

ную нормативную политику, расширение номенклатуры и качества отечественных утеплителей, профессиональный подход к разработке и монтажу теплоизоляционных конструкций, системный контроль состояния тепловой изоляции объектов несет в себе значительные резервы экономии топливно-энергетических ресурсов страны.

Список литературы

1. Кузнецов Г. Н. Тепловая изоляция : справочник строителя. М. : Стройиздат, 1985. 421 с.
2. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (в ред. от 04.10.2014) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Энергетический ресурс]. URL: http://base.garant.ru/12171109/1/#block_100 (дата обращения: 28.10.2014).
3. СНиП 41-03-2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Введ. 2003-11-01. М. : Госстрой, 2003. 28 с.
4. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. Введ. 2013-10-01. М. : Госстрой, 2012. 28 с.

УДК 621.643

Тарасов А. А., Щеклеин С. Е.
Уральский федеральный университет, t
arasov@email.su

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ИЗ МЕСТ УДАЛЕННОЙ ДОБЫЧИ

В связи с расширением арктических территорий Российской Федерации и началом реализации программы практически значимых проектов, обеспечивающих решение задач «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года», необходимо выработать и экономически обосновать различные методы транспортировки природного газа, такие как транспортировка сжиженного газа, транспортировка газа при высоком давлении без применения технологии сжижения и транспортировка газовых гидратов с места добычи на шельфе арктических морей Северного Ледовитого океана до мест использования природного газа в промышленные регионы Севера нашей страны и к зарубежным партнерам.

Технология сжижения природного газа давно изучена и довольно быстро развивается во всём мире, строятся заводы по сжижению природного газа в странах Европы, Северной и Южной Америках, Японии и Китае, а также подобные заводы строятся различными нефтегазовыми корпорациями в странах Ближнего Востока и Африк, и единственный в России завод по сжижению природного газа на острове Сахалин (проект «Сахалин-2»). Это неудивительно, так как транспортировка сжиженного природного газа (далее СПГ) морскими судами на дальние расстояния является более выгодной в отличие от перекачки

по магистральному трубопроводу газа под высоким давлением. Например, по расчетам, морская перевозка СПГ на расстояние 5000 км обходится не дороже перекачки по магистральному трубопроводу на расстояние 2500 км [1] с учетом того, что СПГ соотносится с газом под высоким давлением как 1:600–640. Широкое распространение в мире получили циклы на смесях хладагентов (однопоточный каскадный цикл с использованием внешней холодильной установки), у которых удельный расход энергии составляет 0,55–0,6 кВт·ч/кг СПГ.

Для производства 1 млн м³ СПГ в сутки с давлением в 4,6–5,3 МПа требуется мощность 10,3–13,3 МВт [2]. Следовательно, расход мощности на производство 1 м³ СПГ, включая затраты энергии на создание давления, перекачку и сжижение природного газа, составит 0,89–1,15 МДж/м³. Одним из новых методов использования природного газа в целях его дальнейшей транспортировки является производство газовых гидратов. Оценка энергетических затрат на производство и транспортировку газовых гидратов (далее ГГ) варьируется от 195 до 365 долл. США на 1000 м³ ГГ. В существующем патенте РФ 2200727 [3] указана расчетная величина, определяемая для получения ГГ из природного газа путем охлаждения природного газа при расширении в реакторе (эффект Джоуля–Томсона). Следовательно, теплота образования ГГ из природного газа, указанного в данном патенте состава, при температуре выше 0 °С составляет около 2075 Дж/кг ГГ, что при плотности $\rho_{ГГ} = 900 \text{ кг/м}^3$ получаем значение, равное 1,87 МДж/м³.

Для газификации удаленных поселений рассматривается вариант их снабжения газом в сжиженном состоянии (СПГ). В настоящее время такое снабжение осуществляется небольшими баллонами (до 120 л), что не может удовлетворить потребности муниципальных образований.

