

ДВОСТУПЕНЕВА СИСТЕМА КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ АВТОНОМНОЇ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
м. Миколаїв, artem.grich@gmail.com

Виконано аналіз ефективності кондиціювання припливного повітря машинного відділення газових двигунів автономної теплоелектростанції. Розглянуто систему двоступеневого кондиціювання повітря з використанням каскадної абсорбційно-парокомпресорної холодильної машини і зональною повітроподачею. Запропоновано способи обробки їх припливного повітря машинного відділення, що забезпечують його глибоке охолодження.

Ключові слова: система кондиціювання, автономна теплоелектростанція, машинне відділення, газовий двигун, повітроохолоджувач.

Вступ

Температура повітря в машинному відділенні (МО), звідки повітря надходить на всмоктування турбокомпресорів (ТК) газових двигунів (ГД) автономних електростанцій, зазвичай підтримується системою вентиляції або охолодженням припливного повітря в центральному кондиціонері з подачею в повітроохолоджувачі (ВО) холодної води з температурою 7 ... 10 °С, що надходить від абсорбційної бром-літєвої холодильної машини (АБХМ), що утилізує скидну теплоту ГД. В роботі запропонована система охолодження припливного повітря МО з подачею охолодженого повітря безпосередньо на вхід ГД окремим повітропроводом, яка дозволяє істотно скоротити витрату повітря і збільшити глибину його охолодження при зниженні витрат холоду.

Результати дослідження

Машинні відділення (МВ) автономних теплоелектростанцій на базі газових двигунів (ГД) відрізняються інтенсивними тепловиділеннями – від електрогенераторів, встановлених на ГД теплообмінників, від корпусу самого двигуна, щитів управління і т.д., а також теплоприпливи в МВ ззовні, що призводить до підвищення температури повітря в МВ, звідки воно надходить на вхід турбокомпресорів (ТК) наддуву ГД, і, як наслідок, до зниження паливної ефективності ГД. Тому припливне повітря МВ необхідно охолоджувати. У стандартних системах кондиціювання МВ автономних теплоелектростанцій передбачено охолодження всього припливного повітря в центральних кондиціонерах (ЦК) з холодопостачанням від абсорбційних холодильних машин, утилізують скидну теплоту ГД. Однак при підвищених температурах зовнішнього повітря стандартні системи охолодження в ЦК не в змозі забезпечити необхідну температуру повітря на вході ТК ГД через значні теплоприпливи і великі обсяги припливного повітря. Крім того, глибина охолодження припливного повітря обмежена температурою холодоносія (холодної води від АБХМ) 7 °С.

Для більш глибокого охолодження припливного повітря розроблена двоступенева система охолодження припливного повітря з парокомпресорною холодильною машиною (ПКХМ), що служить для холодопостачання технологічних виробництв. Використання ПКХМ для кондиціювання МО вельми обмежена, особливо при дефіциті холоду на технологічні потреби.

Використання ПКХМ як джерела холоду для другого ступеня охолоджувачів повітря на вході двигунів передбачає додаткові витрати електроенергії на привід компресора, що при наявності технологічних виробництв в якості пріоритетних споживачів холоду вкрай проблематично і вимагає раціонального його витрачання. Це завдання може бути вирішена шляхом збільшення

холодопродуктивності ПКХМ з використанням для цього холоду, одержуваного трансформацією скидний теплоти в АБХМ.

З метою зведення до мінімуму споживання дефіцитного холоду від ПКХМ розроблена система двоступеневого охолодження повітря в повітроохолоджувачі (ПО) на вході ГД з холодопостачання другого ступеня ПО₂ від каскадної абсорбційно-парокомпресорній холодильній машини (КАПКХМ) [1, 2]. При цьому конденсатор ПКХМ охолоджується холодоносієм від АБХМ. Система дозволяє підвищити холодопродуктивність компресора і холодильний коефіцієнт ПКХМ (від $\epsilon_k=3,1$ до $\epsilon_k=7$ згідно характеристик компресора BITZER 4NES-12Y-40P на рис. 1) за рахунок зниження температури конденсації t_k від 45 °С до 20 °С. Таким чином можна скоротити витрати електроенергії на привід компресора ПКХМ на 40 ... 50%.

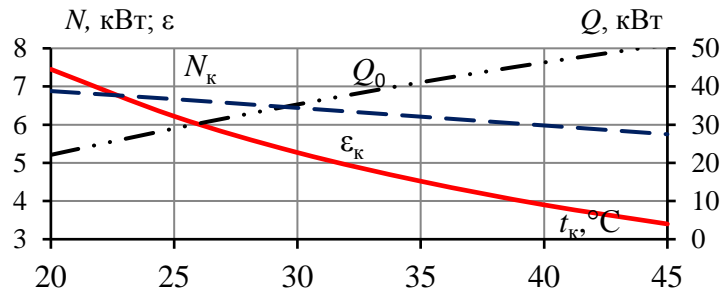


Рис. 1. Залежність холодильного коефіцієнта ϵ_k , споживаної електричної потужності N_k компресора BITZER 4NES-12Y-40P, холодопродуктивності ПКХМ Q_0 від температури конденсації t_k .

