

УДК 621.59

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИКЛОВ ОЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕТАНДЕРНЫХ СТУПЕНЕЙ ОХЛАЖДЕНИЯ**

**Хрустовская Д.А. (Университет ИТМО)**

**Научный руководитель – д.т.н., профессор Баранов А.Ю.**

**(Университет ИТМО)**

Существует множество циклов для производства сжиженного природного газа. Однако практически все они зависят от импорта технологий и оборудования, а в нынешней политической ситуации для России это крайне невыгодно.

Внедрение в производство России технологий сжижения природного газа требует развития отечественных технологий ожижения. Все действующие крупнотоннажные производства СПГ используют цикл прямого ожижения СПГ с отводом теплоты конденсации к рабочему телу рефрижераторного цикла на газовых смесях. Этот цикл безусловно является наиболее энергоэффективным из всех известных современных циклов. Однако был разработан в результате длительного периода опытно-промышленной эксплуатации и, несмотря на свою технологическую очевидность, трудно воспроизводим, так как истинный состав этой газовой смеси скрывается разработчиками. Учитывая то, что для сжатия этой сложной газовой смеси необходимо специализированное оборудование, целесообразно рассмотреть альтернативные способы решения задачи ожижения природного газа. Конкретно, использование в качестве рефрижераторного цикла, процессов, основанных на применении турбодетандеров.

Подобные циклы используются в газовой промышленности за рубежом, но для установок средней и малой производительности, потому что их энергоэффективность хуже, чем у циклов на смесях. Применительно к ситуации, сложившейся в Российской Федерации, детандерные циклы имеют еще одно преимущество, так как они могут быть укомплектованы за счет применения серийно производимого в России оборудования для воздухоразделительных установок, работающих по циклу Капицы.

Цикл Капицы предполагает использование турбокомпрессора в связке с реактивным турботедантером, работающих на уровне до 0,7 МПа. Низкое рабочее давление цикла Капицы и возможность использования простых рабочих тел, например газообразный азот, упрощают задачу проектирования таких циклов и снижают требования, предъявляемые к машинам, используемых в их составе, так как требования по герметичности и конструктивные решения для обеспечения герметичности таких турбомашин гораздо ниже.

В данной статье анализируются детандерно-азотные циклы с различным числом ступеней детандерного охлаждения. Предполагается выбрать оптимальное число ступеней и оценить возможность решения задачи охлаждения конденсирующего природного газа на установках, укомплектованных только серийно выпускаемым отечественным оборудованием.