

Л. І. МОРОЗЮК, А. Є. ДЕНИСОВА, СААД АЛДІН АЛХЕМІРІ ДАУД ЛІЛА, ХУССЕЙН ДЖАМАЛ ТАЛІБ

ПРИНЦИП СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ТРИГЕНЕРАЦІЇ З СОНЯЧНОЮ ЕНЕРГОУСТАНОВКОЮ

Розвиток малих систем тригенерації з відновлювальними джерелами енергії вирішує проблему життєзабезпечення населення багатьох регіонів світу, віддалених від центральних постачальників електроенергії, забезпечуючи цілорічно стабільне отримання електричної енергії, гарячого водопостачання, кондиціонування та опалення жилих приміщень. Запропоновано метод створення систем тригенерації на підставі термодинамічного аналізу характеристик термотрансформаторів для умов Близького Сходу, наведено приклад розрахунку теплотехнічних характеристик елементів тригенерації на засадах енергозбереження.

Ключові слова: тригенерація, режими роботи, інсоляція, термотрансформатори, термодинамічний аналіз, фотоелектричний перетворювач, автономний споживач.

Л. І. МОРОЗЮК, А. Є. ДЕНИСОВА, СААД АЛДІН АЛХЕМІРІ ДАУД ЛІЛА, ХУССЕЙН ДЖАМАЛ ТАЛІБ

ПРИНЦИП СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ТРИГЕНЕРАЦИИ С СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКОЙ

Развитие малых систем тригенерации с возобновляемыми источниками энергии решает проблему жизнеобеспечения населения многих регионов мира, удаленных от центральных поставщиков электроэнергии, обеспечивая круглогодичное стабильное потребление электрической энергии, горячего водоснабжения, кондиционирования и отопления жилых помещений. Предложен метод создания систем тригенерации на основе термодинамического анализа характеристик термотрансформаторов для условий Ближнего Востока, приведен пример расчета теплотехнических характеристик элементов тригенерации на основе энергосбережения.

Ключевые слова: тригенерация, режимы работы, инсоляция, термотрансформаторы, термодинамический анализ, фотоэлектрический преобразователь, автономный потребитель.

L. I. MOROZYUK, A. E. DENYSOVA, SAAD ALDIN ALHEMIRI DAOWD LILA, HUSSEIN JAMAL TALIB

PRINCIPLE OF DEVELOPMENT OF THE TRIGENERATION SYSTEM WITH SOLAR POWER UNIT

The development of small trigeneration systems with renewable energy sources solves the problem of life support for the population of many regions of the world which are remote from central electricity suppliers. The autonomous system provides year-round stable production of electric energy, hot water, air conditioning and heating in residential premises. The solar power plant is represented by two units: a photovoltaic converter for electric power generation and solar collectors for heating. A method for creating trigeneration systems based on the theory of thermal transformers is proposed. A thermodynamic analysis of the characteristics of compressor and absorption step-down and step-up thermal transformer for the conditions of the Middle East is carried out. The method of determining the characteristics of the elements of the system based on models of processes occurring in them is presented. An example of calculating the thermal characteristics of all elements of the trigeneration system taking into account energy conservation is given. Recommendations are developed for the selection of temperature operating conditions and equipment completing the system.

Keywords: trigeneration, operating modes, insolation, thermotransformers, thermodynamic analysis, photoelectric converter, autonomous consumer.

Вступ. Розвиток малих систем тригенерації з відновлювальними джерелами енергії пов'язаний зі зростанням цін на традиційне централізоване енергопостачання та з дефіцитом електричних комунікацій у великій кількості населених пунктів багатьох регіонів світу, віддалених від центральних постачальників електроенергії. Рішення про доцільність застосування систем тригенерації може бути прийнятим на основі вивчення численних різноманітних чинників, в тому числі соціальних. У якості чинника соціального виступає життєдіяльність людини, обумовлюючи усе різноманіття соціального життя суспільства. Соціальний фактор для оцінки будь-якої технічної системи став до розглядання нещодавно [1]. Стан клімату та його зв'язок з людиною має соціальний характер. Людина постійно знаходиться під впливом клімату тієї місцевості, де мешкає. Клімат розглядається як сукупність

чинників: температури та вологості повітря, атмосферного тиску, опадів, сонячної радіації, рельєфу місцевості тощо. Для кожного регіону чи країни чинники будуть своїми власними і можуть виявитися взагалі неприйнятними для інших регіонів. Відповідно, кожний випадок вимагає великого пізнання в сфері енергетичного, екологічного та економічного стану споживача, моніторингу роботи дійсних установок у подібних умовах. Тільки так можна зібрати необхідну інформацію, за допомогою якої досягається максимальна ефективність проекту, що реалізується.