На рис. 2 представлені результати розрахунку характеристик системи двоступеневого охолодження припливного повітря на вході ГД в КАПКХМ. Як видно з графіків, зниження температури повітря становить $\Delta t_{\text{ПО}} = t_{\text{зп}} - t_{\text{вх}} = 14 \dots 26$ °С, що значно більше, ніж в базовому варіанті $\Delta t_{\text{ПО}(60)} = t_{\text{зп}} - t_{\text{ПО.2}} = 5 \dots 13$ °С. Звідси можна зробити висновок, що застосування зональної системи кондиціонування з двоступеневим охолодженням повітря на вході ГД дозволяє збільшити глибину охолодження $\Delta t_{\text{ПО}}$ в півтора рази в порівнянні з базовим варіантом системи кондиціонування.

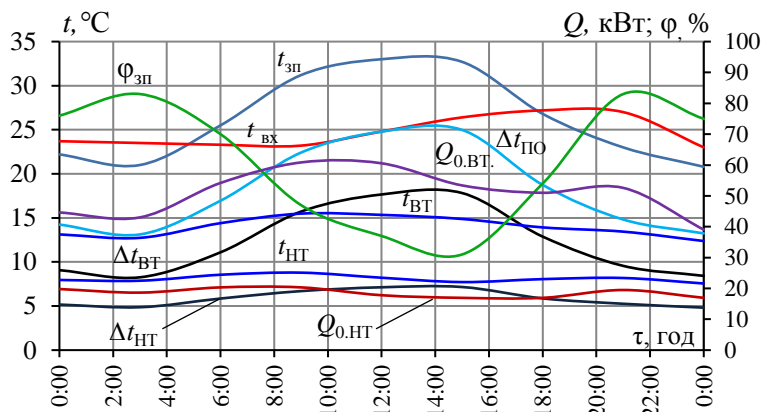


Рис. 2. Температури зовнішнього повітря $t_{\text{зп}}$, на вході ТК ГД $t_{\text{вх}}$ при заборі повітря із МВ, на виході з першого ступеня ПО₁ $t_{\text{вТ}}$, зниження температури повітря в ПО₁ $\Delta t_{\text{вТ}} = t_{\text{зп}} - t_{\text{вТ}}$, на виході з другого ступеня ПО₂ $t_{\text{нТ}}$, зниження температури повітря в ступені ПО₂ $\Delta t_{\text{нТ}} = t_{\text{вТ}} - t_{\text{нТ}}$, повна глибина охолодження припливного повітря в двоступеневому ПО $\Delta t_{\text{ПО}} = t_{\text{зп}} - t_{\text{нТ}}$ протягом доби при витраті повітря 35000 м³/год, холодопродуктивності першого ступеня ПО₁ $Q_{0.вТ}$ і другого ступеня ПО₂ $Q_{0.нТ}$

На рис.3 представлені поточні значення холодопродуктивності (теплового навантаження на ПО) і скорочення питомої витрати палива протягом доби.

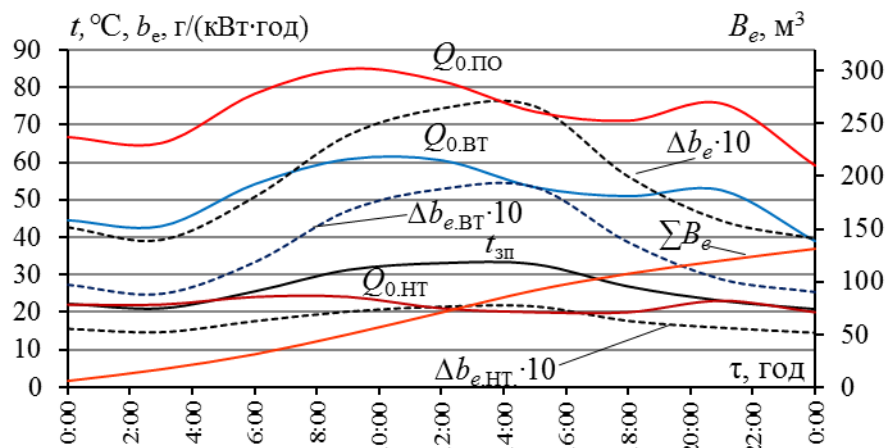


Рис. 3. Зміна холодопродуктивності першого ступеня ПО₁ $Q_{0.ВТ}$, другого ступеня ПО₂ $Q_{0.НТ}$, сумарною холодопродуктивності ПО $Q_{0.ПО}$, повного теплового навантаження ПО $Q_{0.НТ}$, Δb_e – скорочення питомої витрати палива, г / (кВт · год), $\Sigma \Delta B_e$ – добова економія природного газу, м³

Як видно, максимальне теплове навантаження складає близько 112 кВт, що на 68% менше, ніж в базовому варіанті ($Q_{0(60)} \approx 350$ кВт), а навантаження на ПО зменшилася на 76%, що має велике значення в умовах дефіциту холоду на технологічні потреби .

