

УДК 62-932.2

**ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ МАЛОТОННАЖНЫХ УСТАНОВОК  
OPERATING PRINCIPLE OF LOW-CAUGE INSTALLATIONS**

А.С. Игнатенко, Д.А. Ромейко, Д.В. Яковец

Научный руководитель – П.П. Храмцов, д.ф.-м.н.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Ignatenko, D. Romeyko, D. Yakovets

Supervisor – P. Chramtsov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences

Belarusian national technical university, Minsk

**Аннотация:** В данной статье рассматриваются малотоннажные установки, принцип их действия. Проводится анализ различий между другими установками и получения с помощью малотоннажных установок природного газа. Рассматриваем циклы малотоннажного производства.

**Abstract:** This article discusses small-tonnage plants, their operating principle. An analysis of the differences between other plants and the production of natural gas using small-tonnage plants is conducted. We consider the cycles of small-tonnage production.

**Ключевые слова:** малотоннажная установка, установка сжижения, природный газ, малотоннажный цикл.

**Keywords:** low-cauge installations, liquefaction installations, natural gas, low-cauge cycle.

**Введение**

Малотоннажные установки – это специализированные промышленные системы, предназначенные для производства химических веществ, биотоплив, удобрений и других продуктов в небольших масштабах. Они играют большую роль в многопрофильной экономике, обеспечивая локальные производства и минимизируя зависимость от крупных заводов, которые могут находиться на больших расстояниях, помогают оптимизировать производственные процессы, повысить эффективность и сократить затраты.

**Основная часть**

Малотоннажное производство СПГ (МП СПГ) - газовая отрасль промышленности, которая в настоящее время получает широкое развитие на мировом энергетическом рынке. Интерес к этому обусловлен в первую очередь автономной газификацией населенных пунктов, находящихся далеко от газопроводов, использованием сжиженного природного газа в качестве альтернативного топлива на транспорте, необходимостью наличия резервного топлива в зимнее время. Динамика роста количества малотоннажных установок в мире составляет примерно 10 % в год [1].

К малотоннажному производству сжиженного природного газа относятся:

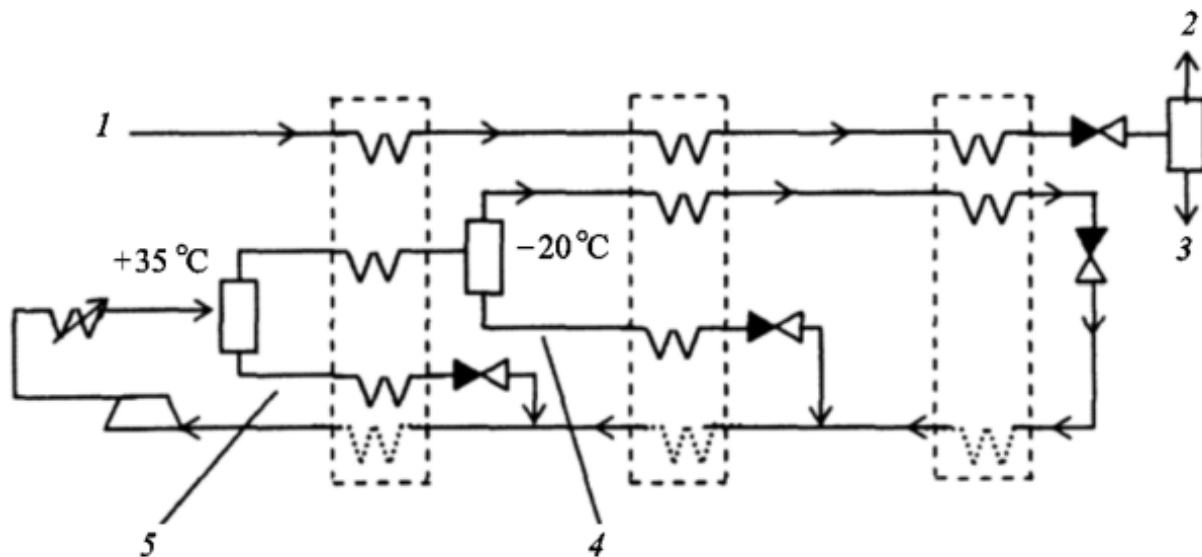
- комплексы производства СПГ мощностью до 10 т/час, в структуре автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС), на газораспределительных станциях (ГРС) и компрессорных станциях (КС) магистральных газопроводов (МГП), на