Багаторічний моніторинг процесу акліматизації людей, які мігрують між різними кліматичними регіонами, констатує, що для людини перше значення має не стільки кліматогеографічні умови

© Морозюк Л.І., Денисова А.Є., Саад Алдін Альхемірі, Хуссейн Джамал Таліб, 2020

середовища, скільки сприятливі умови побуту та праці. Проблема взаємодії людини та клімату, що має правові, соціальні, екологічні аспекти, гігієнічні та медичні питання займають велике місце і часто набувають першорядного значення

Вивчення енергетичного, екологічного, економічного та соціального стану країн та населення Близького Сходу дозволило встановити, що для забезпечення нормальних умов існування населення доцільним є використання малих енергетичних установок з відновлювальними джерелами теплоти для цілорічного сезонного кондиціювання та опалення приміщень [2].

В даний час здійснюється інтенсивне виробництво малих енергетичних установок різної продуктивності з різними типами первинної енергії. Світовий ринок відреагував на запит споживачів, які відлучені від центрального постачальника енергії або страждають від його низької якості. Але втілювати реальні проекти покупець бажає тільки високої енергетичної та економічної ефективності. Завданням енергозберігаючих технологій є вдосконалення систем тригенерації, що використовують відновлювальні джерела енергії

Постановка задачі в загальному вигляді і її зв'язок термодинамічних принципів створення системи тригенерації з науковими і практичними завданнями.

Розглянемо метод створення систем тригенерації на базі термодинамічних зворотних циклів, які можуть служити для виробництва холоду та тепла, більш або менш оборотним шляхом передаючи тепло від джерела з однією температурою до джерела з іншою температурою. Термотрансформатори – це пристрої, які призначені для перетворення тепла. Враховуючи кінцевий ефект роботи термотрансформатора можна констатувати, що він є енергоперетворювальною системою, яка складається з енергетичної установки, теплового насоса та (або) холодильної машини з сумісною дією прямого та зворотного циклів. Тригенерацію, як об'єднану систему енергоперетворення і споживача надано на рис.1.

Сонячна енергетична установка містить два типи сонячних генераторів: колектори для виробництва тепла (СК) та фотоелектричний перетворювач (ФЕП) для виробництва електроенергії. Споживачів електричної енергії відносять до цілорічних. Споживання помітно змінюється протягом доби, але відносно стає протягом року. Наявність ФЕП у складі енергетичної установки є обов'язковим.

Кондиціювання повітря та опалення за допомогою термотрансформаторів – штучна автоматична підтримка в закритих приміщеннях всіх або окремих параметрів повітря (температури, відносної вологості, чистоти, швидкості руху повітря) з метою забезпечення оптимальних

кліматичних умов, найбільш сприятливих для самопочуття людей. Первинною енергією для отримання вказаних корисних ефектів є тепло від сонячних колекторів СК та електроенергія від ФЕП. В систему з СК включені тепловикористальні термотрансформатори АТТ (абсорбційні, машини) [3], електроенергія ФЕП використовується для приводу механічних термотрансформаторів КТТ (компресорні машини) [4].

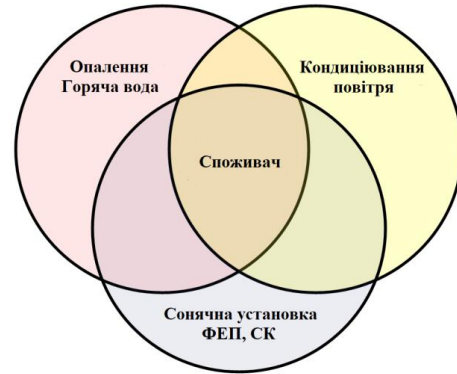


Рис. 1 – Об'єднана система енергоперетворення і споживача

Тепло використовується і за прямим призначенням – отриманням гарячої води Для умов жаркого клімату з високими середньорічними температурами навколишнього середовища температура та витрата споживаної гарячої води майже не змінюється за сезонами.

Використання вказаних машин має цілком конкретні межі, визначені кліматичними умовами навколишнього середовища та термодинамічними характеристиками циклів, робочими речовинами.

Мета. На основі термодинамічних принципів обрентувати вибір системи тригенерації.

Методи дослідження. Термодинамічний аналіз різних режимів роботи системи, які визначають оптимальні умови роботи при зміні сезонних або добових умов, що дозволяє спрогнозувати працездатність економічну та енергетичну ефективність системи для конкретних кліматичних умов і вимог споживача.

Термодинамічний аналіз почнемо в визначення температурних меж роботи КТТ та АТТ в системі тригенерації. Розглянемо принцип їх роботи, враховуючи, що і прямий і зворотний цикли здійснюються між джерелами з постійними температурами Такий підхід до розглядання явища, що відбувається, спрощує аналіз і зводиться до розгляду еквівалентних циклів Карно (рис.2), а енергетичну ефективність визначено через відношення температур в процесах підведення та відведення тепла для обох циклів термотрансформаторів [5, 6], Температури для

аналізу прийнято з урахуванням зовнішньої незворотності в процесах теплопередавання.

Для знижувального термотрансформатора коефіцієнт перетворення COP визначено як:

$$COP_{\text{зниж}} = \frac{T_m (T_z - T_x)}{T_z (T_m - T_x)}, \quad (1)$$

Відповідно для підвищувального:

$$COP_{\text{підв}} = \frac{1}{COP_{\text{зниж}}} = \frac{T_z (T_m - T_x)}{T_m (T_z - T_x)}, \quad (2)$$

де T_z , T_m , T_x – високо-, середньо-, низькопотенційний температурний рівень джерел тепла, відповідно.

