

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА
МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ПІВДЕННИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР НАН УКРАЇНИ
ГОЛОВНЕ УПРАВЛІННЯ ДЕРЖАВНОЇ СЛУЖБИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ УКРАЇНИ
У МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ
ДП «ДОСЛІДНО-ПРОЕКТНИЙ ЦЕНТР КОРАБЛЕБУДУВАННЯ»
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ»
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРБІНСЬКИЙ ІНЖЕНЕРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (КИТАЙ)
УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ЦЗЯНСУ (КИТАЙ)
ГДАНСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)
ЗАХІДНО-ПОМЕРАНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)
КОШАЛІНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)
БАТУМСЬКИЙ НАВЧАЛЬНО-НАВІГАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ГРУЗІЯ)
МОРСЬКЕ ІНЖЕНЕРНЕ БЮРО
АТ «ЗАВОД «ЕКВАТОР»
КОМПАНІЯ «АМІКО ГРУПП»
ДП «ДЕЛЬТА-ЛОЦМАН»
ТОВ "ЮСК СЕРВИС"
ТОВ «ЕВЕРІ»

ІННОВАЦІЇ В СУДНОБУДУВАННІ ТА ОКЕАНОТЕХНІЦІ

МАТЕРІАЛИ

X міжнародної науково-технічної конференції

Том 1.

26 – 28 вересня 2019 р.

*Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9 м. Миколаїв*

УДК 001.895:629.5
И66

ОРГАНІЗАТОРИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА
МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ПІВДЕННИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР НАН УКРАЇНИ
ГОЛОВНЕ УПРАВЛІННЯ ДЕРЖАВНОЇ СЛУЖБИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ УКРАЇНИ
У МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ
ДП «ДОСЛІДНО-ПРОЕКТНИЙ ЦЕНТР КОРАБЛЕБУДУВАННЯ»
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ»
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРБІНСЬКИЙ ІНЖЕНЕРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (КИТАЙ)
УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ЦЗЯНСУ (КИТАЙ)
ГДАНСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)
ЗАХІДНО-ПОМЕРАНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)
КОШАЛІНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)
БАТУМСЬКИЙ НАВЧАЛЬНО-НАВІГАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ГРУЗІЯ)
МОРСЬКЕ ІНЖЕНЕРНЕ БЮРО
АТ «ЗАВОД «ЕКВАТОР»
КОМПАНІЯ «АМІКО ГРУПП»
ДП «ДЕЛЬТА-ЛОЦМАН»
ТОВ "ЮСК СЕРВИС"
ТОВ «ЕВЕРІ»

**Матеріали публікуються за оригіналами, наданими авторами.
Претензії до організаторів не приймаються.**

Відповідальний за випуск:
Блінцов Володимир Степанович

И66 **Інновації** в судобудуванні та океанотехніці : Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції. у 2 томах. Т. 1 — Миколаїв : НУК, 2019. — 628 с.

ISBN 978-966-321-368-2

У збірнику наведені матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в судобудуванні та океанотехніці». Збірник становить інтерес для наукових працівників, викладачів, інженерів та студентів.

УДК 001.895:629.5

ISBN 978-966-321-368-2

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2019

УДК 536.71; 536.775

МОДЕЛЮВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СУМІШЕЙ ХОЛОДОГЕНТІВ НА ОСНОВІ ВІЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ ГЕЛЬМГОЛЬЦА

Волчок В.О., к.т.н.

Одеська національна академія харчових технологій

Україна, м. Одеса

<https://orcid.org/0000-0003-4148-3056>

Анотація. Рассмотрен модельный подход к описанию свойств смесей хладагентов и поиск оптимальной формы уравнения состояния на основе свободной энергии Гельмгольца. Применение правил смешения позволяет использовать высокоточные корреляции.

Ключові слова: холодоагент; рівняння стану; енергія Гельмгольца.

Вступ

Розрахунок рівноважних і переносних властивостей холодоагентів, побудова діаграм стану і розрахунок параметрів циклу холодильної машини можливий на основі даних про властивості речовин. Надійним джерелом інформації про властивості речовин, як відомо, є експеримент. Незважаючи на наявність великої кількості банків даних о теплофізичних властивостях чистих холодоагентів, досліджувати всі суміші на їх основі досить важко. Використання модельних підходів до опису термодинамічної поведінки сумішей на основі досвідчених даних про чисті речовини дозволяють вирішити цю проблему [1 - 3].

