# УДК 629.12+621.69

# Задорожний В.А., Козьміних М.А., Беленький М.Я.

Національний університет «Одеська морська академія»

**Особливості паливопідготовки вторинної пари вантажу на газовозах**

Використання зрідженого природного газу (ЗПГ) в якості палива для головних суднових двигунів, а також для виробництва електроенергії з метою забезпечення потреб на суднах під час стоянки в портах дозволяє зтримувати зростання забруднення і виконувати жорсткі екологічні обмеження. Екологічний аспект переходу на використання ЗПГ є визначальним при виборі конкретного шляху виконання вимог конвенції МАРПОЛ 73/78. Економічні переваги зрідженого газу дозволяють в прийнятні терміни окупити витрати на пристосування судна до роботи на ЗПГ, на технологічне обладнання та вартість бункерування. [1]

Результатом роботи двигуна внутрішнього згорання на природному газі є низькі викиди вихлопних газів в навколишнє середовище через відсутність в паливі забруднювачів. Метан, головний компонент природного газу, є високоефективним вуглеводневим паливом. Таким чином, в режимі роботи двигуна на газі викиди CO2 знижуються на 20% в порівнянні з роботою двигуна на залишкових сортах палива. Відповідно знижуються викиди NOx на 85 - 90%, в той час як викиди SOx практично зникають. Більш того, відсутні видимий дим, шламові осадження, викиди свинцю, викиди бензолу знижуються на 97%. [2]

Крім екологічних аспектів в даному випадку дуже важливі і економічні. Перехід на газове паливо на суднах забезпечує зниження експлуатаційних витрат за рахунок низької вартості газу, менших витрат на ТО і т.д.

На сьогоднішній день реалізовані дві технології спалювання газового палива в суднових малооборотних двигунах, які зручно класифікувати по тиску подачі газу в циліндр. [3]

Подача газу при високому тиску здійснюється при положенні поршня поблизу верхньої мертвої точки (ВМТ) і реалізована в двигунах MAN B & W серії ME-GI. Технологія подачі газу при низькому тиску заснована на спалюванні збіднених газоповітряних сумішей і реалізована в двигунах Winterthur Gas & Diesel Ltd (WinGD) DF і RT-flexDF.

Перед двигуном газ фільтрується, тиск в газопроводі регулюється в залежності від навантаження двигуна (8 кгс / см2 на повному навантаженні). Далі газ направляється до головного впускного клапана, встановленого в кришці циліндра. Керуючі імпульси на клапани подаються від електронного блоку управління, який, в свою чергу, отримує інформацію від датчиків обертів, навантаження, тиску та температури наддувного повітря і датчика контролю згоряння в кожному циліндрі. [3]

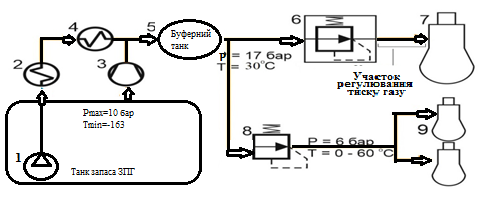


Рис. 1. Загальна принципова схема підготовки і подачі газу в двигуна WinGD DF: 1 - насос; 2 - випарник; 3 - компресор; 4 - підігрівач; 5 - буферний танк; 6 – Газо - клапанний блок (ГКБ); 7 - головний двигун; 8 - редукційний клапан; 9 - допоміжні двигуни

З танка запасу ЗПГ багатоступеневим відцентровим насосом регульованою продуктивності ЗПГ подається в теплообмінник, де він повністю випаровується. Після випарника газ надходить в підігрівач, в якому температура підвищується до 30 ° С. З підігрівача газ надходить в буферний танк. Стабілізації тиску газу в танку запасу ЗПГ відбувається за допомогою відбору «теплих» парів компресором. З буферного танка, який грає роль акумулятора, газ при температурі 30оС і тиску 18 бар подається до ГКБ головного двигуна. До паливній системі допоміжних двигунів газ надходить через редуктор тиску, який знижує тиск до 6 бар. ГКБ регулює тиск газу в газопалевній рампі в залежності від навантаження двигуна. [3]

