



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

ХІІ 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

ЗМІСТ

	СЕКЦІЯ № 1. ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ. КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ.	стр.
1.	УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛОТИ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ГАЗІВ СУДНОВОГО ДВИГУНА ЕЖЕКТОРНОЮ ХОЛОДИЛЬНОЮ МАШИНОЮ З ОХОЛОДЖЕННЯМ ПОВІТРЯ НА ВХОДІ	10
2.	ЗНИЖЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ	14
3.	СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ СЖИГАНИИ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ	17
4.	ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОГАЗОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В АЕРОТЕРМОПРЕСОРИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ CFD МОДЕЛЮВАННЯ	20
5.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ АЭРОТЕРМОПРЕССОРНОГО АПАРАТА ДЛЯ СИСТЕМ КОНТАКТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ	22
6.	МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ХОЛОДОПРОДУКТИВНОСТІ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ	24
7.	ВИЗНАЧЕННЯ ПРОЕКТНОГО ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ В КОНКРЕТНИХ КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ	28
8.	ПОДХОД К АНАЛИЗУ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ХОЛОДОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ	32
9.	ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ КОМБІНОВАНОГО ТИПУ	36
10.	АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ ТРИГЕНЕРАЦІЙНОЇ ГАЗОПОРШНЕВОЇ УСТАНОВКИ	41
11.	ВДОСКОНАЛЕННЯ ТРИГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	46
12.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ТЕПЛОИСПОЛЬЗУЮЩИХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ ГТУ В РАЗНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	52
13.	ТЕПЛОНАСОСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ СУДНОВИХ ДВЗ	54
14.	ВПЛИВ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОМАСООБМІНУ В СИСТЕМІ ОХОЛОДЖЕННЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА НА ПАЛИВНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ	57
15.	UKRAINIAN ENERGY POLICY DEVELOPMENT. INTERNATIONAL EXPERIENCE	60
16.	THE CYCLE ENSURING UNINTERRUPTED OPERATION OF THE CONTACT HEAT EXCHANGER	62
17.	ОХОЛОДЖЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	64
18.	АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ БЫТОВОЙ АБСОРБЦИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ	67

УДК 66.067.1.621.72

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОЕКТНОГО ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНДИЦІЮВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ В КОНКРЕТНИХ КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ

Трушляков Є.І., к.т.н., професор, Радченко А.М., к.т.н., доцент, Зубарєв А.А., ст. викладач,
Ткаченко В.С., аспірант, Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова,
Миколаїв, Україна;

Зонмін Я., доцент, Цзяньсунський університет науки і технології, Цзеньцзянь, КНР;
Фордуй С.Г., к.т.н., доц., технічний керівник напряму енергоресурсів та енергозбереження
PepsiCo, Inc., CTS ESSA, Київ, Україна
nirad50@gmail.com

Тепловолісна обробка зовнішнього повітря здійснюється в центральних системах кондиціювання та при їх сумісній роботі з місцевими рециркуляційними системами [1–3]. Ефективність застосування систем кондиціювання повітря (СКП) залежить від того, наскільки повно використовуються встановлені холодильні потужності в конкретних кліматичних умовах, тобто за більш повного навантаження і тривалого часу упродовж року. За показник кількісної оцінки ефективності використання холодильної потужності СКП правомірно взяти виробництво холоду – кількість виробленого холоду відповідно до його поточних витрат на кондиціювання повітря, яка в свою чергу залежить від поточних витрат холодопродуктивності Q_0 та тривалості τ роботи системи кондиціювання за цих витрат і представляє собою їх добуток. Кількість холоду, виробленого/витраченого за рік: $\sum(Q_0 \cdot \tau)$, кВт·год, де Q_0 – поточна холодопродуктивність (теплове навантаження СКП); τ – тривалість роботи СКП. Основні положення методології вибору встановленої (проектної) холодопродуктивності СКП в умовах нерівномірних теплових навантажень розглянуті в роботах [4].

Вочевидь, що максимальна величина поточної кількості виробленого/витраченого холоду свідчить про ефективне використання встановленої холодильної потужності. Однак, оскільки поточні витрати холодопродуктивності та їх тривалість, тобто кількість холоду, залежать від змінних поточних кліматичних умов, то вони відзначаються значними коливаннями, що ускладнює вибір встановленої холодопродуктивності СКП.

