

УДК 621.382.3(075)614.8

АНАЛІЗ СХЕМНОГО РІШЕННЯ ОДНОСТУПЕНЕВОЇ АБСОРБЦІЙНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ НА ГОРЯЧІЙ ВОДІ ІЗ ВБУДОВАНОЮ ТЕПЛОНАСОСНОЮ УСТАНОВКОЮ І СОНЯЧНИМИ КОЛЕКТОРАМИ.

Слюсаренко І.П., старший викладач
Базюк В. В., бакалаврант
Поліський національний університет

Проведений аналіз структури та схемного рішення одноступеневої абсорбційної холодильної машини із вбудованою теплонасосною установкою і сонячними колекторами та особливості її системи автоматичного управління.

Ключові слова: абсорбційна холодильна машина, тепловий насос, сонячний колектор, теплообмінник, генератор.

Актуальність теми.

В статті пропонується і аналізується схемне рішення на основі включення до складу АХМ теплонасосної установки (ТНУ) і сонячних колекторів (СолКол). ТНУ використовується не тільки для забезпечення роботи генератора, але і для зняття частини навантаження щодо відведення теплоти в навколишнє середовище. На основі результатів розрахунку такої комплексної схеми доводиться в першу чергу можливість істотного підвищення ефективності АХМ в системах централізованого кондиціонування.

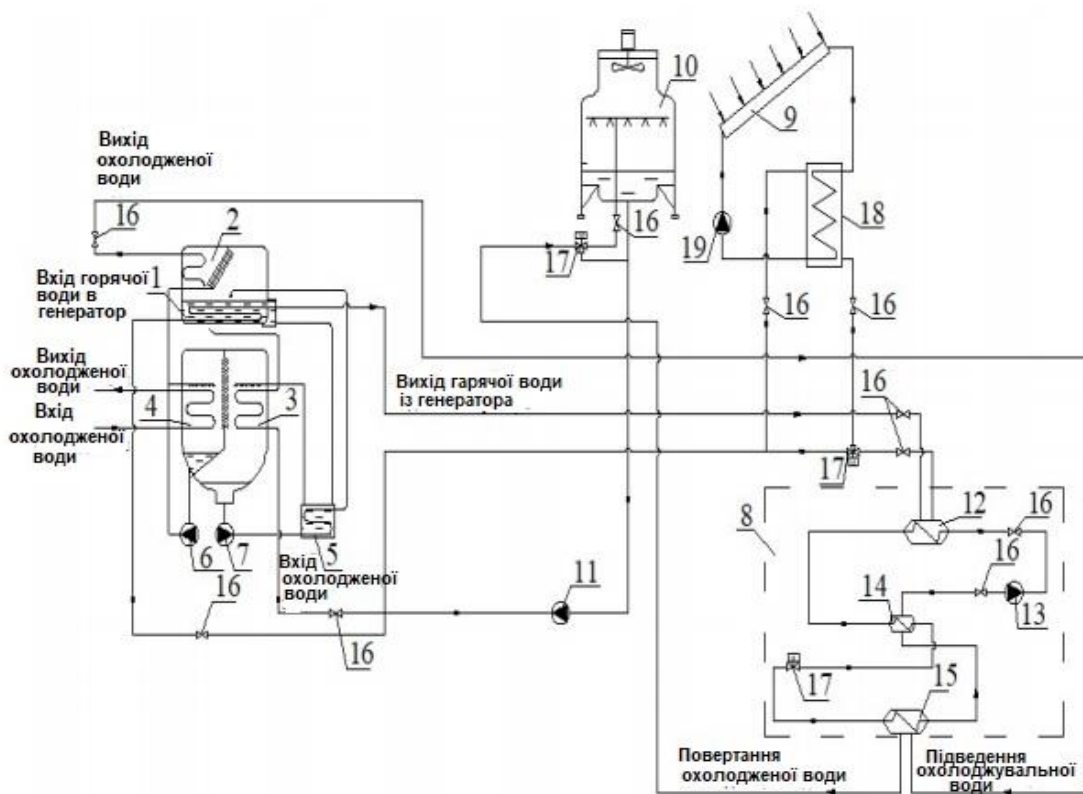


Рис. 1. Одноступенева АХМ із вбудованою теплонасосною установкою і сонячними колекторами

Мета і завдання дослідження. аналіз структури та схемного рішення одноступеневої абсорбційної холодильної машини із вбудованою теплонасосною установкою і сонячними колекторами

Об'єктом дослідження. Структурна схема одноступеневої абсорбційної холодильної машини із вбудованою теплонасосною установкою і сонячними колекторами.