Висновки

Розроблено спосіб двоступеневого охолодження припливного повітря МВ ГД трансформацією скидний теплоти ГД в каскадній абсорбційно-парокомпресорній холодильній машині з холодопостачанням високотемпературного ступеня ПО_{ВТ} від АБХМ і низькотемпературного ступеня ПО_{НТ} від КАПКХМ, який забезпечує скорочення витрат палива на 10 ... 15% за рахунок глибокого (до 7 ... 10 ° С) охолодження повітря на вході ГД в порівнянні з його охолодженням в АБХМ до 15 ° С

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Радченко А. М., Грич А. В. Охолодження приточного повітря машинного відділення газових двигунів тригенераційної установки [Текст] / А.М. Радченко, А.В. Грич // Холодильна техніка та технологія. - 2014. - № 6. - С. 20-25.
- [2] Радченко А. М., Грич А. В., Портной Б. С. Ступенчатое охлаждение приточного воздуха машинного отделения автономной электростанции [Текст] / А.М. Радченко, А.В. Грич, Б.С. Портной // Холодильна техніка та технологія. - 2016. - Т. 51, Вип. 1. - С. 71-7.
- [3] Радченко Р.Н., Грич А.В. Двухступенчатое охлаждение приточного воздуха газовых двигателей тригенерационной установки [Текст] / Р.Н. Радченко, А.В. Грич // Авиационно-космическая техника и технология. –2014. – № 6. – С. 103–107.
- [4] Радченко, Н.И. Ступенчатое кондиционирование воздуха на входе рекуперативных ГТД утилизацией теплоты выпускных газов. [Текст] / Н.И. Радченко, С.А. Кантор, Рамзи Сл Герби // Авиационно-космическая техника и технология. – 2014. – № 3 (110). – С. 86–90.
- [5] Ткаченко С.Й. Показники ефективності роботи енергетичних установок для сумісного виробництва теплової та електричної енергії/ Ткаченко С.Й., М.М.Чепурний, Н.В. Пішеніна. – Вінниця: Наукові праці ВНТУ. – 2010. – № 1. Режим доступу: <http://www.nbu.gov.ua/ejournals/NNTU/2010-1failes/uk/.htm>. – С.54-57
- [6] Морозюк Л. И. Термодинамический анализ каскадных холодильных машин с R744в верхнем каскаде/ Л. И. Морозюк // Холодильна техніка та технологія. – 2016. – Т. 52, Вип. 1. – С. 12-17.

Стаття надійшла до редакції 03.11.2019

*Публікація містить результати досліджень, проведених за грантом Президента України за конкурсним проектом 0119U103289

Радченко Андрій Миколайович — к.т.н, доцент кафедри кондиціонування та рефрижерації e-mail: nirad50@gmail.com

Грич Артем Вікторович — к.т.н, доцент кафедри кондиціонування та рефрижерації.

A.M. Radchenko
A.V. Hrych

Two-stage system of air conditioning of the integrated heat power plant of the food industry enterprise

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv

The analysis of the effectiveness of the supply air conditioning of the engine room of gas engines of an autonomous thermal power plant is carried out. A two-stage air conditioning system using a cascade absorption-vapor compression chiller and zonal air supply is considered. Methods are proposed for processing their supply air in the engine room, provide its deep cooling.

Key words: air conditioning, autonomous thermal power station, engine room, gas engine, air cooler.

Radchenko Andrii Mykolayovych – PhD Assistant Professor of the Conditioning and Refrigeration Department, e-mail: nirad50@gmail.com;

Hrych Artem Victorovych – PhD, Assistant Professor of the Conditioning and Refrigeration Department;

A.H. Радченко
A.B. Грич

Двухступенчатая система кондиционирования воздуха автономной теплоэлектростанции предприятия пищевой промышленности

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев

Выполнен анализ эффективности кондиционирования приточного воздуха машинного отделения газовых двигателей автономной теплоэлектростанции. Рассмотрена система двухступенчатого кондиционирования воздуха с использованием каскадной абсорбционно-парокмпрессорной холодильной машины и зональной воздухоподачей. Предложены способы обработки их приточного воздуха машинного отделения, обеспечивают его глубокое охлаждение.

Ключевые слова: система кондиционирования, автономная теплоэлектростанция, машинное отделение, газовый двигатель, воздухоохладитель.

Радченко Андрей Николаевич – к.т.н., доцент кафедры кондиционирования и рефрижерации e-mail: nirad50@gmail.com;

Грич Артем Викторович – к.т.н., доцент кафедры кондиционирования и рефрижерации;