

10.31653/smf42.2021.86-91

Ратайчук О. В., кер.доц. Сагін С. В.
Національний університет «Одеська морська академія»

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ НАДДУВА СУД- НОВИХ ДИЗЕЛІВ

Постановка проблеми в загальному вигляді. Робочий цикл суднового двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) складається з послідовності окремих, але поєднаних процесів: наповнення циліндра свіжим повітрям; стиснення суміші свіжого повітря та залишкових газів до температури, що забезпечує надійне самозаймання палива; згоряння палива, розширення продуктів згоряння, випуску та продування. Перебіг робочого циклу, та отримання корисної роботи від його здійснення не можливо безупинної подачі повітря у циліндр дизеля, яке забезпечує та здійснює не лише процес згоряння, а також процеси очищення циліндра від випускних газів (ВГ) та його наповнення. Подача повітря у циліндр дизеля здійснюється за допомогою системи наддува и виконується турбокомпресором (ТК).

Потужність, яку може розвивати дизель, безпосередньо залежить від кількості повітря і палива, які надходять в циліндри дизеля. Значить домогтися підвищення потужності двигуна можна шляхом збільшення кількості цих складових. Збільшення кількості палива марно, якщо одночасно не збільшується об'єм повітря, необхідний для його згоряння. Одним з рішень цієї проблеми є збільшення обсягу повітря, що надійшло в циліндри, при цьому спалювання великої кількості палива дає можливість отримати більшу енергію та перетворити її у корисну роботу. Розв'язання цього завдання неможливе без підвищення ефективності процесу наддува дизелів, що встановлені на судах річкового та морського транспорту [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для підвищення ефективності роботи системи наддува можливо використання таких методів:

- 1) застосування газотурбінної системи наддуву від вільного турбокомпресора;
- 2) застосування імпульсної системи наддуву;
- 3) застосування двохступеневого наддуву;
- 4) застосування реєстрової системи наддуву;

5) регулювання і вибір раціональної площі перетину соплового апарату турбокомпресора;

б) застосування турбокомпаундних систем (ТКС), що забезпечують розподіл випускних газів суднового дизеля між газотурбонагнетачем та силовою турбіною [2, 3].

Постановка завдання. Завданням дослідження було визначення варіантів комплектації турбокомпаундних систем наддуву головних двигунів (ГД), що встановлені на суднах річкового та морського транспорту та оцінка зміни енергетичної ефективності та паливної економічності дизелів під час використання цих систем.

Виклад основного матеріалу дослідження. ТКС повної утилізації тепла складається з силової (СТ) і паровий турбін, з'єднаних між собою редукторами і мотор-генераторами. Як приклад можна привести установку MARC HRS, розроблену фірмою MAN-Diesel&Turbo (рис. 1) [4].

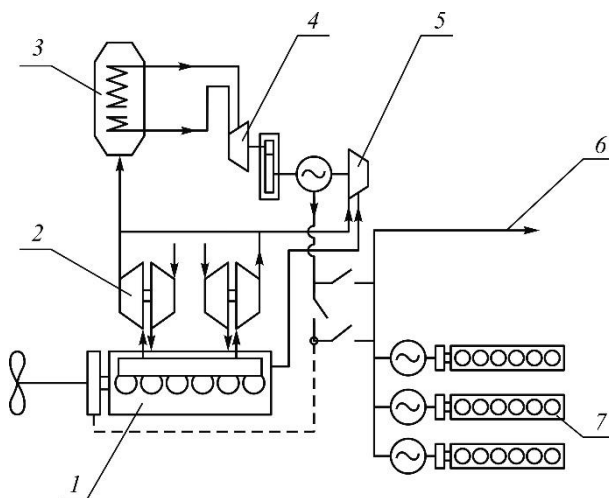


Рис. 1. Принципова схема турбокомпаундної установки

MARC HRS фірми MAN-Diesel&Turbo:

1 – ГД; 2 – ТК; 3 – УК; 4 – парова утилізаційна турбіна; 5 – силова турбіна; 6 – суднова електромережа; 7 – ДГ

Силова турбіна приводиться в рух ВГ, частково відбираються від основного потоку. У парову турбіну надходить пара з утилізаційного котла (УК), розташованого на виході ВГ з ТК ГД. Без редукторний

мотор-генератор на валопроводі головного двигуна включений в загальну систему електрозабезпечення з допоміжними дизель-генераторами. Мотор-генератор може працювати як двигун, передаючи додаткову потужність на гвинт при маневруванні і несприятливої погоди, або як генератор, що передає енергію різним судновим споживачам [5].

ТКС можуть мати різне виконання і принцип дії. Так, у доповіді фірми «Wartsila» для утилізації тепла, що відходить двотактних дизелів запропонована принципова схема турбокомпаундної установки (рис. 2), що застосовується в даний час. У запропонованій схемі відсутнє силова турбіна і мотор-генератор на валопровід ГД [6].

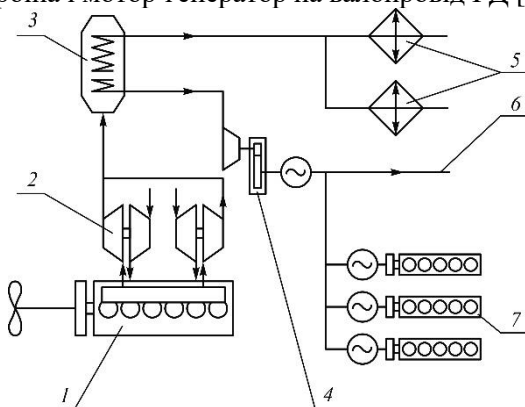


Рис. 2. Принципова схема ТКС, що застосовується фірмою «Wartsila» на двотактних дизелях:

- 1 – ГД; 2 – ТК; 3 – УК; 4 – утилізаційна парова турбіна; 5 – побутові споживачі пари; 6 – суднова електромережа; 7 – ДГ

Зіставлення параметрів силової та парової турбін, виконане фірмою MAN-Diesel&Turbo, показує, що парова турбіна дає більший виграш, ніж силова (рис. 3).

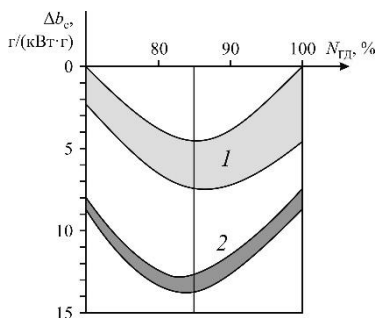


Рис. 3. Порівняння параметрів силової (1) та парової (2) турбін на високому навантаженні

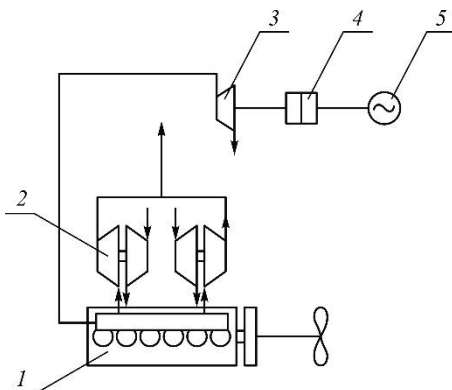


Рис. 4. Схема ТКС з СТ фірми MAN-Diesel&Turbo – система TCS-PTG:

1 – ГД; 2 – ТК; 3 – силова турбіна; 4 – редуктор; 5 – генератор

Незважаючи на термодинамічну перевагу утилізації тепла в паровій турбіні фірма MAN-Diesel&Turbo віддає перевагу ТКС з силовою турбіною TCS-PTG (рис. 4) [7].