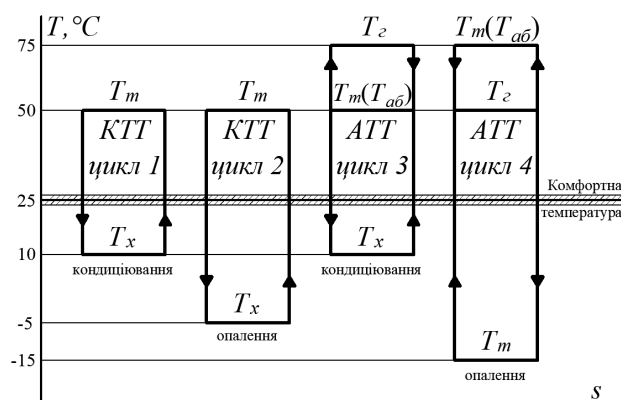


Рис. 2 – Цикли-взірці абсорбційного (АТТ) та компресорного (КТТ) термотрансформаторів

Простіша парова компресорна машина з низькокиплячою робочою речовиною працює в режимі кондиціювання повітря в інтервалі робочих температур: конденсації T_m та кипіння T_x , яка визначає стан повітря в приміщенні, яке охолоджується (цикл 1). В залежності від потреб споживача машина працює в режимі теплового насоса на опалення. Тоді температурний режим становить: температура конденсації T_m визначає стан повітря в приміщенні, що опалюється (цикл 2) а температура кипіння T_x теоретично дорівнює температурі навколишнього середовища. Вибір робочої речовини холодильної машини визначається енергетичною ефективністю та експлуатаційною надійністю машини.

Дійсні значення COP_d завжди менші за COP_k через великі незворотності у прямому циклі за малими різницями температур. Подібні цикли не мають інженерного втілення в компресорних машинах, і розглянуті лише як термодинамічний взірець [6].

Простіша абсорбційна машина в режимі кондиціювання (цикл 3) розглядається як знижувальний термотрансформатор з трьох

джерелами тепла T_z , $T_m(T_{аб})$, T_x , які знаходяться в однозначній залежності. Як правило, T_m , T_x задано,

тоді існує T_z^{min} , яка визначає працездатність машин [5].

Абсорбційний підвищувальний термотрансформатор АТТ, який іменують «звернена абсорбційна машина» (цикл 4) використовують для опалення за умови середніх температур СК і низьких температур зовнішнього повітря, які спостерігаються під час значних сезонних або добових коливань в умовах різкого континентального клімату в країнах Близького Сходу [5]. Прямий цикл здійснюється в інтервалі температур T_z і T_x , зворотний – в $T_m(T_{аб})$ та T_z . Як показує термодинамічний аналіз дійсного циклу АТТ, зі зниженням температури зовнішнього повітря збільшується кількість тепла, яке виробляється в абсорбері на рівні. Отже, виробництво гарячого теплоносія співпадає з його використанням в опалювальній системі [5].

Термодинамічний аналіз показав, що за ступенем термодинамічної досконалості система тригенерації з ФЕП і КТТ має переваги, а економічний аналіз віддав пріоритет СК – АТТ з водоаміачним розчином як робочою речовиною. Аналіз здійснювався за однаковими вихідними параметрами: в температурному режимі кондиціювання повітря та середньої холодопродуктивності 10...50 кВт [7].

Співвідношення теплових потужностей та температурних режимів установок виробництва тепла і холоду повністю визначаються конкретним споживачем. Остаточний вибір систем тригенерації залежить від конкретного споживача: наявності джерел тепла та кліматичних умов його життєдіяльності [8].

Виклад основного матеріалу дослідження. Для досягнення найбільшої енергетичної і екологічної ефективності використання систем тригенерації малої енергетики в країнах з тропічним кліматом необхідно розробити методики розрахунку теплових процесів в її складових елементах та виконати числове моделювання процесів в елементах системи тригенерації.

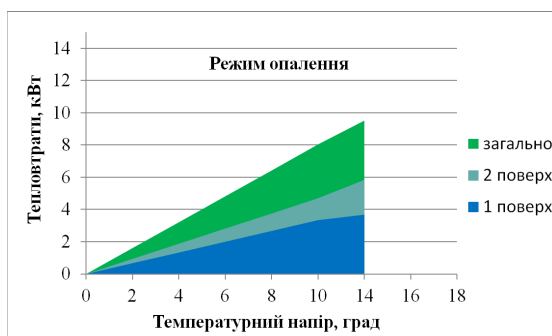
Об'єктом дослідження є система тригенерації, де використовуються ФЕП та компресорна машина для кондиціювання та опалення з метою забезпечення комфортних умов існування людей в приватних будівлях на засадах енергозберігаючих технологій незалежно від сезонних та добових коливань температур зовнішнього повітря. Терміни для кондиціювання повітря визначаються температурою навколишнього середовища, яка вища за комфортну в конкретному приміщенні. Періодами споживання вважають жаркі сезони року та денні часи в різні сезони. Терміни для опалення визначаються температурою навколишнього середовища, яка нижча за комфортну в конкретному

приміщенні. Періодами споживання вважають холодні сезони року та нічні часи в різні сезони.

