

11. Макаренко, М. В. Комплексний аналіз економічного ефекту від життєвого циклу сучасного напіввагону [Текст] / М. В. Макаренко, М. Б. Кельріх, О. В. Фомін // Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України». — Київ: ДНДЦ УЗ, 2014. — № 5(107). — С. 47–59.

ВНЕДРЕНИЕ КРУГЛЫХ ТРУБ В НЕСУЩИЕ СИСТЕМЫ КРЫТЫХ ВАГОНОВ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ

В работе представлены особенности и результаты проведенного исследования по внедрению круглых труб в несущие системы крытых вагонов на основе разработанной новой методологии. Применение такой методологии позволяет обеспечить минимальную материалоемкость внедряемых элементов при выполнении условий прочности и эксплуатационной надежности за счет обеспечения рациональных показателей прочности.

Ключевые слова: крытый вагон, совершенствование несущей конструкции, внедрение круглых труб, рациональные показатели прочности.

Кельріх Михайло Борисович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри вагонів та вагонного господарства, Державний економіко-технологічний університет транспорту, Київ, Україна.

Фомін Олексій Вікторович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра вагонів та вагонного господарства, Державний економіко-технологічний університет транспорту, Київ, Україна, e-mail: fomin1985@list.ru.

Кельрих Михаил Борисович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой вагонов и вагонного хозяйства, Государственный экономико-технологический университет транспорта, Киев, Украина.

Фомин Алексей Викторович, кандидат технических наук, доцент, кафедра вагонов и вагонного хозяйства, Государственный экономико-технологический университет транспорта, Киев, Украина.

Kelrykh Michael, State Economy and Technology University of Transport, Kyiv, Ukraine.

Fomin Alexey, State Economy and Technology University of Transport, Kyiv, Ukraine, e-mail: fomin1985@list.ru

УДК 622.691.4

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.51522

Джус А. П.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ РОЗВАНТАЖЕННЯ СУДЕН ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ СТИСНУТОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Розроблено рекомендації щодо облаштування розвантажувальних терміналів та режимів їх роботи при впровадженні початкових проектів морського транспортування стиснутого природного газу. Обґрунтовано доцільність спорудження двох віток з'єднувального газопроводу та використання їх як буферних ємностей. Створено умови для підвищення ефективності роботи обладнання для стиснення газу в процесі розвантаження транспортних засобів.

Ключові слова: стиснутий природний газ, розвантаження транспортних засобів, обладнання для стиснення газу, з'єднувальний газопровід.

1. Вступ

При освоєнні перспективних нафтогазоносних площ Чорного моря, потенційні ресурси яких знаходяться у значній кількості невеликих структур, можливим є застосування технології транспортування стиснутого природного газу для його збору з окремих свердловин, особливо на ранніх стадіях розробки родовищ за відсутності розгалуженої інфраструктури промислових газопроводів. З огляду на це актуальними є дослідження, що сприяють впровадженню технології в цілому та окремих процесів зокрема.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Щодо обсягів та віддалей транспортування стиснутого газу, з врахуванням наявності ряду перспективних нафтогазоносних площ у північно-західній частині Чорного моря (на прилеглому шельфі о. Зміїний), слід зауважити, що за результатами аналізу наявних на сьогодні досліджень економічної доцільності використання різних варіантів транспортування газу морськими

акваторіями транспортування газу на відстань 120 км в кількості 1 млрд. куб. м і менше знаходиться в області використання технології CNG (рис. 1) [1, 2].

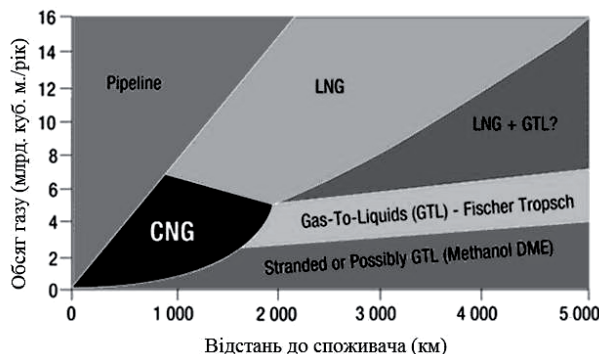


Рис. 1. Области використання технологій транспортування газу

Проектування морських транспортних засобів (суден CNG), покликаних обслуговувати офшорні родовища, здійснюється з урахуванням необхідності забезпечити

виконання таких завдань [3, 4]: прийом стисненого газу в морі безпосередньо зі свердловини на судно CNG з використанням підводного завантажувального комплексу типу STL; комплексна підготовка природного газу; дотискання газу, що надходить із свердловин, до тиску 20,0–25,0 МПа; зберігання газу в сховищах під тиском до 25,0 МПа протягом переходу судна до місця призначення; подача газу для розвантаження на місці призначення з використанням підводного розвантажувального комплексу типу STL і повне спорожнення сховищ судна за час не більше доби.