Ціллю дослідження є підвищення ефективності роботи існуючих систем охолодження води за рахунок розробки нових підходів до використання сонячних колекторів.

Пропозиція щодо включення ТНУ до складу АХМ зроблено вперше. Внаслідок аналізу енергетичної ефективності такої комбінованої системи виявлено ряд технологічних і екологічних переваг по порівняно з показниками поширених систем компресійного кондиціонування. Розраховані різні режими роботи проектованої установки в залежності від забезпечення необхідної холодоспроможності комплексу кондиціонування і зроблено висновок про тому, що застосування ТНУ як базової основи теплопостачання генератора АХМ забезпечує істотне підвищення холодильного коефіцієнта всього комплексу, а також забезпечує зниження навантаження на градирню, а значить і зменшення витрат на основне обладнання. Показано, що максимальна енергетична ефективність комплексу досягається саме при максимальному навантаженні кондиціонування.

На рис. 1 представлена схема одноступінчастої АХМ на гарячій воді з підключенням в якості джерела теплової енергії для генератора теплонасосної установки і послідовно під'єднаних до нього сонячних колекторів.

Передбачається що в результаті такого технічного рішення можливо понизити на 20-40% навантаження щодо відведення теплоти (потужність охолодження) на градирню, підвищити холодильний коефіцієнт АХМ і маневреність навантажень, а також забезпечити гнучкість регулювання при змінній інтенсивності сонячного підігріву за рахунок перерозподілу навантаження ТНУ і сонячних колекторів [1].

Одноступінчата АХМ з вбудованою теплонасосною установкою містить блок генератора 1 з конденсатором АХМ 2, блок абсорбера 3 з випарником АХМ 4, регенеративний теплообмінник АХМ 5, насос холодоагенту 6, насос для слабкого розчину 7, теплонасосну установку 8, сонячні колектори 9, градирню 10 і насос охолоджуючої води 11.

Теплонасосна установка 8 включає в себе: конденсатор ТНУ 12, компресор 13, регенеративний теплообмінник ТНУ 14 і випарник ТНУ 15. Сонячні колектори оснащені акумулюючим баком 18 і насосною групою сонячних колекторів 19. На схемі показані також затвори 16, а також регулюючі клапани 17.

Одноступенева АХМ з вбудованою теплонасосною установкою працює слідуючим чином. Гідравлічна система працює в умовах вакууму; холодоагент (вода) кипить при низькій температурі, відводячи теплоту від охолоджувальної води, що циркулює в трубах першого випарника 4, витрата і температура якої забезпечують необхідну потужність кондиціонування. Насос холодоагенту 6 використовується для подачі холодоагенту (води) в випарник АХМ і подальшого розбризкування холодоагенту (води) на його труби для поліпшення теплообміну.

Для підтримки низького тиску в випарнику АХМ і забезпечення безперервності процесу охолодження, пари холодоагенту повинні абсорбуватися (поглинатися) в абсорбері 3. Для абсорбування водяних парів використовується міцний розчин (наприклад, LiBr), який має високу поглинальну здатність і надходить з генератора в абсорбер 3. В процесі абсорбції водяної пари розчин розбавляється, що знижує його поглинальну здатність; розчин стає слабким. Потім насос слабкого розчину 7 перекачує слабкий розчин в генератор 1, де відбувається одностадійне концентрування розчину за рахунок випаровування раніше абсорбованої води. Слабкий розчин (низької концентрації) спочатку подається в генератор 1, де він нагрівається і перетворюється в міцний розчин високої концентрації за рахунок випаровування з нього водяної пари при підводі

теплоти від гарячої води (джерело теплової енергії). Водяна пара з генератора надходить в конденсатор АХМ 2 для охолодження і конденсації.

