

Введение. Морская перевозка сжиженного природного газа (далее – СПГ) имеет свои особенности, связанные с перманентным изменением агрегатного состояния, исходя из неравномерности воздействия теплопритоков извне, часть газа конденсируется, переходя в жидкое состояние, а часть испаряется и переходит в газообразное состояние [1]. Данный процесс создаёт повышенное давление в танках, в ходе которого, количество выпаренного метана может составлять 0,1 – 0,15% в сутки от общего объёма груза [2]. Традиционным методом переработки отпарного газа является опорожнение или сжигание в факеле, что не только приводит к потере энергии, но и создает скрытые угрозы безопасности и загрязнению окружающей среды [3,4]. Таким образом, исходя из соображений экономичности и безопасности резервуаров для хранения СПГ, морским перевозчикам позволяет нивелировать данные потери установка повторного сжижения газа (далее – УПСГ), которая в свою очередь является средством регулирования параметров транспортируемого груза, в частности температуры и давления. В рамках данной установки существует множество элементов, которые работают в комплексе для сжижения отпарного газа, в настоящей работе будет рассмотрено динамическое оборудование контура циркуляции хладоносителя.

Основная часть. Контур циркуляции хладоносителя служит для предварительного охлаждения отпарного газа поступающего в УПСГ. В роли хладоносителя выступает азот (N_2), который изначально хранится в жидком состоянии, но в процессе теплообмена газ превращается в переохлажденный газообразный азот. Пары азота поступают по трубопроводам в теплообменные аппараты, охлаждая отпарной газ. После теплоотдачи газообразный азот регенерируется в жидкий азот с помощью экономайзера, компрессора и турбодетандерного агрегата, работающих последовательно, на основе обратного азотного цикла Брайтона. В технологической схеме, для поддержания системы в рабочем состоянии, существует дожимной компрессор, который поддерживает необходимое сжатие на входе в турбодетандерный агрегат и поддерживает оптимальные параметры газа для дальнейшего сжижения. Ключевым параметром данной связки динамического оборудования является коэффициент полезного действия (КПД) дожимного компрессора, так как его величина сказывается на энергозатраты, что напрямую влияет на холодильный коэффициент установки.

Выводы. В ходе изучения математических моделей процессов фазовых переходов и двухфазного процесса преобразования энергии, а также зависимостей КПД дожимного компрессора на холодильный коэффициент турбодетандерного агрегата было установлено, что КПД компрессора с 85 - 87% позволяет снизить энергозатраты на сжатие, повышая общий холодильный коэффициент турбодетандерного агрегата, низкие значения КПД компрессора приводят к быстрому износу рабочих частей динамического оборудования, что скажется на эксплуатационных показателях УПСГ в целом.

Список использованных источников:

1. Архаров А.М. и др. Криогенные системы: Основы теории и расчёта. М.: Машиностроение. 1988. 464 с.
2. Colson D., Haquin N., Malochet M. Reduction of boil-off generation in cargo tanks of liquid natural gas carriers – Recent developments of Gaztransport & Technigaz (GTT) cargo containment systems // Proc. 25th World Gas Conference (WGC 2012). Kuala Lumpur, Malaysia.

2012. P. 645–659.

3. Z. Wang, W. Cai, W. Hong, S. Chen, F. Han, Multi-objective optimization design and performance evaluation of a novel multi-stream intermediate fluid vaporizer with cold energy recovery, *Energy Convers. Manag.* 195 (2019) 32–42, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.04.066>.

4. T. Yuan, C. Song, J. Bao, N. Zhang, G. He, Minimizing power consumption of boil off gas (BOG) recondensation process by power generation using cold energy in liquefied natural gas (LNG) regasification process, *J. Clean. Prod.* 238 (2019) 117949, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117949>.