

УДК 621.59

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АЗОТНОГО ДЕТАНДЕРНОГО ЦИКЛА В УСТАНОВКЕ СПГ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ОТПАРНОГО ГАЗА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Анзин Е.О. (ИТМО), Эрькин Д.Р. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Зайцев А.В.
(ИТМО)

Введение. Заводы по производству сжиженного природного газа (СПГ) — энергоёмкие предприятия. С ростом спроса на природный газ их количество увеличивается. Процесс сжижения требует значительных затрат энергии. Каждое улучшение производительности и повышение энергоэффективности сокращает энергопотери и, как следствие, уменьшает выбросы CO_2 в атмосферу. Поэтому основным показателем термодинамического совершенства процесса сжижения природного газа является удельное энергопотребление. Мощность компрессорного агрегата, габариты и масса теплообменного оборудования зависят от этой величины. Следовательно, удельное энергопотребление влияет на капитальные затраты, эксплуатационные расходы и другие издержки, связанные с установкой и эксплуатацией оборудования [1].

Основная часть. Цикл ожижения — это технологический процесс, который используется для преобразования природного газа из его газообразного состояния в жидкое. Данный процесс включает в себя несколько ключевых этапов [2]: перед началом процесса сжижения природный газ подвергается предварительной подготовке, которая может включать в себя удаление примесей, влаги и других нежелательных веществ; затем природный газ охлаждается до очень низких температур ($-154\ldots-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже), что позволяет ему перейти в жидкое состояние; при достижении необходимой температуры природный газ переходит в жидкое состояние, т.е. образуется СПГ, а паровая фаза из конечного сепаратора (отпарной газ), в частности, может утилизироваться для дальнейшего производства водородного топлива с помощью установки парового риформинга, поскольку отпарной газ по составу мало отличается от того же природного газа, который может являться сырьём для данного процесса.

Сырьевой природный газ проходит через ряд теплообменников, где охлаждается проходящим через них потоком азота, используемого в качестве хладагента. Сам азот охлаждается пропановой холодильной машиной (ПХУ). В конечном сепараторе получаем жидкую (СПГ) и паровую (отпарной газ) фазы. СПГ идёт на реализацию, отпарной газ — в установку риформинга.

Установка риформинга состоит из: реакторов риформинга, высоко- и низкотемпературного реактора паровой конверсии монооксида углерода, аминового абсорбера и метанатора. Параметры установки риформинга были оптимизированы в соответствии с рекомендациями, предлагаемыми в [3].

В данной работе была проанализирована возможность получения СПГ и водорода из отпарного газа, образующегося в конечном сепараторе цикла сжижения. С помощью программного обеспечения Aspen HYSYS была построена модель азотного детандерного цикла с получением СПГ, а также установки для получения водородного топлива с молярным содержанием водорода 99%.

Энергозатраты на 1 кг СПГ, согласно модели, составили 5925 кВт. При этом на установке риформинга, из 0,4 кг отпарного газа получаем 0,216 кг водородного топлива с содержанием водорода 98,99%. При этом затраты на установку риформинга составили 13 334 кВт.

Выводы. Проведен анализ по энергоэффективности установок и снижению энергозатрат за счет изменения параметров установок. Кроме того, появилась возможность учитывать колебания спроса на СПГ, увеличивая или уменьшая выход отпарного газа, перерабатываемого в водород.

Список использованных источников:

1. Федорова Е. Б. Современное состояние и развитие мировой индустрии сжиженного природного газа: технологии и оборудование. М.: РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2011. 159 с.
2. Чириков К.Ю., Рябова Т.С., Ворошилов В.П. Производство сжиженного природного газа. Способы и оборудование. М.: ВНИИЭ Газпром, 1976. 71 с.
3. A. M. Chehade, E.A. Daher, J.C. Assaf, B. Riachi, W. Hamd, Simulation and optimization of hydrogen production by steam reforming of natural gas for refining and petrochemical demands in Lebanon // International Journal of Hydrogen Energy. – 2020. – Т. 45. – №. 58. – С. 33235-33247.