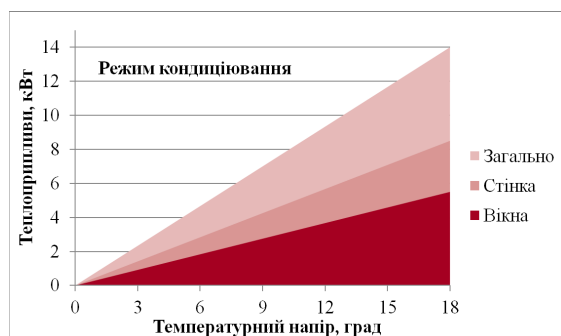
- Умовно система має чотири основних елементи:
- автономний ФЕП та СК;
 - приміщення-споживач корисних ефектів;
 - машина тепло- холодопостачання;
 - сонячний водонагрівач-акумулятор

Процеси опалювання або охолодження приміщення, здійснюються одноступеневою паровою компресорною холодильною машиною з приводом від електродвигуна та складається з чотирьох головних елементів: компресора, конденсатора, випарника та дроселя. Температурний режим в приміщенні підтримує потік свіжого повітря з системи активної вентиляції, охолоджений або підігрітий в теплообмінних апаратах машини [8].

Енергетичні ресурси інсоляції, що використовується в енергетичній установці залежать від географічної широти місцевості, кліматичних умов в різні пори року. Для практичних розрахунків можна рекомендувати дані щодо сумарної добової радіації, яка надходить на горизонтальну поверхню, в різних регіонах країн Близького Сходу [2]. Теплова потужність ФЕП повинна задовольняти потреби конкретного споживача на протязі доби в різні пори року. На кількісні й якісні показники машини, яка виробляє тепло та холод, що споживаються, впливають теплові навантаження будівлі. Розрахунок позитивних та негативних теплових навантажень можна здійснити різними способами з використанням класичних методик [9]. Для довгострокової надійної роботи системи тепло- і холодопостачання її холодильна потужність або тепла потужність в режимі теплового насоса повинні бути більшими за величину максимальних теплових навантажень



а)



б)

Рис. 3 – Теплонавантаження на будинок крізь зовнішню огорожу: а) тепловтрати в режимі опалення, б) теплоприпливи в режимі кондиціонування

Максимальні позитивні та негативні теплові навантаження на приміщення будинку з урахуванням можливих внутрішніх джерел тепла:

- для режиму опалення – 9,8 кВт;
- для режиму кондиціонування – 14,0 кВт.

Розрахунок машини для тепло- і

Характеристики елементів машини розраховуються як функції температур кипіння та конденсації для конкретної робочої речовини з використанням класичних методик холодильної техніки [10, 11].

Математичне моделювання акумулювання теплоти в рідинному акумуляторі для підігрівання води здійснюється за рекомендаціями роботи [12, 13]. Запропоновані математичні моделі для різних режимів роботи системи, які визначають оптимальні умови роботи при зміні сезонних або добових умов, є основою для числового моделювання

Приклад розрахунку автономної системи тригенерації. У якості прикладу об'єкту тепло- і холодопостачання використано приватний житловий будинок. Характеристика будівлі:

- Кількість поверхів – 2;
- Кількість жилих приміщень – 6;
- Загальна площа будівлі – 416 м²;
- Площа жилих приміщень – 152 м²;
- Будівельний об'єм – 1887 м³;
- Об'єм приміщення для устаткування 36 м³.

Для розрахунку розглянуто такі режими тепло- і холодозабезпечення (рис.3):

- опалення для температур зовнішнього повітря від 10°C до 20 °C при температурі в приміщенні 23 °C (рис. 3,а);

- кондиціонування для температур зовнішнього повітря від 40 °C до 30 °C при температурі в приміщенні 23 °C (рис. 3,б).

Тепловтрати крізь зовнішню огорожу в режимі опалення виконано з залученням методичних матеріалів [14] теплоприпливів – з залученням методичних матеріалів [15]. Результати представлено в графічному вигляді на рис.3.

холодопостачання складався з вибору робочих речовин, порівняльного термодинамічного аналізу циклів в режимі кондиціонування та опалення за вирішенням «енергетичної» або «транспортної» задач [10], вибору устаткування на засадах енергозбереження.

Рішення «енергетичної» задачі пов'язано з оцінюванням на підставі порівняння термодинамічної ефективності циклів з різними робочими речовинами. Рішення «транспортної» задачі пов'язано з визначенням мінімальних масогабаритних характеристик компресорів, які

комплектують холодильну машину, з урахуванням робочих речовин, що розглядаються.

В графічному вигляді порівняльний аналіз за результатами рішення двох задач проілюстровано на рис. 4.