Мета дослідження - пошук оптимальної форми рівняння стану (РС), яка точно описує властивості парової і рідкої фаз на лінії насичення багатокомпонентної системи. Підтвердженням цьому служить велика літературна база і всеосяжні огляди, які висвітлюють основні моменти вирішення цього питання.

В основі фундаментальних РС для бінарних і потрійних сумішей холодоагентів, лежить вільна енергія Гельмгольца. Вони засновані на РС для чистих рідин для вільної енергії Гельмгольца. Відповідно до [4, 5], безрозмірна вільна енергія Гельмгольца Φ для суміші має вигляд:

$$\Phi = \Phi^0 + \Phi^r = \frac{\bar{A}}{RT}, \quad (1)$$

де \bar{A} – вільна мольна енергія;

R – універсальна газова стала.

Аналогічно РС чистої рідини, Φ складається з ідеально-газової частини Φ^0 і залишкової частини Φ^r . Ідеально-газова частина в складі суміші це аналітично отримані з ідеально-газових частин Φ_{0i}^0 рівнянь стану чистих рідин. У поєднанні з постійною температурою T і постійним молярним об'ємом \bar{V} має вигляд:

$$\Phi^0(T, \bar{V}, \vec{x}) = \sum_{i=1}^l x_i \Phi_{0i}^0(T, \bar{V}) + \sum_{i=1}^l x_i \ln x_i, \quad (2)$$

де i – номер компонента;

\vec{x} - вектор всіх мольних часток;

x_i - мольна частка i -го компонента.

Другий доданок в рівнянні (2) являє собою ефект змішування ідеально-газової суміші, віднесений до ентропії змішання. Слід зазначити, що поєднання постійних T і \bar{V} передбачає різні безрозмірні змінні $\tau_{0i} = T_{c,0i}/T$ і $\delta_{0i} = \bar{V}_{c,0i} / \bar{V}$ для використання в ідеально-газовій частині різних компонентів суміші, в силу різних констант $T_{c,0i}$ і $\bar{V}_{c,0i}$.

Залишкова частина Φ^r безрозмірною вільної енергії Гельмгольца для суміші можна сформулювати наступним чином. У загальному вигляді вона представлена як:

$$\Phi^r(\tau, \delta, \vec{x}) = \sum_{i=1}^l x_i \Phi_{0i}^r(\tau, \delta) + \sum_{i=1}^l \sum_{j=i+1}^l x_i x_j \Delta \Phi_{ij}^r(\tau, \delta) \quad (3)$$

Залишкові частини Φ_{0i}^0 РС чистої рідини об'єднані як константи залишкових змінних δ і τ , які залежать від складу і відповідно мають вигляд:

$$\delta(\vec{x}) = \frac{\bar{V}_c(\vec{x})}{\bar{V}} \quad \text{и} \quad \tau(\vec{x}) = \frac{T_c(\vec{x})}{T} \quad (4)$$

Ці визначення застосовуються лише до залишкової частини опису суміші. $T_c(\vec{x})$ і $\bar{V}_c(\vec{x})$ - псевдокритична температура и псевдокритичний мольний об'єм суміші. Наступні рівняння застосовані для $T_c(\vec{x})$ і $\bar{V}_c(\vec{x})$:

$$\bar{V}_c(\vec{x}) = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l x_i x_j \frac{A_{ij}(x_i + x_j) + 1}{A_{ij} + 1} \bar{V}_{c,ij} \quad (5)$$

$$T_c(\vec{x}) = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l x_i x_j \frac{B_{ij}(x_i + x_j) + 1}{B_{ij} + 1} T_{c,ij} \quad (6)$$

$$\text{де } \bar{V}_{c,ij} = k_{V,ij} \frac{1}{2} (\bar{V}_{c,0i} + \bar{V}_{c,0j}) \quad \text{и} \quad T_{c,ij} = k_{T,ij} \frac{1}{2} (T_{c,0i} + T_{c,0j}),$$

де $K_{V,ij}$ и $K_{T,ij}$ - параметри взаємодії, які визначаються шляхом підгонки фундаментального рівняння стану на основі експериментальних даних для бінарної суміші.

