed safety problems under preparation of hydrogen systems were offered and analyzed. The results of such investigations are intended for designers, product engineers and other specialists involved in development, design and operation of hydrogen systems.

Key words: air; nitrogen; hydrogen; rinsing; purging; diffusion; substitution; design; concentration; safety.

1. ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение безопасности водородных систем — одна из актуальных проблем криогенной техники, возникающая, в частности, при разработке и эксплуатации систем заправки жидкого водорода (СЗЖВ). Решение данной проблемы — задача комплексная, включающая в первую очередь этап технологических подготовок, проведение которых на объектах строго регламентировано [1]. Замещение газовых сред осуществляется двумя принятыми в промышленной практике методами — полос-

канием и продувкой.

Подготовка указанными методами емкостей большой вместимости отработана многолетней практикой [1, 2] и не вызывает затруднений. Достижимые объемные доли газов в этом случае рассчитываются по простым, многократно проверенным аналитическим зависимостям и в дополнение непрерывно контролируются прямым газовым анализом.

Положение осложняется при подготовке замкнутых, непродуваемых коммуникаций, что обусловлено двумя обстоятельствами.