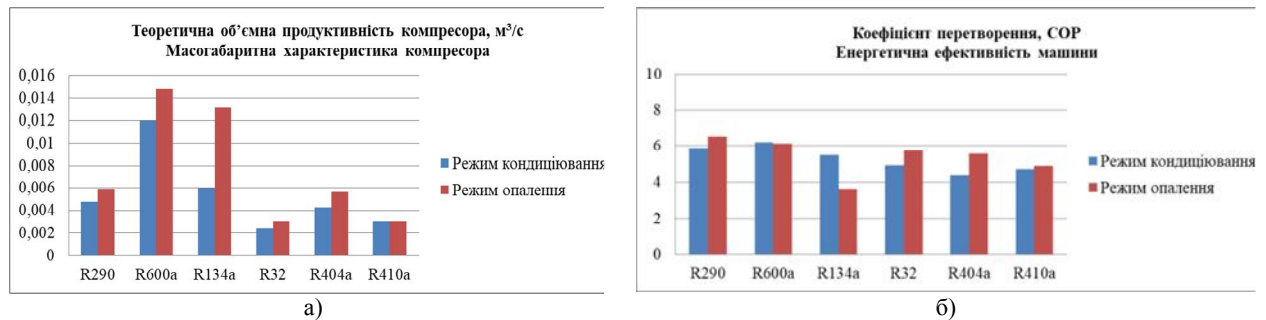


Рис. 4 – Порівняльний термодинамічний аналіз з вибору робочої речовини до машини

Виходячи з термодинамічного аналізу та моніторингу ринку робочих речовин тільки R32 може бути рекомендованим з цієї групи речовин для реальних проектів. Підставою є серійні спіральні компресори фірми BITZER.

Для будинку, який досліджується, необхідна ємність акумулятора гарячої води - 0,8м³ та загальна площа сонячного колектору – 16м². Розрахунки виконано з залучення рекомендацій [12,13].

Розрахунком ФЕП визначають: номінальну потужності модулів, їх кількість, схеми з'єднання, тип, умови експлуатації та ємність акумуляторної батареї; потужності інвертора і контролера заряду-розряду; параметри з'єднувальних кабелів[16]. Нижче наведено простий метод розрахунку автономного ФЕП для будинку, на прикладі даних температур зовнішнього повітря однієї доби в травні в країнах Сирії, Саудівської Аравії, Іраку і Туреччини [17].

Розрахунок системи складається з таких основних етапів:

- визначення навантаження і споживаної енергії;
- визначення необхідної площі фотоелектричних модулів.

Результати розрахунків наведено в табл. 1.1 і 1.2. Кількість електроприладів (табл. 1.1) прийнято, виходячи з середніх статистичних даних для родин з середніми фінансовими доходами [18]. Споживання електроенергії та тривалість роботи в різних режимах за добу, згідно рис. 5, для кожної країни наведено у табл. 1.2.

Ефективна потужність компресора в режимі кондиціювання та в режимі опалення обчислена з використанням даних теплового розрахунку компресора та рис. 5, як середньопланіметричну за період дії відповідного режиму

Таблиця 1.1. Характеристики електроприладів побутового призначення.

Споживач	Потужність, Вт	Сезон	Середня добова тривалість роботи, години	Добова витрата електроенергії, кВт·год
Основні регулярні споживачі				
Інвертор	20	завжди	24	0,48
Освітлення, підвал	200	завжди	3	0,6
Освітлення,1 поверх	200	завжди	6	3,2
Освітлення,2 поверх	180	завжди	3	0,54
Холодильник	500	завжди	9	4,5
Пральна машина	500	завжди	2	1,0
Праска	1500	завжди	1	1,5
Телевізор	1200	завжди	2	2,4
Комп'ютер	300	завжди	2	0,6
Нерегулярні споживачі				
Електричний чайник	2000	завжди	0,05	0,1
Пилосос	1800	завжди	0,5	0,9
Кухонні прилади	2000	завжди	1	2
Косметичні прилади	2000		0,15	0,3
Всього				16,1

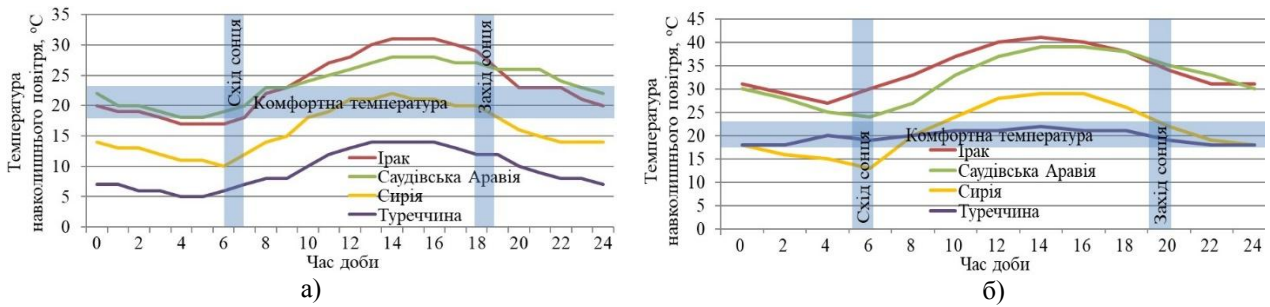


Рис. 5. Характеристика періоду ефективної роботи сонячної системи для лютого (а) і травня (б)

