

УДК 621.593

## ОЦЕНКА ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ ПРИ НАКОПЛЕНИИ, ХРАНЕНИИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА В НЕДОГРЕТОМ СОСТОЯНИИ

Макарчук Д.В., Спиридонова А.П., Авдеенко П.А., Михайлюк Д.Ф. – магистры  
Научный руководитель – профессор факультета низкотемпературной энергетики Баранов  
А.Ю.

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных  
технологий, механики и оптики)

**Аннотация.** В данном докладе представлена оценка затрат энергии при накоплении и хранении сжиженного природного газа в недогретом состоянии. Рассматриваются перспективы перевода СПГ в недогретом состоянии, утилизация паров СПГ, а также оценка величины теплопритоков к хранилищу СПГ.

**Введение.** Научная проблема, на решение которой направлен данный проект связана с повышением эффективности эксплуатации устройств для накопления и хранения СПГ и снижение потерь СПГ за счет перевода жидкости в недогретое состояние. В рамках данного проекта предполагается дополнить существующую технологию приемами, основанными на изменении теплофизических параметров жидких криопродуктов. Актуальность проекта связана с планами увеличения производства СПГ в России. Технологии получения переохлажденного сжиженного природного газа не требуют применения сложного нестандартного оборудования и удачно сочетаются с существующими технологиями.

**Основная часть.** Суть предлагаемого метода состоит в том, чтобы переводить СПГ, перед подачей в емкости, в шугообразное состояние, за счет барботирования паров гелия. Из-за такого охлаждения образуются мелкие частицы твердого водорода, жидкая фракция переходит из насыщенного в недогретое состояние. При заправке емкости теплота плавления кристаллов поглощает теплопритоки, что не позволяет веществу подогреться до насыщенного состояния. За счет этого глубокого переохлаждения, перевода в шугообразное состояние, существенно снижаются потери газа.

СПГ можно перевести в шугообразное состояние переохладив до температуры 90 К. Образование шуги обеспечит подавление парообразования на следующих этапах транспортирования СПГ, в трубопроводе и емкостях танкера газовоза. Теплота плавления метана составляет более 50 кДж/кг, что сопоставимо с недогревом жидкого СПГ на 30 К.

Количественно оценить эффективность этого технологического решения можно будет только промоделировав все этапы транспортирования недогретого СПГ.

Для образования твердой фазы в слое жидкости потребуется подавать теплоноситель с температурой менее 90 К и расходом 135 кг/с, для этого в технологическую схему криостатирования накопительного хранилища включена турбохолодильная машина расположенная непосредственно близости от емкости.

Схема хранения и выдачи СПГ в шугообразном состоянии наиболее сложна в техническом исполнении, но очевидно дает наибольший эффект

Снижение температурного уровня криостатирования СПГ в объеме НХ будет сопровождаться увеличением затрат энергии на отвод теплоты проникающей сквозь тепловую изоляцию, так как эта теплота будет отводиться на более низком температурном уровне.

Для подробного теплофизического анализа и выбора наиболее обоснованного решения предполагается построить математическую модель НХ и рефрижераторного устройства и провести серию вычислительных экспериментов направленных на выбор и обоснование наиболее эффективной схемы подавления парообразования внутри накопительной емкости.

**Выводы.** Предлагаемое решение позволит сократить потери топлива, соответственно снизить затраты энергии при хранении и накоплении сжиженного природного газа в недогретом состоянии. а также снизить выброс вредных веществ в атмосферу.

Макарчук Д.В.  
Спиридонова А.П.  
Авдеенко П.А.  
Михайлюк Д.Ф.

Баранов А.Ю. (научный руководитель)