Вочевидь, якщо визначати кількість виробленого/витраченого холоду за його поточними величинами і нарощуванням упродовж року, то можна суттєво спростити вибір встановленої холодопродуктивності. При цьому поточна кількість виробленого/витраченого холоду спричиняє зміну темпу прирощення річного виробництва холоду зі зміною встановленої холодопродуктивності і максимальному темпу відповідає встановлена холодопродуктивність, яка забезпечує її ефективне використання.

Мета роботи – розробити підхід до визначення встановленої холодопродуктивності (проектного теплового навантаження) в конкретних кліматичних умовах упродовж року, яка забезпечує максимальне виробництво холоду відповідно до його поточного споживання.

Для оцінки тривалості використання СКП за різної встановленої питомої холодопродуктивності $q_0 = Q_0 / G_n$, що припадає на одиницю витрати повітря $G_n = 1$ кг/с, упродовж року були побудовані її залежності від проектної питомої холодопродуктивності q_0 для кліматичних умов України (на прикладі м. Миколаїв) та КНР (м. Пекін), наведені на рис. 1.

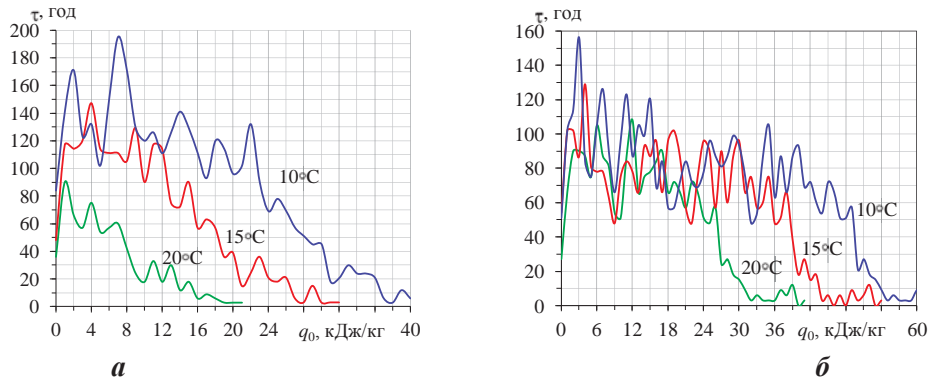


Рис. 1. Тривалість τ кондиціювання повітря при різній питомій холодопродуктивності q_0 і температурах охолодженого повітря $t_{п2}=10, 15$ і 20°C упродовж 2017 р.: **а** – м. Миколаїв, Україна; **б** – м. Пекін, КНР

Як видно з рис. 1, більшу частину часу (максимальні значення тривалості τ) упродовж року СКП експлуатується при низькій холодопродуктивності q_0 , що пояснюється помірними температурами зовнішнього повітря $t_{зп}$, близькими до температур охолодженого в СКП повітря $t_{п2}=10, 15$ і 20°C , що не потребує значних витрат холодопродуктивності. Зі зниженням $t_{п2}$ від 20 до 10°C максимальні значення тривалості зростають і зміщуються у бік більшої холодопродуктивності.

При цьому максимальне виробництво холоду $q_0 \cdot \tau$ при охолодженні зовнішнього повітря до температур $t_{п2} = 10, 15$ і 20°C має місце в діапазоні значень проектної питомої холодопродуктивності $q_0 = 6 \dots 14$ кДж/кг ($t_{п2} = 20^\circ\text{C}$), $q_0 = 11 \dots 16$ кДж/кг ($t_{п2} = 15^\circ\text{C}$) і $q_0 = 18 \dots 22$ кДж/кг ($t_{п2} = 10^\circ\text{C}$) на рис. 2,а. Для більш теплого клімату (м. Пекін) максимальні величини виробництва холоду $q_0 \cdot \tau$ та відповідні значення проектної питомої холодопродуктивності q_0 суттєво зростають: $q_0 = 26 \dots 38$ кДж/кг при $t_{п2} = 15^\circ\text{C}$ і $q_0 = 35 \dots 41$ кДж/кг при $t_{п2} = 10^\circ\text{C}$ (рис. 2,б).