нефтегазопромыслах;

- автозаправочные станции потребителей СПГ (криогенные АЗС) или регазифицированным СПГ давлением свыше 0,6 МПа (криогенные газонаполнительные станции), в том числе криогенные АЗС автотранспорта, автотракторной техники, железнодорожного, водного, авиационного транспорта;
- станции снабжения потребителей регазифицированным газом давлением до 0,6 МПа включительно (криогенные станции газоснабжения), в тч на станции снабжения коммунально-бытовых и теплоэнергетических объектов [2].

Среди многочисленных технологий, используемых в мире для малотоннажного производства сжиженного природного газа, большинство установок работает по четырем основным циклам: 1) цикл Клименко с комбинированным хладагентом; 2) цикл с использованием внешнего азотного охлаждения; 3) цикл Линде - Хэмпсона, который включает предварительное охлаждение с помощью холодильной машины; 4) цикл с охлаждением на основе сырьевого природного газа.

Наиболее многообещающими, особенно для маломощных установок, выступают циклы с использованием смешанного хладагента (СХА). Преобладающая доля на рынке малотоннажных установок (до 80 %) принадлежит технологии SMR (Single Mixed Refrigerant, что в переводе означает «один смешанный хладагент»), патентованной компанией Air Products & Chemicals (APCI) [3]. Данная технология фактически является модификацией цикла Клименко, созданного в 60-х годах XX века.



1 – сырьевой газ, 40–52 кгс/см<sup>2</sup> (абс.); 2 – в топливный газ; 3 – СПГ; 4 – жидкая фаза, обогащенная этаном; 5 – жидкая фаза, обогащенная пропаном

Рисунок 1 – Цикл SMR (APCI)

При сравнении преобладающего на современном рынке цикла SMR (APCI) с наиболее перспективной технологией сжижения природного газа *Limut* можно привести основные параметры эффективности циклов

Таблица 1 – Основные параметры эффективности циклов

Цикл	Коэффициент сжижения, %	Удельные затраты электроэнергии, кВт·ч/кг СПГ	Степень термодинамического совершенства
SMR	99	0,504	0,375
Limum	99	0,509	0,433

### Заключение

Малотоннажные установки представляют собой важный элемент производственной инфраструктуры для малых и средних предприятий. Их экономическая эффективность, универсальность и способность быстро адаптироваться к изменениям в спросе делают их ценным инструментом для оптимизации производственных процессов. В условиях постоянно развивающегося рынка, малотоннажные установки становятся не только конкурентным преимуществом, но и необходимостью для успешного ведения бизнеса.

### Литература

1. Сафин А.Х., ред. Малотоннажное производство и применение сжиженного природного газа (метана) для беструбопроводного газоснабжения и в качестве моторного топлива для наземных транспортных средств. Техно-инвестиционные показатели установок. Отчет-справочник. Санкт-Петербург, ООО «Прима-химмаш», 2013, 257 с.
2. Малотоннажное производство СПГ [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://neftegaz.ru/tech-library/energoresursy-toplivo/666645-malotonnazhnoe-proizvodstvo-spg/>. – Дата доступа: 18.10.2024
3. Сафин А.Х., ред. Современные и перспективные технологии сжижения природного газа. Отчет-справочник. Второй выпуск. Санкт-Петербург, ООО «Прима-химмаш», 2012, 320 с.