

УДК 629.12

А.А. Вассерман, доктор техн. наук, **А.Г. Слынько**, кандидат техн. наук
Одесский национальный морской университет, ул. Мечникова, 34, г. Одесса, Украина, 65029
e-mail: avas@paso.net

СПОСОБ МОРСКОЙ ПЕРЕВОЗКИ СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ БЕЗ РЕКОНДЕНСАЦИИ

Предлагается способ перевозки сжиженных газов в состоянии обычной жидкости. В это состояние переводится насыщенная жидкость после загрузки с помощью небольшого дополнительного давления на её поверхность испарения, создаваемого инертным газом. Величина давления зависит от конструкции танков, рода перевозимого газа и продолжительности перевозки. Неизбежные теплопритоки из окружающей среды к сжиженному газу вызовут при его транспортировке этим способом не парообразование, а изобарное нагревание. Это позволит отказаться от судовой установки реконденсации пара, образующегося обычно вследствие теплопритоков. Предлагаемый способ применим и при перевозках сжиженных газов другими видами транспорта. Во всех случаях его использование обеспечит существенный экономический эффект.

Ключевые слова: Транспортировка. Сжиженный газ. Метан. Этан. Этилен. Пропан. Аммиак. Исключение парообразования. Экономический эффект.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время используются три способа перевозки сжиженных газов (СГ). Особенности этих способов подробно рассмотрены в [1-3]. Наиболее распространён способ перевозки СГ при давлении насыщения, незначительно превышающем атмосферное, и соответствующей низкой температуре. Избыточное давление, равное обычно 0,003...0,005 МПа, необходимо для предотвращения проникновения воздуха в ёмкость с газом и образования взрывоопасной концентрации.

При этом способе используются установки повторного сжижения (реконденсации) паров СГ, образующихся вследствие теплопритоков. Первоначально суда для перевозки сжиженного природного газа при температуре примерно $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$ строились без установок реконденсации, но в последние годы в связи с ростом стоимости природного газа новые метановозы оборудуются установками реконденсации [1, 2].

В данной работе предлагается способ перевозки СГ при температурах, близких к температуре нормального кипения, но в состоянии ненасыщенной жидкости, что исключает необходимость в реконденсации обычно образующегося пара.

2. СПОСОБ ПЕРЕВОЗКИ СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ БЕЗ РЕКОНДЕНСАЦИИ

При усовершенствовании способа перевозки сжиженных газов при атмосферном давлении стремились исключить кипение СГ, чтобы отказаться от использования установок реконденсации. Указанная цель достигается следующим образом: ёмкость для перевоз-

ки наполняют СГ при давлении насыщения и соответствующей низкой температуре. После загрузки в ёмкости создаётся дополнительное давление с помощью инертного газа, и тем самым СГ переводится в состояние обычной (ненасыщенной) жидкости, чтобы исключить парообразование при перевозке.

Величина дополнительного давления принимается такой, чтобы за время перевозки при изобарном нагревании вследствие теплопритоков СГ снова не достиг бы состояния насыщения. Как показывают приведенные ниже результаты расчётов, при перевозке большой массы груза такое дополнительное давление инертного газа на жидкость равно десятым долям атмосферного давления. Поэтому не требуется существенно повышать прочностные характеристики ёмкостей для перевозки СГ.

Рассмотрим предлагаемый способ перевозки на примере морских судов-газовозов. Так, при перевозке сжиженного метана под давлением 0,103 МПа (при температуре насыщения 111,84 К) за сутки испаряются примерно 0,15 % груза [4]. Для газоведа грузоместимостью 150000 м³ при плотности насыщенного жидкого метана 421,78 кг/м³ (по данным В.В. Сычёва и соавторов [5]) масса испарившейся жидкости составит 93000 кг. При этом учитывалось, что только 98 % объёма танков газозовов заполняются жидкостью, как отмечают В.В. Зайцев и Ю.Н. Коробанов [2].

Теплота парообразования метана при давлении 0,103 МПа равна 509,9 кДж/кг [5]. Следовательно, приток теплоты в танки метановоза достигает 47420 МДж в сутки. Общая масса перевозимого метана в состоянии насыщения при указанной грузоместимости равняется 62000 т. Изобарная теплоёмкость сжиженного метана в состоянии насыщенной жидкости равна 3,424 кДж/(кг·К). Таким образом, за сутки тем-