Широко используемой схемой транспортировки природного газа из России в страны ближнего и дальнего зарубежья являются газовые трубопроводы высокого давления.

Альтернативой указанным схемам является доставка жителям удаленных территорий сжатого газа (КПГ), затраты на производство которого значительно ниже, чем при сжижении:

- затраты на компримирование составляют примерно 0,58 кВт·ч/кг газа, или 0,52 МДж/м³, что в 2 раза ниже затрат на сжижение;
- выполнение требований к подготовке и очистке газа для технологий КПГ гораздо проще, чем для производства СПГ;
- инфраструктура (приемные и наливные сооружения) для КПГ также проще и дешевле, чем терминалы СПГ [4].

Как показывает оценка USGS (The United States Geological Survey – Геологическая служба США), Арктика является кладовой не столько нефти, сколько газа, и основная часть запасов сосредоточена в прибрежной зоне континентального шельфа, причем более 70 % оцениваемых запасов газа — всего в трех бассейнах: Западно-Сибирском (40 %), Восточно-Баренцевом (19 %) и Аляскинском (13 %). Наиболее перспективными являются регионы — Карское море и море Лаптевых [5, 6].

Ниже приведены сводные данные затрат энергии транспортировки 1 м³ природного газа, E_G, МДж/м³:

Сжиженный природный газ (СПГ).....	0,89-1,2;
Природный газ сжатый (КПГ).....	0,52;
Газовый гидрат природного газа (ГГ)	до 1,87;
Газ высокого давления (трубопроводы)	0,094.

Из этих данных видно, что газовые гидраты требуют больших затрат энергии на производство и транспортировку. Однако это связано с тем, что в настоящее время эта технология является совершенно новой, но имеющей перспективы, так как для перевозки ГГ природного газа (в частности, метана – CH₄) не нужно создавать специальные условия с охлаждением и поддержанием высокого давления, как в представленных выше технологиях.

Список литературы

1. Касаткин Р. Г. Система морской транспортировки сжиженного природного газа из Арктики. М. : Изд-во ЛКИ, 2008. 104 с.
2. Технико-экономическая характеристика систем СПГ [Электронный ресурс]. URL: <http://lngas.ru/analytics-lng/tehniko-ekonomicheskaya-karakteristika-sistem-spg.html> (дата обращения: 22.11.2014).
3. Способ транспортирования или хранения гидратов газов : пат. 2200727 РФ / Гудмундссон Йон Стейнар [Электронный ресурс]. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2200727> (дата обращения: 22.11.2014).
4. УралНИТИ и Корпорация «Развитие» могут запустить производство танк-контейнеров для перевозки компримированного газа [Электронный ресурс]. URL: <http://www.energoboard.ru/news/1332-uralniti-i-korporatsiya-razvitie-mogut-zapustit-proizvodstvo-tank-konteynerov-dlya-perevozki-komprimirovannogo-gaza.html> (дата обращения: 22.11.2014).
5. Circum-Arctic Resource Appraisal [Электронный ресурс]. URL: <http://energy.usgs.gov/arctic/> (дата обращения 22.11.2014).
6. Центр военно-политических исследований МГИМО [Электронный ресурс]. URL: <http://eurasian-defence.ru/> (дата обращения: 22.11.2014).

УДК 621.311.22

Тарасова П. С., Вальцев Н. В.
Уральский федеральный университет,
polino4katt@gmail.com

СОВРЕМЕННЫЕ ПАРОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

Комбинирование паро- и газотурбинных установок в одном тепловом цикле парогазовой установки (ПГУ) позволяет сочетать высокотемпературный (в газовой турбине) подвод и низкотемпературный (в конденсаторе паровой турбины) отвод теплоты и в результате обеспечивает повышение термического КПД цикла, а следовательно, экономичности производства электрической энергии.

На сегодняшний день достигнутая эффективность ПГУ на природном газе составляет 61 %, а мощности энергоустановок варьируются от 10 до 500 МВт. Помимо высоких показателей термической эффективности и экологичности,