Відповідні величини питомого виробництва холоду $q_0 \cdot \tau / (q_0 \cdot \tau)_{max}$, віднесені до його максимального значення упродовж року $(q_0 \cdot \tau)_{max}$, наведені на рис. 3

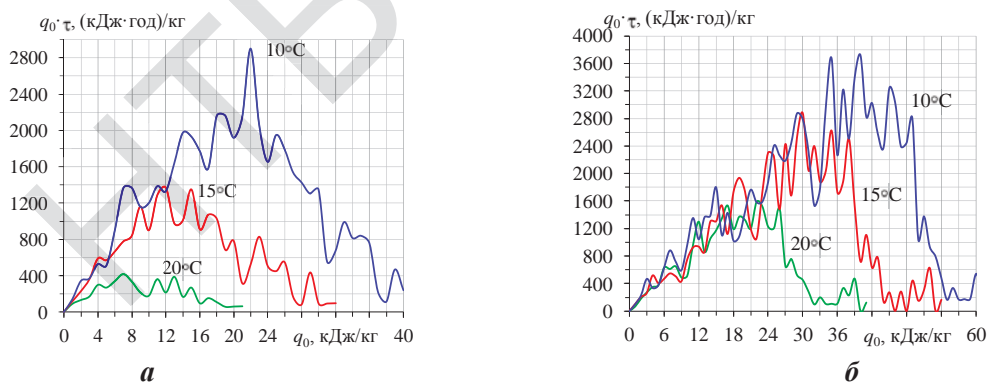


Рис. 2. Питоме виробництво холоду $q_0 \cdot \tau$ для кондиціювання зовнішнього повітря при різних значеннях проектної питомої холодопродуктивності q_0 і температурах охолодженого повітря $t_{п2}=10, 15$ і 20°C упродовж 2017 р.: **а** – м. Миколаїв, Україна; **б** – м. Пекін, КНР

Як видно з рис. 3, раціональні значення проектної питомої холодопродуктивності q_0 при охолодженні повітря до температури $t_{п2} = 15^\circ\text{C}$ лежать в діапазонах: $11 \dots 15$ кДж/кг (м. Миколаїв) і $31 \dots 33$ кДж/кг (м. Пекін), а при охолодженні повітря до температури $t_{п2} = 10^\circ\text{C}$: $21 \dots 23$ кДж/кг і $36 \dots 42$ кДж/кг відповідно. При цьому поточна кількість виробленого/витраченого холоду $q_0 \cdot \tau$ характеризується значними коливаннями, що ускладнює вибір холодопродуктивності СКП q_0 .

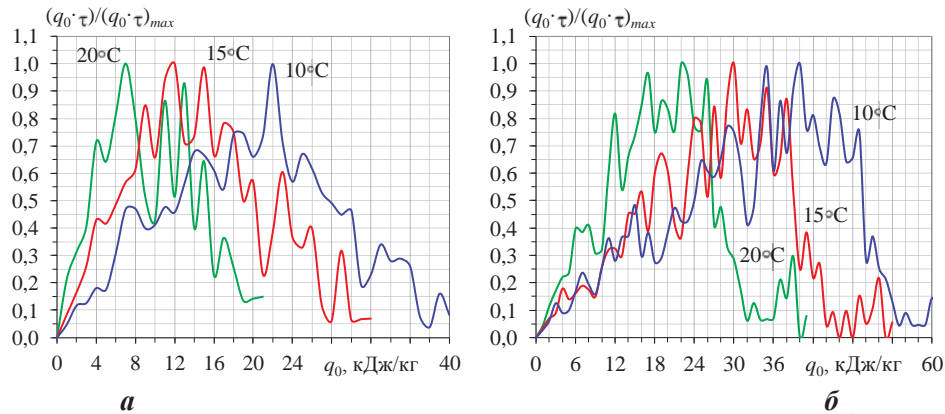


Рис. 3. Питоме виробництво холоду $q_0 \cdot \tau / (q_0 \cdot \tau)_{max}$, віднесене до його максимального значення упродовж року $(q_0 \cdot \tau)_{max}$, при різних значеннях проектної питомої холодопродуктивності q_0 і температурах охолодженого повітря $t_{n2} = 10, 15$ і 20°C упродовж 2017 р.: **а** – м. Миколаїв, Україна; **б** – м. Пекін, КНР

Якщо визначати кількість виробленого/витраченого холоду за нарощуванням упродовж року (сумуванням його поточних значень): $\Sigma(q_0 \cdot \tau)$, то можна суттєво спростити вибір встановленої холодопродуктивності q_0 . При цьому поточна кількість виробленого/витраченого холоду $q_0 \cdot \tau$ спричиняє зміну темпу прирощення річного виробництва холоду $\Sigma(q_0 \cdot \tau) / q_0$ зі зміною встановленої холодопродуктивності, і максимальному темпу $\Sigma(q_0 \cdot \tau) / q_0$ відповідає встановлена холодопродуктивність, яка забезпечує її ефективне використання (рис. 4).