A_{ij} і B_{ij} впливають на РС для трикомпонентних сумішей. Вони не впливають на опис бінарних сумішей, оскільки для суміші з двох компонентів $x_i + x_j = 1$, і, таким чином, вираз $(A_{ij}(x_i + x_j) + 1)/(A_{ij} + 1)$ завжди дорівнює 1.

Ці формули змішування можуть бути безпосередньо застосовані для РС в термінах вільної енергії Гельмгольца:

$$\alpha_{mix} = \sum_{j=1}^n [x_j(\alpha_j^{id} + \alpha_j^r) + x_j \ln x_j] + \sum_{p=1}^{n-1} \sum_{q=p+1}^n x_p x_q F_{pq} a_{pq}^{excess} \quad (7)$$

$$\text{де } \alpha^{id} = \frac{h_{ref}}{RT} - \frac{S_{ref}}{R} - 1 + \left[\frac{T\rho}{T_{ref}\rho_{ref}} \right] + \frac{1}{RT} \int_{T_{ref}}^T C_p^{id} dT - \frac{1}{R} \int_{T_{ref}}^T \frac{C_p^{id}}{T} dT$$

$$\alpha^{id} = \ln(\delta) + a_1 \ln(\tau) + \sum_{k=2}^4 a_k \ln[1 - \exp(-b_k \tau)]$$

$$\alpha^r = \frac{1}{RT} \int_V^x (P - RT \cdot \rho) dV = \sum_{i=1}^m x_i \alpha_i^r(\delta, \tau) + \alpha^E(\delta, \tau, X)$$

$$\alpha^r = \sum_{k=1}^{10} N_k \tau^{t_k} \delta^{d_k} \exp[-\delta^{l_k}] + \sum_{k=11}^{14} N_k \tau^{t_k} \delta^{d_k} \exp[-\eta_k (\delta - \varepsilon_k)^2] \exp[-\beta_k (\tau - \gamma_k)^2]$$

де h_{ref} і S_{ref} - еталонні ентальпія і ентропія для вихідного стану при T_{ref} и ρ_{ref} .

Перший доданок в рівнянні (7) являє собою ідеальний стан. Воно включає в себе ідеально-газову складову (індекс id) і реальної рідини (індекс r) для кожного n-го компонента суміші. Доданок $x_j \ln x_j$ виникає в результаті ентропії змішування ідеальних газів, де x_j мольна частка компонента.

Другий доданок відображає надлишок вільної енергії і відхилення від ідеально-газового стану. Узагальнюючий параметр F_{pq} відображає співвідношення між бінарними сумішами. Добуток $F_{pq} a_{pq}^{excess}$ - емпірична функція, знайдена на основі експериментальних даних для бінарної суміші. Функції a^i і a_{pq}^{excess} в

рівнянні (7) визначалися не як залежні від T_{mix} і ρ_{mix} , а від наведених температури t і густини δ . Ці наведені значення температури і густини методу відповідних станів є ключовими в цій моделі.

Правила змішування для наведених параметрів мають такий вигляд:

$$\tau = \frac{T^*}{T_{mix}} \quad T^* = \sum_{p=1}^n \sum_{q=1}^n k_{T,pq} x_p x_q \frac{1}{2} (T_p^{crit} + T_q^{crit}) \quad (8)$$

$$\delta = \frac{\rho_{mix}}{\rho^*} \quad \frac{1}{\rho^*} = \sum_{p=1}^n \sum_{q=1}^n k_{V,pq} x_p x_q \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\rho_p^{crit}} + \frac{1}{\rho_q^{crit}} \right)$$

Еквівалентні рівняння, які поєднують в собі $k_{T,pq}$ з критичною температурою і $k_{V,pq}$ з критичною густиною наведені у вигляді:

$$T^* = \sum_{p=1}^n x_p T_p^{crit} + \sum_{p=1}^{n-1} \sum_{q=p+1}^n \zeta_{pq} x_p^{\beta_{pq}} x_q \quad (9)$$

$$\frac{1}{\rho^*} = \sum_{p=1}^n x_p \frac{1}{\rho_p^{crit}} + \sum_{p=1}^{n-1} \sum_{q=p+1}^n \xi_{pq} x_p x_q \quad (10)$$