Таблиця 1.2. Розрахункові характеристики фотоелектричного перетворювача для умов травня

Характеристика	Одиниці виміру (кВт·год/м ²)/доба	Ірак	Саудівська Аравія	Сирія	Туреччина
Характеристика інсоляції		6,5	6,0	7,0	6,35
Тривалість режиму, кондиціонування	год/доба	24	20	8	0
Тривалість режиму опалення	год/доба	0	0	0	0
Тривалість ефективної роботи ФЕП	год/доба	14	14	14	14
Розрахункові теплоприпливи (+) і втрати (-)	кВт	+11,5	+9,5	+6,0	0
Холодопродуктивність	кВт	16,22	10,72	7,22	0
Потужність компресора	кВт	3,24	2,14	1,44	0
Загальна витрата електроенергії	кВт·год /д	78,37	11,15	14,07	32,77
Розрахункова потужність ФЕП	кВт/м ²	0,464	0,354	0,292	0,22
Розрахункова площа ФЕП	м ²	170,0	102,0	25,0	18,8

Результати свідчать, що навіть при зменшеній сонячній освітленості навесні в різних країнах необхідно кондиціонування та опалення (рис. 5). За таких умов фотоелектричний перетворювач буде працювати лише долею модулів, чим забезпечується енергозбереження.

Результати розрахунків характеристик фотоелектричного перетворювача з урахуванням ступеня природної інсоляції у різних регіонах Близького Сходу, сезонних та добових погодних умов, свідчать, що за цілодобовим використанням режиму кондиціонування або опалення для будинку площею 400м² необхідна площа фотоелектричного перетворювача до 200 м². За інших умов перетворювач буде працювати лише долею модулів, чим забезпечується енергозбереження.

Аналіз результатів дослідження. Результати числового моделювання «енергетичної» задачі свідчать, що R404A, R410, R32, в режимах кондиціонування та опалення мають однакову енергетичну ефективність, відрізняючись на більше ніж 10%. Робочі речовини R290, R600a, мають високу ефективність в обох режимах, R134a в режимі опалення має низьку ефективність і не може конкурувати з іншими.

Проведене числове моделювання схемно-циклового рішення одноступеневої компресорної машини тепло- і холодопостачання передбачало наявність декількох обов'язкових умов, якими є:

наявність групи робочих речовин, які відповідають сучасним вимогам експлуатації холодильних машин і здатні створити альтернативу один одному; наявність серійного устаткування, та його характеристики за даними світових фірм-виробників

Висновки і перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

1. Проведеними дослідженнями встановлено, що одноступенева компресорна холодильна з приводом від автономного сонячного фотоелектричного перетворювача, здатна забезпечити приміщення приватного споживача кондиціонуванням та опаленням в залежності від зміни сезонних та добових коливань температури навколишнього повітря на протязі цілого року.

2. Термодинамічний аналіз встановив, що цикли з R134a/R404A, R410/R290, R600a, R32 робочими речовинами в машині для тепло- і холодопостачання мають високу енергетичну ефективність: COP=4,0...6,0 в режимі кондиціонування, COP=5,0...6,5 в режимі опалення,

3. Термодинамічний аналіз рекомендував виключити R134a і R600a з розгляду «транспортної» задачі як не конкурентно здатних за масогабаритними характеристиками компресорів, які в 3...4 рази більші за інші.

4. Дослідження дозволяє стверджувати, що одноступенева компресорна холодильна машина з приводом від автономного фотоелектричного

перетворювача є новим науково-технічним рішенням для реалізації ідеї забезпечення енергетичних, соціально-екологічних потреб населення регіонів з складними кліматичними умовами.

5. Представлені результати можна враховувати початком в дослідженні одноступеневих компресорних холодильних машин в системах тригенерації з автономними сонячними фотоелектричними перетворювачами. Розвиток спрямувати на пошук нових об'єктів тепло- і холодопостачання з розширенням інтервалів робочих температур та пошуком нових робочих речовин для їх практичної реалізації

