

Микола КУКРИЦЬКИЙ

магістрант

Наукові керівники:

канд.техн.наук, доцент Павло ПОТАПСЬКИЙ

канд.техн.наук, доцент Олександр КОЗАК

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

м. Кам'янець-Подільський

СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ТА ОПАЛЕННЯ НА ЗВОРТНОМУ ЦИКЛІ БРАЙТОНА

В останні роки зріс інтерес до застосування в системах кондиціонування і опалення повітряних холодильних машин (ПХМ) і повітряних теплонасосних установок (ПТНУ), в основі роботи яких лежить зворотний цикл Брайтона. Раніше область застосування ПХМ в основному обмежувалася спеціальними системами кондиціонування (в авіації, в шахтах). Досягнення сучасної техніки, а саме поява вискоелективних компресорів та детандерів, дозволили по-новому поставити питання про доцільність використання таких установок в системах теплохолодопостачання. У зв'язку з цим, особливу актуальності набувають роботи з наземного використання авіаційних турбодетандерів і турбокомпресорів, відпрацьованих льотний моторесурс, в системах теплохолодопостачання об'єктів промислового і цивільного призначення. Областю застосування таких «Конверсійних» ПХМ можуть бути системи вентиляції та опалення станцій метрополітенів.

Застосування ПХМ для комплексного теплохолодопостачання підземних і надземних об'єктів метро може бути доцільно з кількох причин. В першу чергу це необхідність охолодження приміщень повітрям при високому аеродинамічному опорі системи вентиляції метрополітену. Відомо, що ефективність застосування парокompresіоної машини, що працює в системі охолодження з противотиском знижується зі збільшенням аеродинамічного опору системи більше 1000 кгс/м^2 . Крім того, в цьому випадку необхідно відводити всю теплоту, еквівалентну роботі стиснення вентилятора в водяному теплообміннику. В іншому випадку ця теплота буде додатковим навантаженням на парокompresійну холодильну машину.

Іншим фактором, є відповідність ПХМ вимогами вибухо- і пожежобезпеки. У системах вентиляції метрополітену застосування холодильних установок, в яких робочим речовиною є фреон, допускається тільки у виняткових випадках при відповідному економічному обґрунтуванні. У свою чергу, ПХМ можуть забезпечити змінний витрата повітря, швидкий вихід на заданий температурний режим, мають більш широким діапазоном зміни температури, тиску і вологості повітря, що подається. Повітря тут є і холодоагентом і холодоносієм і робочою

речовиною. Крім того, за інших рівних умов капітальна вартість ВХМ менше, ніж у парокompресіонних установок.

Високий рівень шуму ПХМ, який є одним із серйозних перешкод для їх застосування на цивільних і адміністративних об'єктах в експлуатаційних умовах метрополітену нівелюється. Єдино можливим негативним моментом, який може стримувати впровадження ПХМ і ПТНУ в системи теплохолодопостачання метрополітену, є порівняно висока питома витрата електроенергії на виробництво теплоти і холоду. Рациональний вибір умов експлуатації ПХМ і ПТНУ і оптимізація параметрів термодинамічної циклу дозволить забезпечити такий же рівень витрат енергії по порівняно з парокompрессионной ТНУ.

Відомо, що зворотний газовий цикл Брайтона, маючи відносно низьку ефективність в той же час, він володіє більш широким діапазоном для оптимізації параметрів в порівнянні з парокompрессионной циклом. При певних умовах роботи ПХМ має місце максимум холодильного коефіцієнта і коефіцієнта перетворення, відповідний мінімального споживання енергії. У зв'язку з цим практичний інтерес представляє завдання оптимізації параметрів термодинамічної циклу ПХМ і ПТНУ.

Обмеження тут накладаються вимогами до параметрів вентиляційного повітря, можливостями технологічного обладнання систем вентиляції (рівнем тисків), а також значеннями ККД компресорів і детандерів. Таким чином, холодильний коефіцієнт або коефіцієнт перетворення виступає в якості цільової функції в задачі оптимізації ПХМ і ПТНУ.