Потім холодоагент повертається у випарник АХМ для відновлення робочого циклу. Для відводу теплоти, що виділяється при конденсації водяної пари холодоагенту в конденсаторі АХМ 2, використовується охолоджуюча вода від градирні 10, яка спочатку направляється в абсорбер 3 для поглинання теплоти абсорбції, далі з абсорбера подається в конденсатор АХМ 2, потім проходить через випарник ТНУ 15, де в свою чергу охолоджує робоча речовина теплонасосної установки 8 і повертається на градирню 10.

Гарячий теплоносій низького температурного потенціалу з генератора 1 направляється в конденсатор ТНУ 12, де підігрівається за рахунок теплообміну з гарячим робочим тілом теплонасосної установки 8, проходить акумулюючий бак 18, в якому підігрівається за рахунок теплообміну з гарячим робочим тілом, підігрітим сонячними колекторами 9, які періодично включаються для додаткового підігріву теплоносія в піки навантажень, і повертається в генератор 1 в якості теплоносія високого температурного потенціалу.

Теплонасосна установка 8 працює для перенесення теплової енергії від охолоджуючої води (з низькою температурою) до гарячої води, використовується в генераторі абсорбційної холодильної машини, з більш високою температурою.

На рисунку 2 наведені тепла схема і робочий цикл теплонасосної установки, включеної в контур одноступеневої АХМ як основне джерело теплоти для генератора.

В якості базової для розрахункового аналізу обрана широко представлена на ринку одноступенева абсорбційна бромістолітєва холодильна машина LUC-HWAR-L40NH (виробництво фірми «Lessar», Чехія), характеристики якої представлені в таблиці 1 [2].

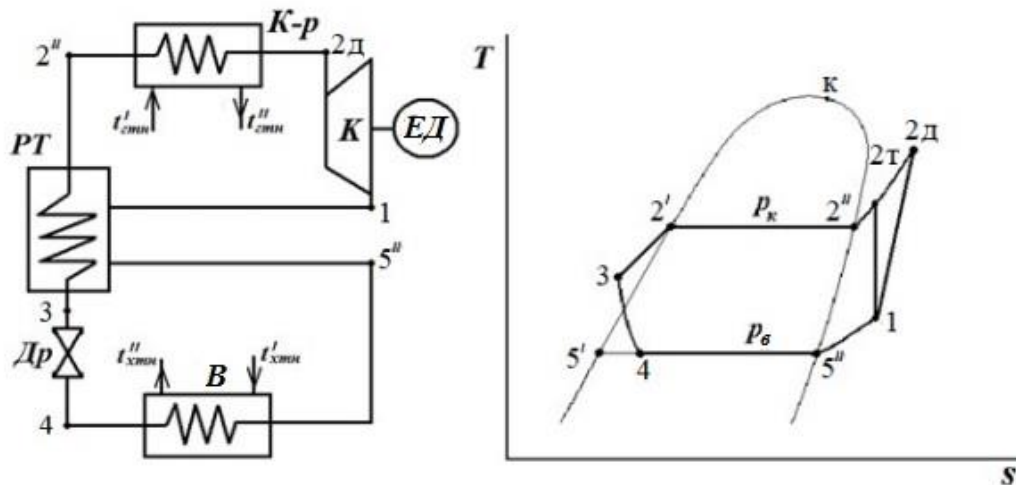


Рис. 2. Принципова схема і робочий цикл теплонасосної установки:

К – компресор; ЕД - електродвигун; К-р-конденсатор; РТ регенеративний теплообмінник; Др- дросель; В- випарник; $t'_{гтн}$ і $t''_{гтн}$ - температура «гарячого» теплоносія на вході і виході із конденсатора установки; $t'_{хтн}$ і $t''_{хтн}$ - температура «холодного» теплоносія на вході і виході з випарника установки; до p_k - тиск конденсації; і p_v – тиск випарування.

Теплонасосні установки необхідного температурного діапазону на ринку відсутні. Однак, основні елементи такої установки: компресор і теплообмінне обладнання - можуть бути підібрані по результатам проектування такої установки на низькокип'ячій робочій речовині фторорганічного складу. Досвід такого проектування і вибору найбільш ефективного холодоагенту, розробки і випробування досвідно промислових зразків ТНУ на нових робочих

тілах відображений в роботі авторів [3]. У даній роботі використовуються обґрунтування щодо вибору холодоагенту, зроблені раніше, і пропонується в якості робочої речовини ТНУ октафторциклобутан (RC318, с-С₄F₈). Приклад розрахунку робочих параметрів циклу ТНУ проведений в [4].

