

УДК 621.59:04-182.1

А.М. Домашенко, канд. техн. наук

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

e-mail: domashenko@cryogenmash.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5755-3517>

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЗРЫВОПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ ПОЛУЧЕНИЯ, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЖИДКОГО ВОДОРОДА

Предложена классификация аварийных ситуаций и опасностей, возникающих при получении, хранении, транспортировании и потреблении газообразного и жидкого водорода. Выделены три группы основных аварийных ситуаций, которые характеризуются повышенной взрывопожароопасностью и способами защиты людей, оборудования и производственных помещений. Рассмотрены процессы, сопровождающие или вызывающие аварийные ситуации. Проанализированы наиболее эффективные способы защиты. Результаты использованы при разработке ряда нормативных документов, на основе которых создаётся «Свод правил. Требования безопасности при производстве, хранении, транспортировании и использовании жидкого водорода».

Ключевые слова: Жидкий и газообразный водород. Азот. Кислород. Авария. Пролив.

1. ВВЕДЕНИЕ

Разработка и реализация перспективных программ научно-технического развития цивилизации не может осуществляться без комплексного подхода к решению проблем безопасности. В ряду опасных технических комплексов особое место занимают водородные системы, характеризующиеся высокой степенью взрывопожароопасности. Из 150-ти крупных аварий, происшедших в промышленности СССР в 1970-1989 гг., 27 были вызваны взрывами водорода, причём в основном в замкнутых объёмах помещений [1].

Создание в СССР в 60-80 гг. XX-го столетия инфраструктуры снабжения ракетно-космической техники (РКТ) и ряда отраслей науки и промышленности жидким водородом (LH₂), включающей в себя крупномасштабное производство газообразного и жидкого водорода (до 12000 т/год), его разнообразные хранилища (см. рисунки 1 и 2) суммарным объёмом до 11000 м³ (на базе горизонтальных резервуаров объёмом до 250 м³ и шаровых резервуаров объёмом 1400 м³), хранилища газообразного водорода на базе баллонов высокого давления объёмом до 10 м³, автомобильные и железнодорожные цистерны (ёмкостью 45 м³ и 100 м³, соответственно), потребовало выполнения значительного объёма исследовательских и опытно-конструкторских работ по проблемам взрывобезопасности.

В те годы сооружение крупномасштабных водородных систем представлялось задачей чрезвычайно сложной и опасной из-за широкого диапазона взрывопожароопасных свойств смесей водорода с воздухом и уже тогда известных детонационных явлений в закрытом пространстве. Эти смеси воспламеняются и детонируют в диапазоне концентраций водорода 4-75 % и 18,3-74 % в среде воздуха; 4-96 % и 15-94 % в среде

кислорода [2-4]. При этом энергия зажигания, необходимая для воспламенения, составляет всего 0,019 мДж.



Рис. 1. Хранилище жидкого водорода объёмом 11000 м³ на базе резервуаров РС-1400/1



Рис. 2. Автотранспортная цистерна жидкого водорода объёмом 45 м³

Подожженный водород горит невидимым спокойным пламенем при температуре 2200 К; пламя рас-