

[10] Cherednichenko O. Investigation of the combustion processes in the gas turbine module of an FPSO operating on associated gas conversion products [Text] / Oleksandr Cherednichenko, Serhiy Serbin, Marek Dzida // POLISH MARITIME RESEARCH. – 2019. – 4 (104). – Vol. 26. – P. 149-156.

[11] Cherednichenko, O. Application of thermo-chemical technologies for converging of associated gas in diesel-gas turbine installations for oil and gas floating units / O. Cherednichenko, S. Serbin, M. Dzida // POLISH MARITIME RESEARCH. – 2019. – No 3 (103), Vol. 26. – P. 181–187. DOI: 10.2478/pomr-2019-0059.

[12] Романовський Г.Ф. Камери згоряння газотурбінних двигунів: Навчальний посібник [Текст] / Г.Ф. Романовський, С.І. Сербин – Миколаїв : УДМТУ, 2000. – 259 с.

[13] Померанцев В.В. Основы практической теории горения [Текст] / В.В. Померанцев – Москва: Энергия, 1973. – 264 с.

[14] Романовский Г.Ф. Исследование параметров потока в камере сгорания с плазмотроном [Текст] / Г.Ф. Романовский, С.И. Сербин // Судовые энергетические установки: Сборник науч.тр. – Николаев: НКИ, 1985. – С. 8–16.

Theoretical investigations of impact of plasma-chemical additives on toxic components formation in a dual-fuel low-emission gas turbine combustor while operating on gaseous and liquid fuels

Serbin S.¹, Diasamidze B¹

^{1,2}Admiral Makarov National University of Shipbuilding

An effective method of organizing the working process in a dual-fuel gas turbine combustor is proposed. Theoretical investigations of impact of plasma-chemical additives on toxic components formation in a dual-fuel low-emission gas turbine combustor while operating on gaseous and liquid fuels have been carried out for fuel injection into the channels of axial-radial swirlers of low-emission combustor.

Keywords: gas turbine engine; dual-fuel low-emission combustor; combustion process, low-temperature plasma.

УДК 621.438

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМБІНОВАНИХ ГАЗОПАРОТУРБІННИХ УСТАНОВОК ЗА РАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

Соломонюк Д.М.¹

¹кандидат технічних наук, асистент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна
denys.solomoniuk@nuos.edu.ua

Анотація. Розглянуто проблеми утилізації низькотемпературного тепла системи охолодження комбінованих газопаротурбінних установок. Для рішення цієї задачі запропоновано використати теплонасосні установки (ТНУ). Встановлено, що підвищення теплової ефективності установок досягається за рахунок вибору двохступінчастої схеми ТНУ та раціональної схеми їх підключення до обладнання системи охолодження.

Ключові слова: парогазова установка, газотурбінна установка, теплонасосна установка, система охолодження, тепла ефективність

Вступна частина. Коефіцієнт корисної дії комбінованих газопаротурбінних установок (КГПТУ) на сьогодні досягає 55 %, а у перспективі може перевищити 60 % [1, 2]. Істотним їх

недоліком є необхідність відведення великої кількості низькопотенційного тепла з температурою 25–50°C. Впровадження теплонасосних установок (ТНУ) дає можливість використати це низькопотенційне тепло для гарячого водопостачання та опалення споживачів [3].

Метою роботи є підвищення паливної ефективності комбінованих газопаротурбінних установок шляхом корисного використання тепла, що викидається до навколишнього середовища, для потреб опалення та гарячого водопостачання.

Основна частина. Загальна кількість тепла, що викидається до навколишнього середовища з парогазової установки, дорівнює потужності основного двигуна, а найбільша кількість теплоти виділяється в конденсаторі парової турбіни, причому дане тепло має низький температурний потенціал (30-50 °С), що істотно утрудняє його утилізацію.

Корисно використати тепло можна при постачанні низькотемпературних споживачів, які зустрічаються вкрай рідко. Інший шлях це збільшення температури теплоносія у теплових насосах до рівня, на якому можливо використати його для потреб опалення і гарячого водопостачання [3].

Серед відомих типів теплових насосів найбільше поширення одержали парокompресорні (ПК) ТНУ. Їх потужності лежать у діапазоні від кількох сотень ватів до 1 МВт. У більшості випадків серійні парокompресорні теплові насоси працюють за одноступінчастою схемою й забезпечують температуру води, що йде до теплового споживача, на рівні 50 - 55 °С (іноді 63 °С). Це достатньо для забезпечення потреб гарячого водопостачання, але для подачі води у систему опалення потрібен більший температурний потенціал [3].

Попередній аналіз показав, що для охолодження води з системи охолодження конденсатора і передачі тепла для потреб опалення застосування одноступінчастої ТНУ недоцільно (коефіцієнт трансформації тепла $\mu=1.4$). Запропоновано використати двоступінчасту ТНУ, яка виконана за схемою із двома ступенями конденсації.

