



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ІМ. В.С. МАРТИНОВСЬКОГО**

XII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

27-28 вересня 2019 року

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ КОНФЕРЕНЦІЇ



ОДЕСА 2019

УДК 621.565 (075.6)

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2019. – 229 с.

У збірнику наведені матеріали XII Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки та технології» та розглянуто різні аспекти науково-технічних питань, пов'язаних з проектуванням, виготовленням та експлуатацією холодильного обладнання різного призначення, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та криогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

В сборнике представлены материалы XII Всеукраинской научно-технической конференции «Современные проблемы холодильной техники и технологии» и рассмотрены различные аспекты научно-технических вопросов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией холодильного оборудования различного назначения, исследованием рабочих тел и процессов в элементах холодильных и криогенных систем, применением нано и когенерационных технологий, использованием холода в пищевых технологиях, применением и внедрением нетрадиционных источников энергии.

Відповідальність за достовірність інформації несе автор публікації.
Матеріали публікуються мовою оригінала, наданого автором.

Голова наукового комітету – Єгоров Богдан Вікторович – ректор Одеської національної академії харчових технологій, член-кореспондент НААН України, Заслужений діяч науки і техніки, д-р техн. наук, професор.

Заступник голови – Косой Борис Володимирович – директор Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, д-р техн. наук, професор.

Члени наукового комітету:

Ванєєв Сергій Михайлович - Сумський державний університет, к.т.н., доцент;

Василенко Сергій Михайлович - Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор;

Железний В.П. - зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д-р техн. наук, професор;

Лабай Володимир Йосипович - Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор;

Лавренченко Г.К. - д-р техн. наук, професор;

Мілованов В.І. - зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д-р техн. наук, професор;

Морозюк Л.І. - д-р техн. наук, професор;

Потапов Володимир Олексійович - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

Радченко М.І. - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Семенюк В.А. - к.т.н., директор НПФ «Терміон»;

Симоненко Ю.М. - зав. кафедрою кріогенної техніки ОНАХТ, д-р техн. наук, професор;

Снежкін Юрій Федорович - директор Інституту технічної теплофізики, д.т.н., академік НАНУ

Ткаченко Станіслав Йосипович - д.т.н., професор Вінницького національного технічного університету;

Хмельнюк М.Г. - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Щит Михайло Львович - к.т.н., пров. наук. спів. Інституту енергетики Академії Наук Молдови.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Жихарєва Н.В., к.т.н. Когут В.Є., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Подмазко О.С.

ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

110 РОКІВ ПРОФЕСОРУ ЧУКЛІНУ СЕРГІЮ ГРИГОРОВИЧУ (1909-1974)

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ, МЕТОДЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОМФОРТНОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Н.И. Радченко, д.т.н., проф., Е.И. Трушляков, к.т.н., проф., А.Н. Радченко, к.т.н., доц.,
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна

АЗОТНЫЕ ГАЗИФИКАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Кириченко И.В., технический директор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса;
Леонтьев А.А., главный конструктор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса.
e - mail: info@krioprom.com.ua

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ СИСТЕМ КОМФОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Жихарева Н.В., к.т.н., доц., Одеська національна академія харчових технологій

14.	ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ У ХОЛОДИЛЬНІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ	203
15.	ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ НАНОЧАСТИЦ AL₂O₃ НА ДАВЛЕНИЕ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИРКУЛЯЦІЇ ДОМШОК КОМПРЕСОРНОГО МАСТИЛА В ХОЛОДОАГЕНТАХ R600A ТА R290 ПО КОНТУРУ ХОЛОДИЛЬНОЇ КОМПРЕСОРНОЇ СИСТЕМИ	206
16.	СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ В ЖИДКОЙ ФАЗЕ О-КСИЛОЛА ПРИ НАЛИЧИИ ПРИМЕСЕЙ ФУЛЛЕРЕНА C₆₀	209
17.	ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ ФУЛЛЕРЕНОВ C₆₀ НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕТРАЛИНА	211
18.	ВПЛИВ ДОМШОК МОДЕЛЬНОГО КОМПРЕСОРНОГО МАСТИЛА TEG В ХОЛОДОАГЕНТІ RE170 НА ПАРАМЕТРИ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПРЕСОРНОЇ СИСТЕМИ	214
19.	ПРИНЦИПИ ТЕРМОДИНАМІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОФЛЮЇДІВ	217
20.	ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ	220
1.	АЗОТНЫЕ ГАЗИФИКАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	стр. 223
2.	ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ СИСТЕМ КОМФОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ	227