Для реалізації будь-якого окремого проекту з використанням технології CNG необхідною є наявність достатньої кількості транспортних засобів, які мають відповідну вмістимість і швидкість. При цьому в пункті розвантаження передбачається наявність, за винятком непередбачених обставин, пришвартованого і розвантажувального суден. При організованій таким чином роботі суднова система для транспортування стиснутого природного газу забезпечує такий же рівень постачання, як і магістральний трубопровід природного газу. Однак, в такому випадку різко зростає необхідна кількість транспортних засобів, що є небажаним при реалізації початкових проектів. У іншому варіанті проекту суднові трубопроводи і обладнання приймального терміналу можуть бути розраховані таким чином, що газ з суден розвантажують за відносно короткий час (наприклад 2–8 годин) у порівнянні зі звичайним часом розвантаження. Цей варіант виконання забезпечує можливість подачі палива з метою зниження пікового попиту.

В опублікованих на сьогодні працях та пропозиціях розробників проектів суден CNG основна увага приділялась обладнанню та засобам для зберігання та транспортування газу. Розглядалась також можливість комплектування транспортних засобів обладнанням для підготовки та компримування газу. Окремі рекомендації щодо вибору обладнання для підготовки і стиснення газу висвітлені в [5, 6]. В той же час питання щодо облаштування розвантажувальних терміналів та організації їх роботи відносились на задній план. Зокрема задекларовано можливість використання наявної енергії газу для зрідження певної його частини за допомогою відповідної криогенної установки [7]. Відповідно до зазначеної пропозиції зріджений природний газ акумулюється в спеціальних резервуарах та може використовуватися у разі порушення графіка прибуття суден зі стисненим природним газом. Передбачається також можливість їх розвантаження в години пік. Однак, при переході від декларування до глибокого аналізу особливостей реалізації процесу розвантаження виникає цілий ряд питань, відповіді на які потрібно отримати для успішного впровадження навіть початкових проектів.

3. Об'єкт, мета та задачі дослідження

Об'єкт дослідження — процес розвантаження морських транспортних засобів.

Основною метою досліджень є розроблення рекомендацій щодо облаштування розвантажувальних терміналів та режимів їх роботи для реалізації процесу розвантаження з мінімальними енергетичними та матеріальними витратами.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні задачі:

- встановити особливості протікання процесу розвантаження морських транспортних засобів за різних варіантів його реалізації;
- розробити рекомендації щодо облаштування розвантажувальних терміналів з врахуванням можливості реалізації різних варіантів процесу розвантаження;
- розробити рекомендації щодо поетапної реалізації процесу розвантаження з мінімальними витратами.

4. Результати розроблення рекомендацій щодо облаштування розвантажувальних терміналів та режимів їх роботи

Окремі результати попередніх досліджень в зазначеному напрямку, висвітлені у [8], полягають в отриманні залежностей зміни тиску в ємностях спеціального модуля у процесі витікання газу в трубопровід з тиском 5 МПа, а також встановленні динаміки зміни тиску при витіканні газу з балона за умов відсутності докритичних режимів витікання.

Як зазначалось у [8] процес розвантаження морських транспортних засобів може протікати у критичному і докритичному режимах. Як при критичному, так і докритичному режимах процес супроводжується постійним зменшенням тиску в ємностях вантажної системи і відповідно маси газу, що витікає з них. За умов розвантаження газу в трубопровід із робочим тиском близько 5 МПа, критичний режим витікання спостерігатиметься до моменту падіння тиску в ємності до близько 10 МПа. При подальшому зниженні тиску процес протікатиме у докритичному режимі. При вирівнюванні тисків витрата газу зменшиться до нуля. Продовжити розвантаження морських транспортних засобів можливо тільки після пониження тиску на шляху руху газу.

Як у [7], так і у [9] в процесі розвантаження передбачається використання обладнання для стиснення газу. Саме введення його в дію приводить до відновлення процесу завдяки зниженню тиску на вхідній лінії. Зважаючи на те, що розвантаження супроводжується постійним зменшенням тиску в ємностях вантажної системи, обладнання компресорної станції працюватиме у нестационарному режимі. Масова витрата газу буде залежати або від параметрів вантажної системи CNG суден, або від характеристики обладнання для стиснення.

Покращення умов роботи обладнання для стиснення, зокрема для варіанту забезпечення з використанням технології CNG рівня постачання газу, що відповідає роботі магістрального трубопроводу, є можливим завдяки використанню спеціальних регулюючих пристроїв. Вибір обладнання при цьому необхідно здійснювати з міркувань мінімізації енергетичних витрат.