При підігріві води в "літній" період для потреб гарячого водопостачання (тобто до 60 °С) робоче тіло ТНУ циркулює в низькотемпературному контурі: випаровується у випарнику і конденсується в конденсаторі низького тиску, підігрівуючи воду з теплової мережі. У зимовий час для забезпечення потреб опалення вмикається високотемпературний контур. Пара робочого тіла після компресора низького тиску стискається в компресорі високого тиску і конденсується у конденсаторі високого тиску.

Аналіз і розрахунок цієї ТНУ виконано для наступних температур зовнішнього повітря: мінус 20°C (мінімальна температура), 15 °С (номінальний режим). Температура води на вході в конденсатор парової турбіни прийнята постійною й рівною 25 °С, температура на виході 40 °С. Температура конденсації пари після парової турбіни прийнята 47,6°C, що забезпечить тиск у конденсаторі на рівні 0,011 МПа.

Результати розрахунків показують, що у двоступінчастій парокompресорній ТНУ передача тепла до теплоносія із невисокою температурою (60°C) можлива з $\mu=7,94$. Взимку при зростанні температури води (95°C), що йде до споживачів тепла, ефективність роботи знижується до $\mu=6,62$. Коефіцієнт використання тепла палива КГПТУ при виробництві електроенергії без виробництва тепла у ТНУ становить 53%. При використанні низькопотенційного тепла для опалення і водопостачання коефіцієнт використання тепла палива підніметься до 65% тобто у 1,23 рази.

Однією з особливостей роботи теплової мережі є зміна споживання тепла протягом року: максимум споживання приходить на зимовий період, мінімум - на літній. Залежно від типу й кількості теплових споживачів може виникнути ситуація, коли кількість тепла передана тепловим насосом, буде більше, ніж потребують споживачі. У цьому випадку доведеться частину тепла скидати до навколишнього середовища через штатну систему охолодження установки.

Розглянуто наступні способи підключення ТНУ до системи охолодження конденсатору КГПТУ:

- паралельно конденсатору;
- послідовно конденсатору;

- паралельно тепловому споживачеві;
- послідовно тепловому споживачеві;
- комбінована схема (змішане).

Доцільність застосування тієї або іншої схеми залежить від кількості й потужності теплових споживачів, режиму їхньої роботи, вартості градирень, схеми роботи ТНУ, цін на тепло й електроенергію.

Оскільки для охолодження конденсаторів КГПТУ здебільшого використовуються "мокрі" вентиляторні градирні, в яких за рахунок випаровування досягається глибоке охолодження води, вважається доцільним розмістити ТНУ перед градирнями. У такій схемі, спочатку температура води буде знижуватись у випарнику ТНУ, а після нього – у градирні. Зменшення температури перед градирнею знизить величину незворотних втрат води.

Висновки. Для утилізації тепла комбінованих газопаротурбінних установок, що викидається до навколишнього середовища, запропоновано використати парокompресорну ТНУ із двома ступенями конденсації, яка в теплу пору року підігріватиме воду для гарячого водопостачання, а у холодну для опалення. В результаті коефіцієнт використання тепла палива установки підніметься у 1,23 рази.

Внаслідок нерівномірності споживання тепла протягом року необхідно розробити раціональну схему підключення ТНУ до системи охолодження і режими їх сумісної роботи у різні пори року при різному навантаженні. Розглянуто п'ять можливих схем підключення ТНУ до систем охолодження установок. Встановлено, що при використанні для охолодження мокрих градирень доцільно розмістити ТНУ перед ними

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Николаевские газотурбинные двигатели и установки. Под. ред. В.И.Романова. Николаев : Юг-Информ. 2005. 304 с.
- [2] Gas turbine world 2014-15 GTW handbook . Vol.
- [3] Requot Publishing Inc. 2015. 198 p. 3. Горшков В. Г. Тепловые насосы. Аналитический обзор. Справочник промышленного оборудования, 2004.

Increasing of efectivnes of combined gas turbine plants by heat pumps

Solomonyuk Denys Nikolaevych¹

¹Admiral Makarov National University of Shipbuilding

Annotation. Problems of utilization of low-temperature heat from cooling systems of combined gas-turbine plants are considered. For the solution of the task, a heat pump unit (HPU) has been proposed. It is established that the increase of thermal efficiency of installations is reached at the expense of a choice of the two-stage scheme of HPU and their rational connection to the equipment of cooling system.

Keywords: combined gas turbine plant, heat pump unit, cooling system, thermal efficiency

УДК 621.438

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ПРОЕКТУВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСНИХ ЧАСТОТ КОЛИВАНЬ

Ткач М.Р.¹, Галинкін Ю.М.², Борисов А.В.³, Костріков О.А.⁴

¹доктор технічних наук, професор, завідуючий кафедрою інженерної механіки та технології машинобудування Національного університет кораблебудування імені адмірала Макарова,

Україна, м. Миколаїв

tykhaylo.tkach@nuos.edu.ua