УДК 697.91.94.97

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ СИСТЕМ КОМФОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Жихарєва Н.В., к.т.н., доцент ОНАХТ м. Одеса, zikhareva.nata@gmail.com

В умовах прискорення науково-технічного прогресу проектування енергоефективної системи кондиціонування повітря набуває важливе значення, оскільки її рішення, крім підвищення ефективності капітальних вкладень, забезпечує її енергозбереження, економію матеріалів, а також покращення умов праці людей і навколишнього середовища. Проектування, будівництво та експлуатація систем кондиціонування повітря вимагає великих матеріальних і енергетичних витрат. Обсяг капіталовкладень настільки великий, що скорочення його навіть на кілька відсотків завдяки призначенню оптимальних параметрів систем і установок дає значну економію коштів.

Математична модель системи кондиціонування повітря базується на аналізі термoeкономічних показників енергоефективності, які можуть бути вирішені у комплексі: визначення оптимальних параметрів; визначення оптимального пристрою та оптимізації режимів роботи холодильної системи.

Використовуючи один з напрямків ексергетичного аналізу, термoeкономічну діагностику [1, 3, 4], проведена оцінка енергоекономічної ефективності системи кондиціонування повітря.

Схема термoeкономічної моделі (рис. 1) з урахуванням зроблених припущень, може бути зображена у вигляді послідовно з'єднаних трьох зон. Зона 1 включає: компресор 11 з електродвигуном, конденсатор 12, насос охолоджувальної води з електродвигуном і регулювальний вентиль 13; зона 2 – випарник 21 для охолодження проміжного холодоносія і насос з електродвигуном, що забезпечує циркуляцію холодоносія; зона 3 – центральна система кондиціонування повітря 31 і вентилятор з електродвигуном.

Цільовою функцією обрані приведені витрати (ПВ), які для розглянутого випадку можуть бути описані виразом

$$ПВ = (C_{el_i} \cdot \tau_i) (e_{11} + e_{13} + e_{32} + e_{22}) + C_w \cdot V_{cb_a} + (z_{11} + z_{12} + z_{13} + z_{21} + z_{22} + z_{31} + z_{32}) \tau, \quad (6)$$

де C_{el_i} – вартість електроенергії за різними тарифами: нічний, піковий і напівпіковий з відповідним часом дії, грн.; τ_i , год·грн/(кВт·год); $V_{cb_a} = 0,1$ – об'ємна витрата свіжої води, м³/год; e_{11} – ексергія електродвигуна компресора 11; e_{13} – ексергія електродвигуна водяного насосу 13; e_{32} – ексергія електродвигуна кондиціонера; e_{22} – ексергія електродвигуна вентилятора 22; $z_{11} + z_{12} + z_{13} + z_{21} + z_{22} + z_{31} + z_{32}$ – нормативні відрахування окремих елементів.

У кожній зоні враховані питомі амортизаційні відрахування і витрати на поточний ремонт z_i відповідних елементів обладнання, які визначаються за виразом

$$z_i = \frac{(k_{ам_i} + k_{рем_i}) \cdot c_i}{\tau_{pi}}, \quad (7)$$

де $k_{ам_i}$ – нормативний коефіцієнт амортизаційних відрахувань для і-го елемента;

$k_{рем_i}$ – відсоток відрахувань на поточний ремонт;

c_i – вартість і-го елемента установки, грн;

τ_{pi} – число годин роботи обладнання на рік, год/рік.

