

efficient turbocompressors or low-temperature HPP heat. For practical application, the main problem is achieving equidistant temperature changes between flows in heat exchange processes.

**Keywords:** resorption thermotransformer, cooling, triangular cycle, degree, equidistant temperature change.

УДК 621.517: 62-717

## ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ КОНТАКТНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ СУДНОВИХ ДВЗ

**Кобалава Галина Олександрівна**

*к.т.н., доцент кафедри теплотехніки,*

*Херсонський навчально-науковий інститут*

*Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна*

*g.lavamay@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0634-5814*

**Анотація.** В роботі проведено аналіз систем водорозпилення та розроблено схему удосконалення систем повітряного охолодження суднових двигунів, що полягає у використанні упорскування води в термопресор. Ця схема дозволяє знизити температуру наддувного повітря до 50...67 градусів, збільшити відносний приріст тиску повітря на виході з термопресора на 2...10% і відповідно знизити потужність турбокомпресора двигуна.

**Ключові слова:** термопресор, питома витрата палива, охолодження повітря.

На двигунах з наддувом одним з шляхів підвищення потужності є охолодження наддувного повітря, яке тим ефективніше, чим вищий рівень підвищення тиску в компресорі  $p_c$ . Поряд із зниженням теплових втрат та підвищенням механічного ККД (підвищення потужності без підвищення рівня тиску) охолодження наддувного повітря також сприяє зниженню питомої витрати палива [1, 2].

Для охолодження наддувного повітря в сучасних дизелях можуть застосовуватись різні способи охолодження: поверхневе, випарне, водоконтактне, турбодетандерне, охолодження із застосуванням вихрового ефекту.

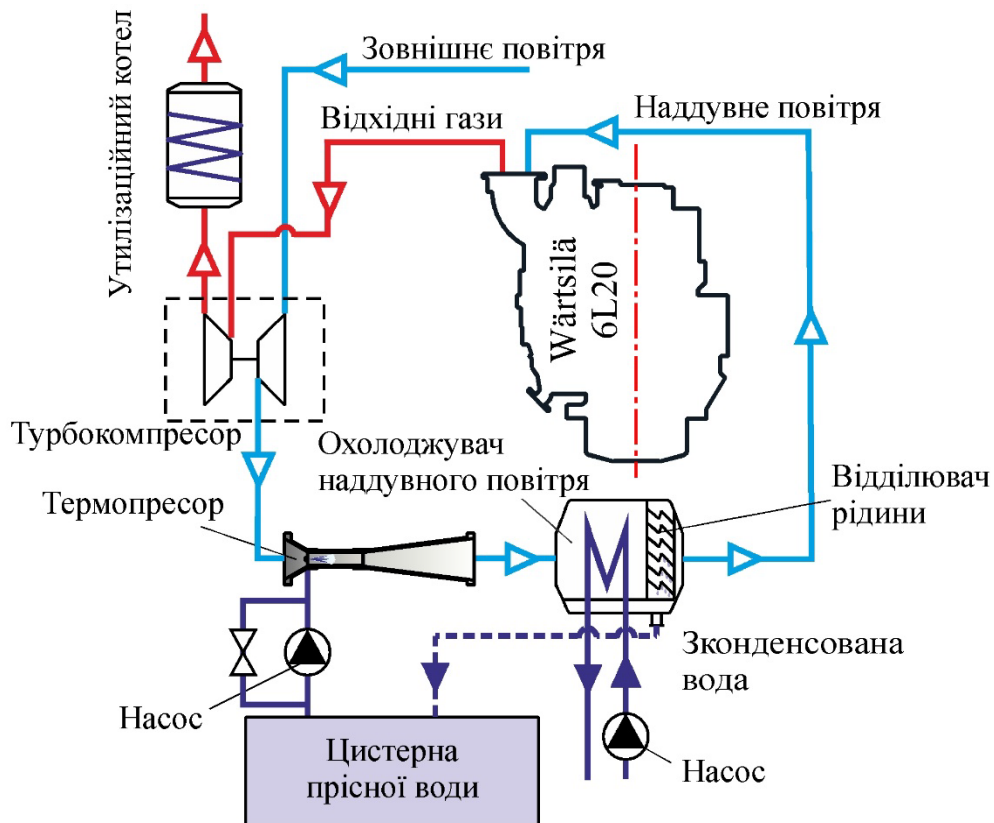
Для підвищення ефективності поршневого циклу ДВЗ застосовують різні схеми безпосереднього впорскування води. В конструкціях фірми Wärtsilä використовувалася система Combustion Air Saturation System (CASS) для насичення повітря для горіння. Це рішення забезпечило зниження NOx до 3г/(кВт·год) [3].

Щоб зменшити викиди NOx, компанія MAN досліджувала можливість зволоження наддувного повітря. Для цього німецька компанія Munters Euroform розробила систему Humid Air Motor (HAM), що дозволяє підвищити вологість повітря до 99%. Тестування системи показало, що у робочому режимі NOx знижується на 70–80%. Автори пояснюють це тим, що підвищений вміст пари в наддувному повітрі знижує температурні піки в камері згоряння [2].

Для цілей контактної охолодження наддувного повітря (до входу в компресор і при стисканні в компресорі), а також екологічного зволоження наддувного повітря на вході в циліндри ДВЗ (з метою зменшення емісії оксидів азоту NOx) запропоновано спосіб тонкого розпилення води в наддувному повітрі термопресором, тобто безпосередньо у теплообміннику – термопресорі, завдяки турбулізації потоку при високих швидкостях потоку (число Маха  $M = 0,60...0,85$ ) і зменшення розмірів крапель у результаті випаровування. Це виключає необхідність застосування складних систем розпилення форсунками, розміщеними в усьому перерізі потоку.