Якщо в наявності є тільки дані про парорідинну рівновагу, то a_{pq}^{excess} приймається рівним 0 і знаходяться тільки параметри $k_{T,pq}$ або $k_{V,pq}$. Параметр $k_{T,pq}$ найтісніше пов'язаний з даними про тиск кипіння і відтворює азеотропну поведінку суміші. Параметр $k_{V,pq}$ чутливий до зміни питомого об'єму суміші. Спільна обробка експериментальних даних про густину рідкої фази і тиску кипіння зводиться до пошуку оптимальних значень «перехресних» констант $k_{T,pq}$ або $k_{V,pq}$ зазначених вище рівнянь стану [6]. Потрійні і суміші більш високого порядку комбінуються з урахуванням бінарних сумішей, що входять до їх складу.

При наявності надійних експериментальних даних, що включають однофазні значення P-u-T-властивостей і теплоємності, можливо визначення функції a_{pq}^{excess} . Параметр F_{pq} використовується для узагальненого опису поведінки інших, аналогічних бінарних пар.

Фундаментальні рівняння стану вільної енергії Гельмгольца, представлені у вигляді рівнянь (7) і (8), дають можливість описувати всі термодинамічні властивості бінарних і потрійних сумішей. Вони дійсні для стану насичення також як і для однофазних властивостей, таким чином, послідовно описують всю термодинамічну поверхню для будь-якого складу. Співвідношення між термодинамічними властивостями і функцією Гельмгольца для сумішей, такі ж як і для чистих рідин, хоча і не повністю ідентичні.

Висновки

1. Перевага застосування в сукупності ідеально-газової та залишкової складових вільної енергії Гельмгольца полягає в можливості отримання похідних, необхідних для обчислення термодинамічних властивостей, в аналітичній формі.

2. Модель, в основі якої лежить рівняння вільної енергії Гельмгольца, має низку переваг. Застосування правил змішування для компонентів сумішей дозволяє використовувати високоточні РС, що описують властивості цих компонентів. Якщо в основу моделювання взято принцип відповідних станів, то представлена модель дозволяє використовувати наявні дані о рідинах як компонентів суміші. Суміш, змодельована таким чином, в основному вносить невеликий внесок в загальну енергію Гельмгольца для більшості сумішей холодоагентів.

3. Модель також дозволяє отримати точне уявлення про поведінку різних сумішей, за умови наявності достатніх експериментальних даних про чисті компоненти.

Список літератури

- [1] Захаров, Н.Д. (2008). *Многокомпонентные рабочие тела дроссельных микрокриогенных систем*. Одесса: Полиграф.
- [2] Lemmon, E.W., Huber, M.L., McLinden, M.O. (2009). *REFPROP - Reference fluid thermodynamic and transport properties, Seventeenth symp. on thermophys. prop.* Boulder, Colorado, USA.
- [3] Frenkel, M., Chirico, R.D., Diky, V.V. (Eds.). (2009). *NIST/TRC databases and software tools for chemistry and engineering, Seventeenth symp. on thermophys. prop.* Boulder, Colorado, USA.
- [4] Lemmon, E.W., Richard, T. J. (2004). *Equations of state for mixtures*. Boulder, NIST.

- [5] Yokozeki, A., Sato H., Watanabe K. (1998). Ideal-gas heat capacities and virial coefficients of HFC refrigerants. *Int. J. of Thermophysics*, 19 (1), 89-127.
- [6] Лапардин, Н.И., Геллер В.З., Волчок В.А. (2014). Свойства сервисных хладагентов R409A и R409B, Матеріали VII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Енергоефективні та ресурсозберігаючі технології та обладнання у харчовій промисловості та теплохладотехніці», Донецьк 2014. doi:<http://holod.htt.donnuet.dn.ua/index.php/kholodoteplotekhnika-ta-tekhnologichni-protsesi-z-jiji-vikoristannyam>.

Volchok V.

Modeling properties of refrigerant mixtures based on Helmholtz free energy

Annotation. A model approach to describing the properties of mixtures of refrigerants and the search for the optimal form of the equation of state based on the Helmholtz free energy are considered. The use of mixing rules allows the use of high-precision correlations.

