

УДК 629.12 + 621.69

¹И.В. Чепалис, аспирант, ²Н.А. Козьминых, канд. техн. наук

Одесская национальная морская академия, ул. Дидрихсона, 8, г. Одесса, Украина, 65029

e-mail: ¹chepalis@mail.ru, ²trunonma@gmail.comORCID: ¹<http://orcid.org/0000-0001-6037-3827>, ²<http://orcid.org/0000-0002-7002-3473>

АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ И КРИТИЧНОСТИ ОТКАЗОВ УСТАНОВОК ПОВТОРНОГО СЖИЖЕНИЯ ГАЗОВ СУДОВ-МЕТАНОВОЗОВ

Повторное сжижение газов является наиболее рациональным методом утилизации испаряющегося груза метановозов. Для этого в состав метановозов включают установку повторного сжижения газов (УПСГ). Выполнена оценка надёжности оборудования УПСГ, обобщены интенсивности отказов её элементов, обоснована необходимость резервирования элементов и узлов установки, проведен анализ видов, последствий и критичности отказов оборудования. Наиболее критичным элементом УПСГ оказался сепаратор. Из-за его отказа УПСГ становится неработоспособной. Это приводит к повышению концентрации паров азота в объёме грузового танка, возможному расслоению груза и последующему за этим ролловеру. Рассмотрен принцип действия и контуры регулирования сепаратора. Объяснены причины возникновения ролловера, вызванного стратификацией в СПГ при росте концентрации азота в грузовых парах.

Ключевые слова: Сжиженный природный газ (СПГ). Повторное сжижение. Метановоз. Сепаратор. Надёжность. Ролловер. Анализ видов, последствий, критичности отказов оборудования.

1. ВВЕДЕНИЕ

Самые значительные изменения в производстве и сбыте сжиженного природного газа (СПГ) связаны с коммерческими, а не технологическими инновациями. Отрасль СПГ находится в стадии перехода от традиционных долгосрочных контрактов к современной модели торговых отношений [1]. Поэтому метановоз должен быть оборудован такими техническими средствами, которые могут обеспечить гибкость при возможном переходе к краткосрочным контрактам. Грузоотправитель требует минимальной потери СПГ за время транспортирования, а это напрямую зависит от совершенства энергетического комплекса судна.

Количество и стоимость испарившегося газа за период транспортирования СПГ морем довольно значительны. В связи с этим наиболее рациональный и эффективный метод утилизации испарившихся паров груза — повторное их сжижение. Анализ действующих и планируемых для постройки в 2014-2015 гг. метановозов подтверждает, что установка повторного сжижения газов (УПСГ) должна обязательно входить в состав современного метановоза. Однако эти установки малоизучены в эксплуатации, нет данных об их надёжности.

УПСГ является элементом сложной технической системы энергетического комплекса метановоза. Последствием отказа этого элемента будет неконтролируемое повышение давления в грузовых танках, что вызовет срабатывание предохранительных клапанов

и потерю части груза, а в некоторых случаях — разрушение танка.

В настоящее время проблемы надёжности и эксплуатации УПСГ приобрели большое значение для морских судов, так как от их показателей зависит безопасность и эффективность транспортирования СПГ морем. В связи со стремительным развитием метановозного флота важно поддерживать безопасность УПСГ на должном уровне, предвидеть и предупреждать её возможные отказы и их последствия, что позволит повысить надёжность системы повторного сжижения.

2. СТРУКТУРА И ЭЛЕМЕНТЫ УПСГ

УПСГ является сложной восстанавливаемой технической системой и может быть разделена на семь независимых элементов: компрессор грузовых паров, азотный компрессор, детандер, криогенный теплообменник, сепаратор СПГ, перекачивающий насос, резервуар с запасом азота.

2.1. Анализ функциональной схемы. Резервирование оборудования

Для анализа надёжности с привлечением принципиальной схемы и технической документации УПСГ Hamworthy, которой в частности комплектуются метановозы компании Qatargas, была составлена функциональная схема (рис. 1). Как видно из неё, в УПСГ предусмотрено дублирование поджигающего