Схема з використанням термопресора у якості охолоджувача наддувного повітря основного турбокомпресора представлена на рис. 1. Повітря всмоктується одноступеневим турбокомпресором і стискається до меншого тиску, ніж тиск на вході в циліндри ДВЗ. Після цього повітря з високою температурою і тиском поступає на випарне охолодження в термопресор. При цьому за рахунок ефекту термогазодинамічного стиснення температура повітря значно знижується, а тиск підвищується до необхідної величини, що відповідає на вході двигуна. Остаточне зниження температури здійснюється в охолоджувачі наддувного повітря.

Для визначення робочих характеристик термопресора та основних параметрів роботи двигуна було розроблено програмний комплекс, заснований на відомих методиках розрахунку термопресорних пристроїв [4, 5], а також з урахуванням особливостей процесу контактного охолодження наддувного повітря двигуна.

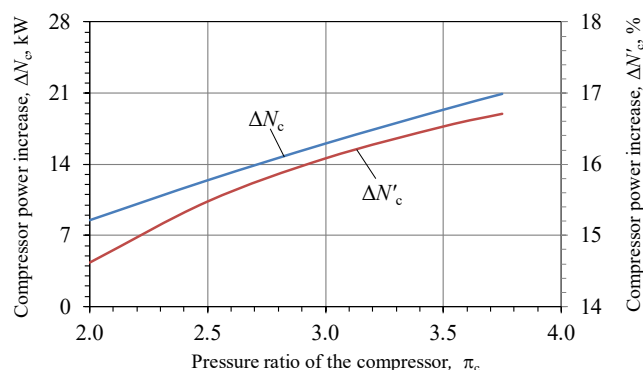


**Рис. 1.** Система охолодження середньообертового головного суднового двигуна

Розрахунок термопресорної системи виконано для головного суднового середньообертового двигуна фірми Wärtsilä (Фінляндія) марки 6L20 ( $N_e = 1200$  кВт,  $n = 1000$  хв<sup>-1</sup>).

Отримані параметри повітря на виході з термопресора відповідають рекомендованим виробником для даного типу двигуна, згідно з якими температура наддувного повітря після охолоджувача наддувного повітря не повинна перевищувати 50...70 °С.

Таким чином застосування термопресора для охолодження наддувного повітря дозволяє скоротити потужність на привід компресора на  $\Delta N_c = 1...2$  кВт (0,5...1,5 %) для швидкості повітря на вході в робочу камеру термопресора  $M = 0,35$ . А при швидкості повітря на вході у випарну камеру  $M = 0,85$  зниження потужності на привід компресора становить  $\Delta N_c = 7...21$  кВт (13,0...17,5 %) (рис. 2).



**Рис. 2.** Залежність зміни потужності турбокомпресора  $\Delta N_c$ ,  $\Delta N'_c$  від ступеня підвищення тиску в турбокомпресорі  $\pi_c$  при числі Маха  $M = 0,85$

Охолодження наддувного повітря термопресором забезпечує зменшення потужності, яку споживає компресор і, відповідно, відбувається зростання потужності ДВЗ. Так, застосування термопресора в системах охолодження наддувного повітря дозволяє знизити потужність, що споживається компресорами, на 1–17%, тим самим збільшивши потужність двигуна внутрішнього згорання до 1%.

**Висновки.** Запропоновано принцип охолодження наддувного повітря ДВЗ із одночасним підвищенням тиску – ефект термопресії (термогазодинамічна компресія), що дозволяє знизити витрати потужності штатного турбокомпресора за умови збереження сумарного ступеню стиснення  $\pi_c$ .

Застосування термопресора в системах охолодження наддувного повітря дозволяє знизити потужність, що споживається компресорами, на 1–17%, тим самим збільшивши потужність двигуна внутрішнього згорання до 1%.

#### ЛІТЕРАТУРА

- [1] Iyer A. A., Rane I. P., Upasani K. S., Bhosale Y. P. Gawande, S. H. (2017). Experimental Study on the Effect of Water Injection in an Internal Combustion Engine. *International Review of Mechanical Engineering*, No. 11(6), 379-386.
- [2] Lausoh W., Dietl V., Fleischer W. (1994). Low engine Fuel Consumption and Low NOx Emission. Incompatible Opposites. *Wartsila Diesel Group. Marine News*. No. 12, 35-40.
- [3] Wartsila 46. (2008). Technology review. Wartsila Corporation.
- [4] Konovalov, D., Radchenko, M., Kobalava, H., Radchenko, A., Radchenko, R., Kornienko, V., & Maksymov, V. (2021). Research of characteristics of the flow part of an aerothermopressor for gas turbine intercooling air. *Proc. of the Inst. of Mech. Eng., Part A: Journal of Power and Energy*. Vol. 236(4), pp. 634-646.
- [5] Kobalava H., Konovalov, D., Radchenko, R., Forduy, S., & Maksymov, V. (2021). Numerical Simulation of an Aerothermopressor with Incomplete Evaporation for Intercooling of the Gas Turbine Engine. Kobalava H. *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering, ICTM 2020. Lecture Notes in Networks and Systems*, Vol. 188, pp. 519-530.

#### Improvement of contact air cooling systems of marine engines

**Halina Kobalava**

Admiral Makarov National University of Shipbuilding Kherson Educational-Scientific Institute

Water spray systems were analyzed in the paper and a scheme for improving the air-cooling systems of ship engines was developed. This scheme consists in the water injection use into a thermopressor, which allows to reduce the charge air temperature to 50...67 degrees, increase the relative increase in air pressure at the outlet of the thermopressor by 2...10% and, accordingly, reduce the power of the engine turbocharger.

**Keywords:** Thermopressor, Specific Fuel Consumption, Air Cooling.