Список літератури

1. Адаптация деятельности человека к условиям жаркого климата [Электронный ресурс]. Режим доступа eco.bo.brodobro.ru/109.
2. A.E.Denysova, Saad Aldin Alhemiri Daowd Lila, L.I. Morozyuk. Discussion of the possibility of creating trigeneration systems in the climate of the Middle East // Refrigeration Engineering and Technology, № 5. 2018. С.36–43. DOI <https://doi.org/10.15673/ret.v5i4i5.1249>
3. Морозюк Т.В. Водоаміачні термотрансформатори (теорія, аналіз, синтез, оптимізація): дисс. док.тех. наук: 05.14.06 / Т.В. Морозюк. –ОНПУ, Одесса, 2001. – 382 с.
4. А.С.Денисова, Л.І.Морозюк, Саад Алдін Алхемірі Дауд Ліла, А.В. Цуркан. Схемно-конструктивні та технологічні особливості систем тригенерації для умов Близького Сходу // Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». 2018, №40 (1316). С.10–16. DOI:10.15587/1729-4061.2019.156129 http://library.kpi.kharkov.ua/files/Vestniki/2018_40.pdf
5. Блиер Б.М. Теоретические основы проектирования абсорбционных термотрансформаторов / Б.М. Блиер, А.В. Вургафт. – М.: Пищ. Пром. 1971. – 204 с.
6. Мартыновский В.С. Циклы, схемы и характеристики термотрансформаторов / В.С. Мартыновский. – М.: Энергия, 1979. – 285 с.
7. Performance assessment of cogeneration and trigeneration systems for small scale applications / Angrisani G., Akisawa A., Marrasso E. et al. // Elsevier. – 2016.
8. Morozyuk L., Denysova A., Saad Aldin Alhemiri Daowd Lila. Synthesize of the integrative trigeneration system for a «Solar House» in the Middle East region// Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 2019. – Vol. 1, N 8 (97). С 43–50. <https://doi.org/10.15587/17294061.2019.148049>.
9. Klymchuk, A.Denysova, G.Balasanian, Saad Aldin Alhemiri Daowd Lila, Krystyna Borysenko. Implementation of an integrated system of intermitted heat supply for education institutions //Eureka: Physics and Engineering, 2018.– Vol. 1(14). P.3–11 (Publisher OÜ «Scientific Route» European Union, «EUREKA: Physical Sciences and Engineering», Tallin, <http://eu-jr.eu/engineering/article/view/557/543>
10. Морозюк Т.В. Теория холодильных машин и тепловых насосов / Т. В. Морозюк. – Одесса: Студия «Негоциант», 2006. – 712 с.
11. А.С. Денисова, Л.І. Морозюк, Саад Алдін Алхемірі Дауд Ліла, Г.В. Лужанська. Характеристики та принципи регулювання роботи елементів малої системи тригенерації в умовах тропічного клімату // Refrigeration Engineering and Technology, № 6. 2018. С. 50–58. DOI <https://doi.org/10.15673/ret.v5i4i6.1240>
12. A.Mazurenko, A. Denysova, G. Balasanian, A. Klymchuk, K. Borisenko. Improving the efficiency of operation mode heat pump hot water system with two-stage heat accumulation // Eastern-European journal of enterprise technologies, 1/8, 2017. – p.27-34. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.92495 <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/92495>
13. Denysova A.E., Mazurenko A.S., Denysova A.S. Thermal Efficiency of Power Module “Boiler with Solar Collectors as Additional Heat Source” For Combined Heat Supply System // Journal of the Academy of Sciences of Moldova Problemele energeticii regionale. Seria Termoenergetică. 2015.– 1 (27) 2015. P.44–50. Web of Science (Thomson Reuters) http://journal.ie.asm.md/assets/files/04_01_27_2015.pdf
14. Расчет отопления <http://buderus.narod.ru/article/ras-otop.htm>. 3.
- 15.Строй А.Ф., Колодяжний В.В. Расчет и проектирование систем вентиляции и кондиционирования воздуха, Киев, Изд. «Феникс», 2014, 343 с.
16. Расчет солнечной электростанции <https://avtonomny-dom.ru/solnechnyieatarei/raschetolnechnoyelektrostantsii.html>
17. RETScreen Plus Expert "Renewable Energy Project Analysis Software, Energy Model and Solar Resource and Heating Load Calculation" (SR&HLC).
18. Виды электрической мощности в электроэнергетике. Расчетная и установленная мощность <https://nkkconsult.ru/vidy-elektricheskoi-moshchnosti-v-elektroenergetikeraschetnaya-i.htm>
19. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Зіпунніков М.М. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи): Підручник. – К.: ЦНЛ, 2013. – 352 с.

References (transliterated)

1. Adaptacia dejatelnosti cheloveka k usloviam garkogo klimata [Elektronny resurs]. Regim dostupa eco.bo.brodobro.ru/109.
2. A.E. Denysova, Saad Aldin Alhemiri Daowd Lila, L.I. Morozyuk. Discussion of the possibility of creating trigeneration systems in the climate of the Middle East // Refrigeration Engineering and Technology, № 5. 2018, pp. 36-43. DOI <https://doi.org/10.15673/ret.v5i4i5.1249>
3. Morozyuk T.V. Vodoamiachnye termotransformatory (teoria, analiz, sintez, optimizacia): dis. doc.tech. nauk: 05.14.06 / T.V. Morozyuk. ONPU, Odessa, 2001. – 382 p.
4. A.E. Denysova, L.I. Morozyuk, Saad Aldin Alhemiri Daowd Lila, A.V. Tsurkan. Schemes, design and technological features of trigeneration systems for the conditions of the Middle East // Bulletin of the National Technical University