Процес горіння в двигуні з низьким тиском подачі газу характеризується рівномірним розподілом температур в КЗ, в слідстві чого кількість виробленого NOx не перевищує значення 4 г / (кВт \* рік), що повністю відповідає вимогам III-го етапу Програми VI конвенції МАРПОЛ 73/78 [3]  
 У двигунах MAN B & W серії ME-GI газове паливо подається в циліндри під високим тиском. В даному двигуні використовується ідея досягнення необхідного тиску за рахунок стиснення ЗПГ, а потім його газифікації [4] (рис 2). Стиснення ЗПГ до необхідного тиску відбувається в трьох-плунжерні насоси високого тиску (НВТ). До НВТ скраплений природний газ подається живильним насосом. При цьому ПВГ з газового танка подається у випарник компресором високого тиску малої продуктивності. Витрата і тиск в системі регулюються частотою обертання насоса від приводного електродвигуна, що дозволяє досягати необхідного тиску при змінному навантаженні ГД. Незважаючи на те що змінюється витрата, тиск в системі підтримується постійним за допомогою досить складної системи регулювання. [5]

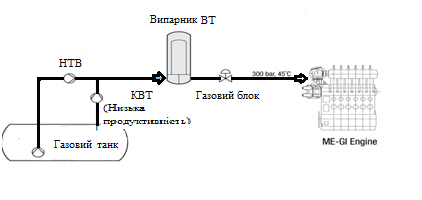


Рис. 2. Загальна принципова схема підготовки і подачі газу в двигуні MAN B & W ME-GI

Технологія спалювання газового палива в ГД не впливає на вибір танків запасу ЗПГ, проте принципово визначає систему пали-вопідготовки. Для двигунів з низьким тиском подачі газу досить відцентрового криогенного насоса, і випарника низького тиску, тоді як для двигуна з високим тиском необхідний насос високого тиску (НВТ) плунжерного типу і відповідний випарник. [3]

Перевага системи низького тиску подачі газу в цьому випадку полягає в менших енергетичних витратах на стиск парів ЗПГ, в той час як для двигунів з високим тиском подачі газу необхідний багато-ступінчастий насос високого тиску. [3]

Аналіз можливих варіантів вибору танків запасу ЗПГ. Хоча використання ЗПГ в якості палива в суднових енергетичних установках має безліч переваг, є і недоліки. Танки запасу ЗПГ займають в 3-4 рази більше суднового простору, ніж звичайні паливні танки. Таким чином вільний вантажний простір стає одним з головних питань для обговорення. Збільшення тривалості планованого рейсу викликає необхідність збільшення обсягу танків запасу ЗПГ [6]. Отже, одна з основних цілей при проектуванні суднів - оптимізувати розмір танків запасу в залежності від вільного простору [7].

Висновки

1. З урахуванням сучасних екологічних вимог і постійним зростанням цін на залишкові сорти палива, Пропульсивний комплекс з двотактним газо-дизелем є черговим еволюційним рішенням.

2. Існуючі на сьогоднішній день технології використання природного газу в суднових малообертових двигунах принципово різні. З точки зору динамічних і потужних показників очевидними перевагами володіє технологія подачі газу під високим тиском. Однак, екологічні характеристики, капіталовкладення та експлуатаційні витрати значно краще у двигунів з низьким тиском подачі газу.

3. Для не великих суден - оптимальним варіантом є установка танків типу С, які не вимагають додаткових установок для обробки ПВГ. В той час, як для великих судів найбільш привабливим варіантом буде установка танків запасу мембранного типу, що дозволяють максимально ефективно використовувати вантажний простір судна.

4. Необхідний пошук найбільш ефективних і економічних варіантів обробки надлишкового ПВГ, що утворюється при стоянці судна, який неможливо використовувати в якості палива в суднових котлах і двигунах внутрішнього згоряння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.Костильов І. І.,. Коняєв Д. В. Бункерування як фактор стримування застосування газового палива на суднах // Вісник ГУМРФ. - 2016. - С. 48-56.

2. Чепаліс І.В. Козьміних Н.А. Вплив економічних та екологічних факторів на вибір пропульсивного комплексу сучасних метановозів // Конф. : "Енергетика судна: експлуатація та ремонт", 2015

3.Чепаліс І.В. Проблеми стійкої роботи газодизеля при використанні природно випарувався вантажу метановозів як палива / Вісник ГУМРФ. - 2015. - С. 65-73.

4. Чепаліс І.В. Аналіз систем подачі природного газу в двотактні газодизелі на суднах-метановозах // Технічні гази, 2016. - № 3. - С. 65-70.

5. Project Guide "ME-GI Dual Fuel MAN B & W Engines" [Електронний ресурс]: [https://marine.mandieselturbo.com](https://marine.mandieselturbo.com/)

6.Jo Ann Cantu. Training and competence of personnel for gas fuelled ships and bunkering. // 8th Gasfuelled ships conference. - 2017. - p. 125

7.Herve Irvoas. LNG containment systems - retrofitting options. // 8th Gasfuelled ships conference. - 2017. - p. 135