За умов розвантаження суден за відносно короткий час з метою зниження пікового попиту необхідно забезпечити протікання процесу тільки у критичному режимі, що є можливим шляхом зменшення тиску в просторі, куди витікає газ.

За будь-яких характеристик джерел постачання та варіантів організації роботи системи транспортування стиснутого природного газу розвантаження транспортних засобів здійснюється в існуючу газотранспортну систему. Якщо розглядати можливість реалізації проекту для зазначених вище перспективних нафтогазоносних площ, то оптимальним варіантом виходу на суходіл є район Іллічівська та Одеси. За результатами аналізу

наявної газотранспортної інфраструктури у вказаному районі очевидно є необхідність спорудження ділянки газопроводу для з'єднання з нею розвантажувального терміналу.

У відповідності з [10] за робочим тиском магістральні газопроводи поділяються на два класи: клас I — робочий тиск від 2,5 до 10 МПа включно; клас II — робочий тиск від 1,2 до 2,5 МПа включно. Газопроводи, які експлуатуються за тисків нижче 1,2 МПа — це вже не магістральні, а промислові, заводські, підвідні газопроводи та газові мережі в населених пунктах.

Зважаючи на тривалість експлуатації та технічний стан наявних магістральних газопроводів, їх максимальний робочий тиск складає близько 5,5 МПа. При спорудженні з'єднувальної ділянки газопроводу згідно чинних нормативних документів її максимальний робочий тиск може становити 7,5 МПа. Також можливим є спорудження багатониткових магістральних газопроводів.

З врахуванням сказаного вище та на основі результатів попередніх досліджень з метою зменшення енергетичних та матеріальних витрат при впровадженні початкових проектів пропонуються окремі рекомендації щодо облаштування розвантажувальних терміналів та режимів їх роботи.

При спорудженні з'єднувальної ділянки газопроводу слід передбачити укладання двох паралельних ниток з робочим тиском 7,5 МПа та діаметром, що забезпечує акумуляуючу здатність, визначену з врахуванням обсягів транспортованого газу (рис. 2). Розвантаження суден за короткий час, що передбачає протікання процесу тільки в критичному режимі, реалізується поетапно і передбачає:

1. Витікання газу із ємностей вантажної системи у першу вітку з'єднувального газопроводу, за умов її під'єднання до магістрального газопроводу. Етап триває допоки відношення тиску газу в з'єднувальному газопроводі і ємностях не досягне критичного значення.

2. Витікання газу із ємностей вантажної системи у другу вітку з'єднувального газопроводу, початковий тиск в якій не перевищує 1,2 МПа. Другий етап також триває до моменту досягнення критичного значення співвідношення тисків.

3. Розвантаження газу із ємностей вантажної системи у першу вітку з'єднувального газопроводу з використанням обладнання для його стиснення. З перевищенням тиску газу у вітці з'єднувального газопроводу значення максимального робочого тиску для магістрального газопроводу процес продовжується при закритті засувці на виході першої вітки до моменту підняття тиску в ній вище 7,5 МПа або повного розвантаження ємностей вантажної системи.

4. За умов неможливості повного розвантаження у першу вітку, процес продовжується при під'єднанні другої вітки і реалізується з використанням обладнання для стиснення газу.

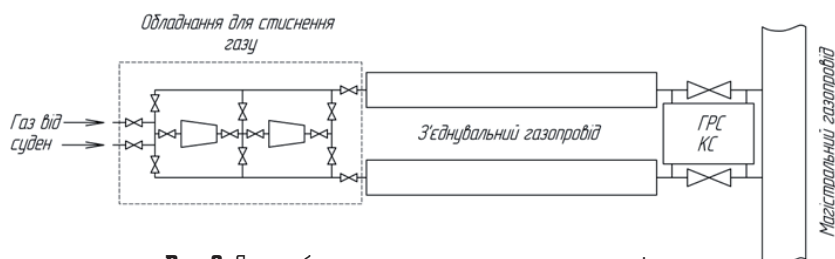


Рис. 2. Схема облаштування розвантажувального терміналу

За час від'єднання розвантаженого судна та під'єднання нового з віток з'єднувального газопроводу відбувається відбір газу в кількості необхідній для досягнення значень тиску, рекомендованих для початку процесу розвантаження наступного судна. Відбір може тривати і впродовж всього процесу розвантаження суден CNG, а з другої вітки газопроводу здійснюватися безпосередньо споживачами через ГРС.