За опалювальний період року з витяжним повітрям системи вентиляції метрополітену в атмосферу міста з 1 км двонаправленої лінії «викидається» близько 6900 МВт·год теплової енергії. При вторинному використанні цієї енергії за допомогою теплонасосних систем теплостачання можливо забезпечити опалення 125 тис.м² житлових будинків. Якщо перерахувати на загальну довжину ліній Київського метрополітену, то за рахунок вторинного використання «скидного тепла» його вентиляційних викидів можна опалити 3,2 млн м² житла.

Кращою технологією підвищення енергоефективності та поліпшення мікроклімату в підземних об'єктах метрополітену є рекуперація «скидного» тепла/холоду витяжного повітря в витяжних вентиляційних шахтах і підігрів/охолодження приточного повітря в припливних вентшахтах з включенням в незамерзаючий гідравлічний контур рекуперації теплонасосного обладнання (рис. 1).

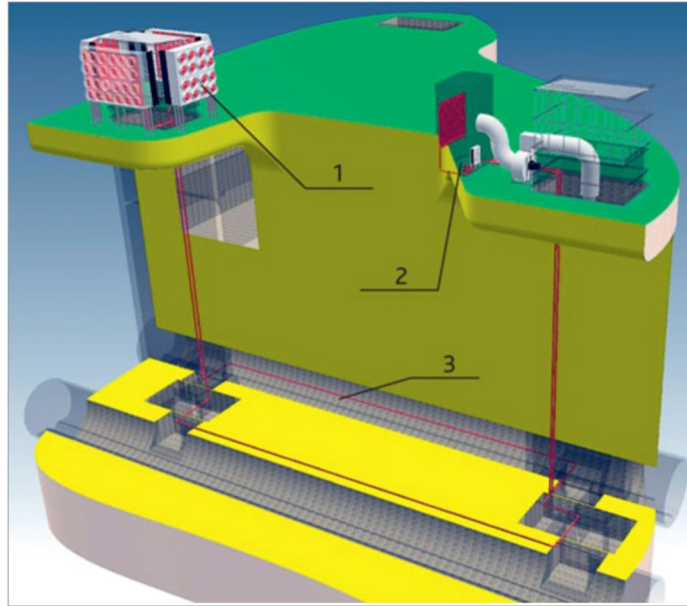


Рисунок 1 – Схемне рішення теплонасосної системи рекуперації та утилізації теплоти витяжного повітря системи вентиляції метрополітену:

1 – блок утилізації витяжного повітря назовні; 2 – блок підігріву припливного повітря; 3 – тунелі метрополітену і трубопроводи, що з'єднують блоки

Схема передбачає 30 %-ву рекуперацію теплоти витяжного повітря в зимову пору року і 15 %-ву рекуперацію «холоду», що видаляється з витяжним повітрям вентиляцією, в жарку пору року. Більш кращим є одноступінчатий варіант реалізації схеми. У цьому варіанті конденсатор теплового насоса безпосередньо вбудований в гідравлічний контур по ходу теплоносія перед теплообмінником, що нагріває припливне повітря, а випарник – після нього, перед теплообмінником, охолоджуючим витяжної повітря. У жарку пору року теплонасосної обладнання реверсують і охолоджують припливне повітря, а «скидання» надлишкового тепла здійснюється через теплообмінник, вбудований в витяжну вентиляційну шахту. Схема рекуперації дозволяє забезпечувати норму концентрації CO₂ в повітрі тунелю і цілий рік подавати розрахункову кількість свіжого приточного повітря в тунель, не побоюючись негативних або надмірно високих температур.

Список використаних джерел

1. Теплотехніка: підручник для студ. вищих техн. навч. закл. / Б. Х. Драганов [та ін.]; За ред. Б. Х. Драганова. – К. : ІНКОС, 2005. – 504 с. – ISBN 966-8347-23-4.
2. Буляндра О. Ф. Технічна термодинаміка: Підручн. для студентів енерг. спец. вищ. навч. закладів. – К. : Техніка, 2001. – 320 с.
3. Швець І. Т., Кіраковський Н. Ф. Загальна теплотехніка та теплові двигуни. – К. : Вища школа, 1977. – 269 с.
4. Cengel, Yunus A.; Boles, Michael A. Thermodynamics: an engineering approach. Boston: McGraw-Hill, 2002. ISBN 0-07-238332-1.
5. Аеродинаміка вентиляції: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / С. С. Жуковський, В. Й. Лабай; Нац. ун-т «Львів. політехніка». – Л., 2003. – 370 с.