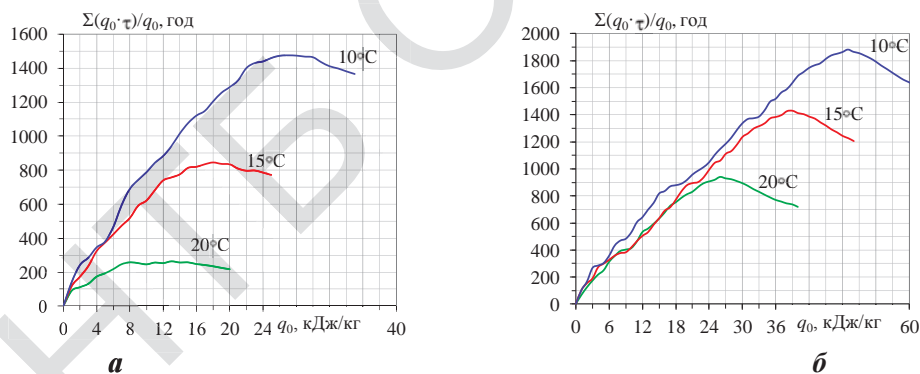


Рис. 4. Залежність річного питомого виробництва холоду $\Sigma(q_0 \cdot \tau) / q_0$, віднесеного до встановленої питомої холодопродуктивності q_0 , від встановленої питомої холодопродуктивності q_0 при температурах охолодженого повітря $t_{n2} = 10, 15$ і 20°C упродовж 2017 р.: **а** – м. Миколаїв, Україна; **б** – м. Пекін, КНР

З рис. 4 видно, що значення проектної питомої холодопродуктивності q_0 при охолодженні повітря до температури $t_{n2} = 15^\circ\text{C}$ становлять: близько 18 кДж/кг (м. Миколаїв) і 38 кДж/кг (м. Пекін), а при $t_{n2} = 10^\circ\text{C}$: близько 26 кДж/кг та 41 кДж/кг відповідно.

Висновок. Досліджено ефективність використання встановленої холодопродуктивності СКП для різних кліматичних умов (України на прикладі м. Миколаїв та КНР, м. Пекін), як показник запропоновано застосовувати кількість виробленого холоду відповідно до його витрати на охолодження повітря.

Поточна кількість виробленого холоду характеризується значними коливаннями, що ускладнює вибір встановленої холодопродуктивності СКП. Запропоновано кількість виробленого холоду визначати за нарощуванням упродовж року (сумуванням його поточних значень), що дає можливість вибрати встановлену холодопродуктивність СКП, яка забезпечує її ефективне використання з максимальним темпом прирощення річного виробництва холоду.

Список літератури

1. Obara, S. Distributed energy systems [Text] / S. Obara // GA, USA: *Nova Science Publishers Inc.* – 2009.
2. Carvalho, M. Modeling simple trigeneration systems for the distribution of environmental loads [Text] / M. Carvalho, M. A. Lozano, L. M. Serra, V. Wohlgenuth // *Environmental Modelling & Software.* – 2012. – № 30. – pp. 71–80.
3. Коченков Н.В., Коченков В.Н., Шакиров Я.А., Александрова А.П. Энергоэффективные режимы совместного функционирования центральной системы кондиционирования и местной рециркуляционной системы охлаждения // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование».* 2016. № 4 (16). С. 43–46.
4. Радченко, А. М. Ефективність охолодження повітря на вході газотурбінної установки в умовах помірного і субтропічного клімату [Текст] / А. М. Радченко, Я. Зонмін, С. А. Кантор, Б. С. Портной // *Авиационно- космическая техника и технология.* – 2018. – № 6(150). – С. 34 – 38.