Як правило, ТКС використовуються при навантаженні двигуна більше 50 %. На думку фірми «Mitsubishi» в комбінації з реєстровою системою наддуву включення в роботу СТ може бути реалізовано при більш низьких навантаженнях, що дозволяє збільшити частку утилізованого тепла (рис. 5.) [8].

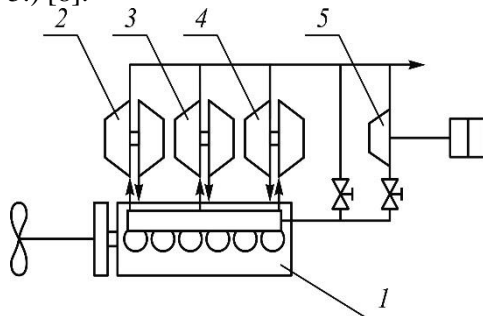


Рис. 5. Регістрова система наддуву з силовою турбіною:
1 – ГД; 2 – малий ТК; 3, 4 – великий ТК; 5 – силова турбіна

Висновки і перспективи подальших досліджень. Виконаний огляд можливих схем комплектації турбокомпаундних систем наддуву суднових дизелів дозволяє висловити думку, що двигуни з турбокомпресорами використовують тільки певну частину енергії ВГ для наддуву, тому залишилася енергія може бути передана системам утилізації тепла. Чим вище ККД турбокомпресора, тим більша кількість енергії може бути утилізовано;

турбокомпаундна система повної утилізації тепла, що складається з силової та парової турбін, з'єднаних між собою редукторами і мотор-генераторами, досить дорога і має тривалий термін окупності. Тому двигунобудівні фірми пропонують більш прості технічні рішення з урахуванням досвіду та наявних можливостей виробництва;

впровадження турбокомпаундних систем наддува на суднах річкового та морського транспорту сприятиме підвищення енергетичної ефективності та паливної економічності встановлених на них дизелів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Соловьёв А. В. Повышение эффективности судовых энергетических установок / А. В. Соловьёв, М. М. Чиркова, Н. Ф. Попов // Вестник АГТУ. Сер. : Морская техника и технология. – 2018. – № 4. – С. 101-106. DOI: 10.24143/2073-1574-2018-4-101-106.

2. Бердник А. Н. Возможность использования двухступенчатой системы воздухообеспечения на судовых четырехтактных дизелях / А. Н. Бердник. – Вестник ТОГУ, 2015. – № 4(39). – С. 81-88.

3. Лашко В. А. Пути совершенствования системы газотурбинного наддува комбинированных поршневых двигателей / В. А. Лашко, А. Н. Бердник. – Вестник ТОГУ, 2010. – № 4(19). С. 91-100.

4. Каминский Р. В. Разработка систем наддува для ДВС различного назначения / Р. В. Каминский. – Известия МГТУ МАМИ, 2014. – Т. 1. – № 4 (22). – С. 22-27.

5. Румянцев В. В. Перспективы развития систем наддува транспортных дизелей / В. В. Румянцев. – Вестник ГУМиРФ им. адм. С. О. Макарова, 2014. – Т. 9. – № 2. – С. 364-372.

6. Лашко В. А. Методы оценки эффективности систем газотурбинного наддува комбинированных двигателей внутреннего сгорания : учеб. пособие / В. А. Лашко, А. Н. Бердник. – Хабаровск : ТОГУ, 2006. – 118 с.

7. Behr T. Second generation of two-stage turbocharging Power2 systems for medium speed gas and diesel Engines / T. Behr, M. Kahi, A. Reichl, M. Hubacher. – Paper № 134, CIMAC 2013, Shanghai.

8. Васильев А. В. Исследование влияния конструктивных параметров турбокомпаундного дизеля на его экономичность / А. В. Васильев, Е. А. Дивинский // Вестник АГТУ. Сер. : Морская техника и технология. – 2010. – № 2. – С. 52-60.