- "KhPI". Ser.: Innovation researches in students' scientific work, 2018, №40 (1316), pp.10–16.
DOI:10.15587/1729-4061.2019.156129
http://library.kpi.kharkov.ua/files/Vestniki/2018_40.pdf
5. Blier B.M. Teoreticheskie osnovy proektirovaniya absorbcionnykh termotransformatorov /B.M.Blier, A.V.Vurgaft. – M.: Pisch. prom. 1971. – 204 p.
 6. Martynovskiy V.S.. Cykly, ckhemy i kharakteristiki ermotransformatorov /V.S. Martynovskiy. – M.: Energia, 1979. – 285 p.
 7. Performance assessment of cogeneration and trigeneration systems for small scale applications/ Angrisani G., Akisawa A., Marrasso E. et al. Elsevier. 2016.
 8. Morozyuk L., Denysova A., Saad Aldin Alhemiri Daowd Lila. Synthesize of the integrative trigeneration system for a «Solar House» in the Middle East region// Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 2019. . – Vol. 1, N 8 (97), pp. 43–50.
<https://doi.org/10.15587/17294061.2019.148049>.
 9. Klymchuk, A.Denysova, G.Balasanian, Saad Aldin Alhemiri Daowd Lila, Krystyna Borysenko. Implementation of an integrated system of intermitted heat supply for education institutions //Eureka: Physics and Engineering, 2018. – Vol. 1(14). P.3–11 (Publisher OÜ «Scientific Route» European Union, «EUREKA: Physical Sciences and Engineering», Tallin, <http://eu-jr.eu/engineering/article/view/557/543>
 10. Morozyuk T.V. Teoria kholodilnykh mashin i teplovykh nasoosov / T.V. Morozyuk. – Odessa: Studia «Negotsiant», 2006. – 712 p.
 11. A.E.Denysova, L.I. Morozyuk, Saad Aldin Alhemiri Daowd Lila, G.V.Luzhanska. Characteristics and principles of regulation of components within a small trigeneration system for tropical climate conditions// Refrigeration Engineering and Technology, № 6. 2018. P. 50–58.
DOI <https://doi.org/10.15673/ret.v54i6.1240>
 12. A.Mazurenko, A. Denysova, G. Balasanian, A. Klymchuk, K. Borisenko. Improving the efficiency of operation mode heat pump hot water system with two-stage heat accumulation // Eastern-European journal of enterprise technologies, 1/8, 2017. – p.27-34.
DOI: 10.15587/1729-4061.2017.92495
<http://journals.uran.ua/ejet/article/view/92495>
 13. Denysova A.E., Mazurenko A.S., Denysova A.S. Thermal Efficiency of Power Module “Boiler with Solar Collectors as Additional Heat Source” For Combined Heat Supply System // Journal of the Academy of Sciences of Moldova “Problemele energeticii regionale. Seria Termoenergetică”. – 2015.– 1 (27) 2015. P.44 – 50. Web of Science (Thomson Reuters) http://journal.ie.asm.md/assets/files/04_01_27_2015.pdf
 14. Raschet otoplenia <http://buderus.narod.ru/article/ras-otop.htm>. 3.
 15. Stroi A.F., Kolodiagnyi D.D. Raschet i proektirivanie sisitem ventilii i kondicionirovaniya vozdykha, Kiev, Izd. «Feniks», 2014, 343 p.
 16. Raschet solnechnoy elektrostancii <https://avtonomny-dom.ru/solnechnyiebatarei/raschetsolnechnoyelektrostantsii.html>
 17. RETScreen Plus Expert "Renewable Energy Project Analysis Software, Energy Model and Solar Resource and Heating Load Calculation" (SR&HLC).
 18. Vidy elektricheskoy moschnosti v elektroenergetike. Raschetnaya i ustanivlennaya moschnost <https://nkkconsult.ru/vidy-elektricheskoi-moshchnosti-v-elektroenergetikeraschetnaya-i.htm>.
 19. Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Zipunnikov M.M. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi): Pidruchnik. – K.: CNL, 2013. – 352 p.

Надійшла (received) 19.05.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Морозюк Лариса Іванівна (Морозюк Лариса Ивановна, Morozyuk Larisa Ivanivna) – доктор технічних наук, доцент, Одеська національна академія харчових технологій, *професор*, кафедри кріогенної техніки, м. Одеса, Україна, вул. Канатна, 112; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4133-1984>; e-mail: Lara.morozyuk@mail.ru

Денисова Алла Євсїївна (Денисова Алла Евсеевна, Denysova Alla Evsiiivna) – доктор технічних наук, професор, Одеський національний політехнічний університет, директор Українсько-польського інституту; м. Одеса, проспект Шевченка, 1, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3906-3960>; e-mail: alladenysova@gmail.com

Саад Алдін Алхемірі Дауд Ліла (Саад Алдин Алхемири Дауд Ліла, Saad Aldin Alhemiri Daowd Lila) – PhD, Одеський національний політехнічний університет, інженер Центру трансфертехнологій; м. Одеса, проспект Шевченка, 1, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4860-7923>; e-mail: eng.saadaldin@outlook.com

Хуссейн Джамал Таліб (Хуссейн Джамал Талиб, Hussein Jamal Talib) – аспірант, Одеський національний політехнічний університет; м. Одеса, проспект Шевченка, 1, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6973-0421>; e-mail: tomjamal18@yahoo.com