

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ОДНОМЕРНАЯ МОДЕЛЬ КРИОГЕННОГО ДВУХФАЗНОГО ЭЖЕКТОРА

Башара С. Н.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Зайцев А. В.

Университет ИТМО
sergey.bashara@mail.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР № 625116 «Извлечение ценных компонентов природного газа на газораспределительных станциях».

Введение

Эжекторы – струйные устройства, позволяющие смешивать потоки с разными полной энергией и статическим давлением. Это простые надежные аппараты без движущихся частей. Работают они со всеми агрегатными состояниями потоков, в том числе и со смешанными фазами. Перечисленные выше особенности привлекают инженеров, которые желают удешевить свои циклы или использовать особенности этих устройств. В наши дни эжекторы становятся популярными в криогенных системах, часто их стали использовать для производства сжиженного природного газа (СПГ) в малотоннажных установках [1]. Особую популярность приобрели мини-производства около газораспределительных станций, сразу несколько таких объектов строится или вступает в работу [2].

Однако, при внедрении эжекторов в схемы инженеры сталкиваются с проблемами. До сих пор не существует математической модели этого аппарата, которая бы точно предсказала параметры до или после эжектора. Также другая проблема состоит в узком диапазоне рабочей характеристики эжектора, вне которого эффективность аппарата падает, или он вовсе перестает выполнять свою функцию. Сочетание этих проблем вызывает трудности при запуске и наладке процесса производства СПГ, так как зачастую реальные параметры газа и его состав могут отличаться от заявленных в задании на проектирование, или остальное оборудование, используемое в цикле, не может обеспечить необходимых установок.

Сочетание упомянутых факторов может сдвинуть дату пуска завода на более поздний срок, что влечет за собой издержки, такие как: упущенная выгода, изменение цикла, перепроектирование и замена эжектора. Из-за этих обстоятельств повсеместное внедрение эжектора в циклы до сих пор не произошло, улучшенная математическая модель поспособствует популярности этого аппарата.

Основная часть

Исследование направлено на усовершенствование теоретической модели эжекторов, работающих в циклах сжижения природного газа.

Традиционно в расчетах эжектора используется либо модель идеального газа, которая хорошо предсказывает поведение потоков в газообразном агрегатном состоянии, однако с появлением жидкости точность этой модели резко падает. Либо модель однородного равновесия, которая для описания двухфазного потока внутри эжектора предполагает, что жидкая и паровая фазы моментально термодинамически входят в равновесие после сопла, что в реальности не происходит. Это вызывает разницу между расчетом и экспериментом.

Предлагается ввести коэффициент релаксации фаз, который учтет неравновесный фазовый переход. Такой подход улучшил модель для эжектора на углекислом газе у

нескольких авторов [3, 4]. Если объединить этот метод и коэффициенты эмпирических потерь, зависящие от геометрии, можно сильно улучшить предсказание параметров.

Выводы

Благодаря таким усовершенствованиям модель должна быть более точной в прогнозировании двух важных параметров: давления на выходе и массового расхода эжектируемого потока. Предсказание этих важных параметров позволит облегчить моделирование корпуса эжектора, а также его внедрение в схему.

Все упомянутое снизит возможные издержки, что создаст окно для повсеместного внедрения эжектора в технологию сжижения газов.

Литература

1. Кондратенко А. Д. и др. Российские малотоннажные производства по сжижению природного газа // НефтеГазоХимия. – 2016. – № 4. – С. 31-36.
2. Технологии малотоннажного производства СПГ в Северо-Западном регионе России / Ю. М. Баранов, А. А. Беляев, В. Д. Глазунов [и др.] // Газовая промышленность. – 2005. – № 1. – С. 74-76.
3. Palacz M. et al. NEM and HRM accuracy comparison for the simulation of CO₂ expansion in two-phase ejectors for supermarket refrigeration systems // Applied Thermal Engineering. – 2017. – Т. 115. – С. 160-169.
4. Bodys J. et al. Non-equilibrium approach for the simulation of CO₂ expansion in two-phase ejector driven by subcritical motive pressure // International Journal of Refrigeration. – 2020. – Т. 114. – С. 32-46.