За отриманого значення $Q_{охол}$

$$ПВ = ПВ (C_{T_w}, \Delta T_{пов}), \quad (8)$$

З обмеженнями: $\Theta_k = f(C_{T_w})$ та $\Theta_0 = f(C_{T_{пов}})$,

де Θ_k , Θ_0 – температурні напори у конденсаторі і повітроохолоднику, є залежними змінними від ΔT_w та $\Delta T_{пов}$; ΔT_w – перепад температури води у конденсаторі 12; $\Delta T_{пов}$ – перепад температури повітря, що проходить через кондиціонер 31 [3, 4].

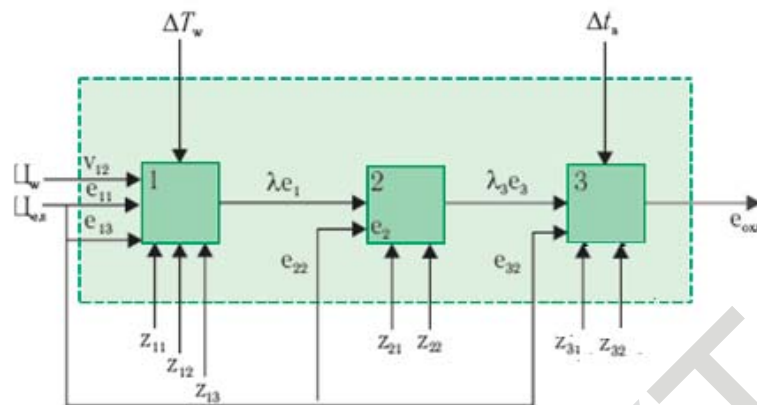


Рис. 1. Термoeкономiчна модель одноступеневої холодильної установки системи кондицювання

Для розглянутої термoeкономiчної моделі питомі амортизаційні відрахування і витрати на поточний ремонт обладнання, а також підведення зовні ексергії та охолоджувального середовища, у кожній зоні доцільно подати у вигляді функції потоку ексергії, що виходить з даної зони, і змінних оптимізації. У цьому випадку

$$\begin{aligned}
 z_{11} &= Z_{11} \left(\Theta_1, \Theta_k, \Delta T_w \right); & z_{21} &= Z_{21} \left(\Theta_2, \Theta_0, \Delta T_{пов} \right); \\
 z_{12} &= Z_{12} \left(\Theta_1, \Theta_k, \Delta T_w \right); & z_{22} &= Z_{22} \left(\Theta_3, \Delta T_w \right); \\
 z_{13} &= Z_{13} \left(\Theta_1, \Theta_k, \Delta T_w \right); & e_{22} &= E_{22} \left(\Theta_3, \Theta_0, \Delta T_{пов} \right); \\
 z_{31} &= Z_{31} \left(\Theta_{охол}, \Theta_0, \Delta T_{пов} \right); & z_{32} &= Z_{32} \left(\Theta_{охол}, \Delta T_{пов} \right); \\
 e_{11} &= E_{11} \left(\Theta_1, \Theta_k, \Delta T_w \right); & e_{13} &= E_{13} \left(\Theta_1, \Theta_k, \Delta T_w \right); \\
 z_{31} &= Z_{31} \left(\Theta_{охол}, \Theta_0, \Delta T_{пов} \right); & e_{32} &= E_{32} \left(\Theta_{охол}, \Delta T_{пов} \right); \\
 v_{12} &= V_{12} \left(\Theta_2, \Theta_k, \Delta T_w \right)
 \end{aligned} \tag{9}$$

Величини потоків ексергії зв'язують зони:

$$\begin{aligned}
 e_1 &= E_1 \left(\Theta_{охол}, \Theta_k, \Delta T_w \right); \\
 e_3 &= E_3 \left(\Theta_{охол}, \Theta_0, \Delta T_{пов} \right); \\
 e_{охол} &= E_0 \left(\Theta_{охол}, T_{охол}, \Delta T_{н.с} \right)
 \end{aligned} \tag{10}$$

У рівняннях (9) і (10) e_j та E_j характеризують одне і те саме, але e_j – кількість ексергії, а E_j – її функціональна залежність.

