

ОБРАТНЫЙ ЦИКЛ СТИРЛИНГА В УСТАНОВКЕ ПОВТОРНОГО СЖИЖЕНИЯ ПАРОВ СПГ

Королёв А.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – доцент, к.т.н. Воронов В.А.
(Университет ИТМО)

В данной работе предложен метод повторного ожижения отпарного газа (англ. boil-off gas), образующегося при транспортировке СПГ морскими газовозами, с использованием криогенной машины Стирлинга. Такое решение позволит избежать сжигание паров СПГ в процессе транспортировки и предотвратить изменение компонентного состава продукта, что способствует декарбонизации логистических операций.

Введение. Сжиженный природный газ (СПГ) стал конкурентноспособным теплоносителем по сравнению с другими видами топлива. Он представляет собой криогенную многокомпонентную жидкость с содержанием метана не менее 86% объема и температурой кипения -162°C . Основным способом транспортировки данного энергоносителя на сегодняшний день остаются морские суда – газовозы, оснащенные двустенными изотермическими ёмкостями для хранения перевозимого продукта. Однако, ввиду особенностей технологических операций при загрузке танкера-газовоза и в процессе длительной транспортировки на большие расстояния возникают теплопритоки как через тепловую изоляцию ёмкостей, так и за счёт трения слоёв жидкости между собой и стенками. В результате происходит испарение СПГ с образованием отпарного газа. Данный процесс начинается с испарения легкокипящих компонентов, что приводит к снижению содержания азота и метана в жидкости, а также накоплению тяжёлых углеводородов. Таким образом возникает риск потери кондиции перевозимого продукта, и необходимость сброса нарастающего давления в резервуарах путём сжигания паров СПГ в двигателе судна или свечном устройстве.

Основная часть. На сегодняшний день для борьбы с потерями СПГ в результате образования отпарного газа компании предлагают использовать установки его повторного ожижения, основанные на азотном цикле Брайтона или с использованием жидкого азота в качестве хладагента. Однако, данные устройства занимают большую площадь и нашли своё применение в регазификационных и отгрузочных терминалах. Для использования установки повторного ожижения на борту судна необходима разработка мобильного устройства, в основе которого может быть применён рефрижераторный цикл Стирлинга. Суть метода заключается в теплообмене паров СПГ с хладагентом – гелием, являющимся рабочим телом замкнутого термодинамического цикла, состоящего из двух изотерм и двух изохор. Принципиальной особенностью данного устройства является совмещение процессов сжатия и расширения в одном корпусе. Машина Стирлинга приводится в действие электродвигателем с блоком управления, что позволяет обеспечить её автономность. Отпарной газ отбирается из резервуара хранения и направляется в основной теплообменник машины, где происходит его ожижение. Далее жидкость возвращается в резервуар, внося дополнительный холод в систему. Основным преимуществом технологии является то, что пары СПГ не являются частью цикла производства холода, и их фазовый переход происходит при насыщенном равновесии и неизменном давлении.

Выводы. Совершенствование технологий сжиженного природного газа является приоритетной задачей для развития энергетического комплекса Российской Федерации. Применение мобильных установок на базе обратного цикла Стирлинга позволит сократить потери перевозимого продукта на танкерах-газовозах и уменьшить вредные выбросы CO_2 в атмосферу. Благодаря холодопроизводительности машины возможно предотвратить

изменение компонентного состава СПГ при длительных перевозках, а также оптимизировать работу отгрузочных терминалов при наливе продукта в холодные ёмкости.

Королёв А.А. (автор)

Подпись

Воронов В.А. (научный руководитель)

Подпись