Таблиця 1

Технічні характеристики одноступеневої абсорбційної бромістолітєвої холодильної машини LUC-HWAR-L40НН

Холодопотужність		150	кВт
Холодильний коефіцієнт		0,83	
Контур охолодженої води (кондиціонування)	Температура на вході	12	°С
	Температура на виході	7	°С
	Витрата холодоносія	25,8	м ³ /Г
Контур гарячої води (теплозабезпечення генератора)	Температура на вході	105	°С
	Температура на виході	75	°С
	Витрата гарячої води	5,2	м ³ /Г
Теплова потужність генератора		108,7	кВт
Контур охолоджувальної води (відведення теплоти абсорбера і конденсатора АХМ)	Температура на вході	28	°С
	Температура на виході	34	°С
	Температура охолоджуючої води	47,3	м ³ /Г
Холодопотужність градирні		330,3	кВт
Потужність приводу насосу		2,2	кВт

Ефективність ТНУ оцінюється, перш за все, коефіцієнтом перетворення, що є відношенням кількості теплоти $q_1 = h_{2d} - h_2'$, переданої об'єкту нагрівання, до роботи $l_u = h_{2d} - h_1$ яка затрачена в циклі:

$$\mu_{ТНУ} = \frac{q_1}{l_u} \quad (1)$$

Значення теплової потужності випарника і електричної потужності компресора для ТНУ на RC318 для заданих температури випаровування t_b і конденсації t_k в теплообмінних апаратах, а також потужності яка вироблена конденсатором N_k , визначається відповідно до циклу теплонасосної установки (рис.2) по формулі:

$$N_e = G_{RC318} \cdot (h_{5r} - h_4) \quad (2)$$

$$N_{ком}^{ТНУ} = N_k - N_e \quad (3)$$

де G_{RC318} – витрата фреону в контурі ТНУ і визначається по формулі:

$$G_{RC318} = \frac{N_k}{q_1} \quad (4)$$

Потужність генератора АХМ буде складатися із потужності конденсатора НУ і сонячних колекторів:

$$N_{ген}^{АХМ} = N_k + N_{СолКол} \quad (5)$$

Слід відмітити, що сонячні колектори використовуються в піки температурних навантажень, коли потрібна максимальна інтенсивність кондиціонування і охолодження приміщень. Для більш ефективної роботи установки і підвищення ККД пропонується використовувати вакуумні сонячні колектори, які мають дуже високими показниками ефективності в заданому інтервалі температур. На відміну від плоских колекторів, де

теплоізоляція виконана мінеральною ватою, в вакуумних колекторах в якості ізоляції використовують розрядження-вакуум, що і дозволяє використовувати їх навіть взимку.

Загальний холодильний коефіцієнт перетворення блоку централізованого кондиціонування АХМ-ТНУ-СолКол визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{АХМ-ТНУ-СолКол}} = \frac{Q_1^{\text{АХМ}}}{N_{\text{ком}}^{\text{ТНУ}} + N_{\text{насос}}^{\text{АХМ}} + N_{\text{насос}}^{\text{СолКол}}} \quad (6)$$

Практичне значення одержаних результатів підвищення ефективності продукції сільгосподарського виробництва.

ВИСНОВКИ

На підставі аналізу та розрахунку запропонованої схеми одноступеневої АХМ - ТНУ - СолКол можна зробити наступні висновки: розроблена схема забезпечує підвищення холодильного коефіцієнта всього комплексу кондиціонування в режимі повного забезпечення теплопостачання генератора за допомогою ТНУ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Попов А. В. Абсорбционные бромистолитиевые машины для охлаждения и нагрева // Энергосбережение №7 2007. С. 52-55.
2. Техничко- коммерческое предложение фирмы «Lessar», АХМ LUC-HWAR-L.
3. Антаненкова И. С., Сухих А. А., Сычев В. В. Экспериментальное исследование энергетической эффективности теплонасосных установок на новых рабочих веществах // Холодильная техника. 2014. №10. С.44-48. №11. С.34-39.
4. REFPROP 9.0: Reference Fluid Thermodynamic and Transport properties: Copyright 2007 by the U.S. Secretary of Commerce on behalf of the USA.