Розв'язування системи рівнянь (9) з урахуванням виразів (10) дозволило визначити значення змінних Θ_k , $\Delta T_{пов}$, Θ_0 , ΔT_w , що відповідають оптимальному режиму роботи холодильної установки, який забезпечує мінімум приведених витрат. З певних значень температурних напорів і перепадів температур охолоджуючих і охолоджуваних середовищ, отриманих так, можна розрахувати величини поверхонь теплообмінних апаратів і описаного об'єму компресора, що забезпечують оптимальний режим роботи холодильної установки.

Для вирішення завдання розроблено математичну модель даної установки, яка побудована з урахуванням вимог термoeкономіки і адекватна реальній технологічній схемі холодильної установки з урахуванням тризонного тарифу для системи кондицювання повітря з врахуванням нестационарного теплообміну в приміщенні.

У нашій роботі для розв'язування задач оптимізації був використаний чисельний метод, який не вимагає диференціювання цільової функції, на відміну від розв'язувань, в яких використовуються класичні методи диференціального і варіаційного обчислення.

Система рівнянь (12) встановлює зв'язок між дисипацією енергії і енергетичними витратами у кожній зоні термoeкономічної моделі за певних значень економічних показників C_{el_i} , C_w .

Розв'язування системи (9) дозволяє визначити необхідні умови для знаходження мінімуму (6). Для розв'язування систем рівнянь, які записані у загальному вигляді, необхідно подати їх у вигляді розгорнутих аналітичних співвідношень, які є складовими математичного описання процесів, що відбуваються в окремих елементах моделі.

Аналіз показав, що істотний вплив на величину оптимальних значень Θ_k , Θ_0 , ΔT_w , $\Delta T_{пов}$ дає вартість електроенергії. З огляду на це, нами проведена оцінка впливу тарифів електроенергії на оптимальні параметри Θ_k , Θ_0 , ΔT_w , $\Delta T_{пов}$.

Метою математичного моделювання є погодинне визначення холодопродуктивності, необхідної для забезпечення комфортної температури в приміщенні, яка працює в нестационарному режимі теплоприпливів та тепловиділень [6].

Результати математичного моделювання дозволять визначити за середньомісячними температурами необхідну холодопродуктивність або теплопродуктивність і відповідну споживану потужність системи та доповнити набір коректних вихідних даних для розрахунку повних витрат на забезпечення мікроклімату об'єкта, включаючи проектування, придбання обладнання, режими роботи холодильної установки монтаж і експлуатаційні витрати протягом терміну служби системи, а значить дозволить оцінити термін окупності системи.

Оптимізація режиму роботи обладнання холодильної установки центральної системи кондиціювання повітря дозволить скоротити змінну частину витрат приблизно на 10-13%, що за тривалої експлуатації обладнання дасть значну економію коштів.

Отримані залежності для термoeкономічної моделі оптимізації одноступеневої установки можливо застосувати для підвищення ефективності систем кондиціювання повітря шляхом мінімізації величини приведених витрат.

Література

1. Табунщиков Ю.А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. / Ю.А.Табунщиков, М.М. Бродач. – М.: АВОК-ПРЕСС. – 2002. – 194 с.
2. Грачев Ю.Г. Основы оптимизации систем кондиционирования микроклимата. – Пермь, изд. Перм, политехн,ин-та, 1987. – 80 с.
3. Maneesh D. and S.P.S. Rajput Thermoeconomic optimization: deviation in procedures followed as a primitive approach to rankine powered vapour compression refrigeration system using R-245C // Journal of Environmental Research And Development Vol. 3 – No. October– December 2008. – P. 548-568.
4. Тарасова В.А., Харлампиди Д.Х. Сравнительный анализ термoeкономических моделей формирования эксергетической стоимости холода // Технические газы. – 2013. – №6 – С.55-63.
5. Zhikhareva N. Optimization of conditioning system for premises with non stationary heat exchanger // N. Zhikhareva. / Norwegian Journal of development of the International Science 2017. Vol. 2. No 5. P. 94– 99.
6. Жихарева Н.В. Математичне моделювання нестационарного теплообміну приміщень // Н.В.Жихарева, М.Г.Хмельнюк/ Холодильна техніка і технологія 2016. –Том.52 №6. – С. 71 – 75.