5. Висновки

В результаті проведених досліджень:

1. Встановлено, що процес розвантаження супроводжується постійним зменшенням тиску в ємностях вантажної системи і відповідно маси газу, що витікає з них. Максимальна швидкість процесу досягається шляхом підтриманням критичного режиму витікання газу.

2. Обґрунтовано доцільність прокладання двох віток з'єднувального газопроводу та використання їх як буферних ємностей, що дає змогу підтримання критичного режиму витікання газу при необхідності швидкого розвантаження транспортних засобів.

3. Розроблено рекомендації щодо режимів роботи розвантажувальних терміналів, дотримання яких сприяє максимальному використанню енергії стиснутого газу та введенню в дію обладнання для стиснення на завершальному етапі, чим досягається зменшення енергоємності процесу розвантаження.

Література

1. Stephen, G. CNG marine transport — demonstration project development [Electronic resource] / G. Stephen, G. Cano // Presented at the Offshore Technology Conference. — Houston, Texas, USA, 2006. — Available at: \www/URL: <http://dx.doi.org/10.4043/17780-ms>
2. About [Electronic resource] / KGTM Kelley GasTransportModules. — Available at: \www/URL: <http://kelleygtm.com/about/>
3. ООО ИНТАРИ — услуги в области разработки проектов освоения месторождений и транспортировки газа [Электронный ресурс]. — Режим доступа: \www/URL: <http://cng.intari.com/>
4. Перспективные суда и технические средства для нефтегазовой отрасли [Электронный ресурс] / Конструкторское бюро по проектированию судов «Вымпел». — Режим доступа: \www/URL: <http://www.vympel.ru/ru/publikacii/10-publikacii/110-perspektivnye-suda-i-texnicheskie-sredstva-dlya-neftegazovoj-otrasli>
5. Джус, А. П. Чинники, що визначають особливості підготовки та стиснення газу при реалізації транспортної технології CNG [Текст] / А. П. Джус // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. — 2014. — № 1(50). — С. 24–32.
6. Джус, А. П. Концептуальные основы выбора оборудования для подготовки и сжатия газа при реализации технологии CNG [Текст]: сборник научных статей по итогам Четвертой Международной научно-практической конференции, г. Смоленск, 23–25 апреля 2014 г. / А. П. Джус, Н. Н. Яцышин, В. В. Боркинский // Информатика, математическое моделирование, экономика. — Смоленск: Смоленский филиал Российского университета кооперации, 2014. — Том 1. — С. 44–51.
7. Судовая система для транспортировки сжатого газа [Электронный ресурс]: Патент № 2145689 РФ, МПК F17C001/00, F17C005/06, F17C007/00 / Стеннинг Д. Дж., Крэн Д. Э. — № 98110263; заявл. 28.10.1996; опубл. 20.02.2000, Бюл. № 3 — Режим доступа: \www/URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2145689>

8. Джус, А. П. Забезпечення процесів завантаження і розвантаження морських транспортних засобів при транспортуванні стиснутого природного газу [Текст] / А. П. Джус, Я. С. Гриджук // Технологічний аудит та резерви виробництва. — 2015. — № 2/1(22). — С. 64–69. doi:10.15587/2312-8372.2015.41397
9. Судовая система транспортировки газа [Текст]: Патент № 2155696 РФ, МПК В63В25/14 / Стеннинг Д. Дж., Крэн Д. А. — № 99101831/28; заявл. 26.09.1997; опубл. 10.09.2000, Бюл. № 27. — Режим доступа: \www/URL: http://www.sibpatent.ru/patent.asp?nPubl=2155696&mpkcls=B63B025&ptncls=B63B025/14&sort=2
10. СНиП 2.05.06-85. Магистральные газопроводы [Текст] / Госстрой СССР. — М.: ЦИТЛ Госстроя СССР, 1985. — 52 с.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ РАЗГРУЗКИ СУДОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ СЖАТОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

Разработаны рекомендации по обустройству разгрузочных терминалов и режимов их работы при внедрении начальных проектов морской транспортировки сжатого природного газа. Обоснована целесообразность сооружения двух веток соединительного газопровода и использования их в качестве буферных емкостей. Созданы условия для повышения эффективности работы оборудования для сжатия газа в процессе разгрузки транспортных средств.

Ключевые слова: сжатый природный газ, разгрузка транспортных средств, оборудование для сжатия газа, соединительный трубопровод.

Ключевые слова: сжатый природный газ, разгрузка транспортных средств, оборудование для сжатия газа, соединительный трубопровод.

Джус Андрій Петрович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра нафтогазового обладнання, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна, e-mail: andriy_dzhus@i.ua.

Джус Андрей Петрович, кандидат технических наук, доцент, кафедра нефтегазового оборудования, Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Украина.

Dzhus Andriy, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine, e-mail: andriy_dzhus@i.ua