Keywords: refrigerant, equation of state, Helmholtz energy.

Волчок В.А.

Моделирование свойств смесей хладагентов на основе свободной энергии Гельмгольца

Аннотация. Рассмотрен модельный подход к описанию свойств смесей хладагентов и поиск оптимальной формы уравнения состояния на основе свободной энергии Гельмгольца. Применение правил смешения позволяет использовать высокоточные корреляции.

Ключевые слова: хладагент, уравнение состояния, энергия Гельмгольца.

УДК 66.067.1.621.72

ПРОЕКТНЕ НАВАНТАЖЕННЯ ГРАДИРЕНЬ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ВІДПОВІДНО ДО ПОТОЧНИХ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ

Радченко А.М., к.т.н, доцент, Трушляков Є.І., к.т.н., професор, Портной Б.С., аспірант,

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, Миколаїв, Україна;

Фордуй С.Г., к.т.н, доцент,

PepsiCo, Inc., CTS ESSA, Київ, Україна;

Кантор С.А., к.т.н.,

ПАТ "Завод "Екватор", Миколаїв, Україна

nirad50@gmail.com

Анотація. Розглянуто двоступеневе охолодження повітря із застосуванням двоступінчастої тепловикористовуючої абсорбційно-ежекторної холодильної машини комбінованого типу, до складу якої входять абсорбційна бромистолітієва та хладонова ежекторна холодильні машини як ступені трансформації скидної теплоти в холод. За результатами моделювання роботи охолоджувального комплексу визначено раціональний розподіл проектних теплових навантажень на абсорбційний та ежекторний ступені тепловикористовуючої холодильної машини комбінованого типу, що забезпечує скорочення теплового навантаження на градирні. Показано, що завдяки такому підходу до визначення раціонального теплового навантаження на градирні системи оборотного охолодження, який полягає в урахуванні перерозподілу теплового навантаження між абсорбційним бромистолітієвим і хладоновим ежекторним ступенями охолодження з різною ефективністю трансформації скидної теплоти (різними тепловими коефіцієнтами) відповідно до поточних кліматичних умов експлуатації, можна звести до мінімуму кількість градирень відведення теплоти від холодильних машин з відповідним скороченням капітальних витрат на комплекс охолодження повітря в цілому.

Ключові слова: теплове навантаження, градирня, система оборотного охолодження, тепловикористовуюча холодильна машина, повітроохолоджувач.

Актуальність теми.

Сумісне виробництво енергії, тепла та холоду – перспективний напрям в сучасній енергетиці [1–2] з підвищенням температури зовнішнього повітря $t_{\text{сп}}$ на вході енергетичних установок, зокрема газотурбінних

Секція № 5. ХОЛОД НА ТРАНСПОРТІ, В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ

Трушляков Є.І., Радченко М.І., Портной Б.С., Зубарєв А.А., Кантор С.А. Раціональне теплове навантаження системи кондиціонування повітря за темпом прирощення річної холодопродуктивності.....	423
Титлов А.С., Цой А.П., Алимкешова А.Х., Джамашева Р.А. Разработка систем охлаждения на базе возобновляемых источников тепловой энергии.....	426
Андреев А.А., Андреева Н.Б. Повышение эффективности мод охлаждением наддувочного воздуха теплоиспользующей установкой	433
Талибли Р.Е., Хмельнюк М.Г. Вплив холодильної промисловості на довкілля.....	435
Безродний М.К., Притула Н.О., Опанасюк І. Ю. Теплонасосна система повітряного опалення та вентиляції з використанням відпрацьованого повітря.....	441
Безродний М.К., Майстренко О.О. Термодинамічний аналіз теплонасосно-адсорбційної схеми консервування енергетичного обладнання.....	444
Трушляков Є.І., Радченко А.М., Зубарєв А.А., Ткаченко В.С., Я. Зонмін, Фордуй С.Г. Визначення встановленої холодопродуктивності системи кондиціонування зовнішнього повітря за поточними тепловими навантаженнями.....	447
Бушманов В.М., Когут В.О., Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г. Моделирование процессов теплообмена в контактных аппаратах.....	452
Когут В.О., Бушманов В.М., Косой Б.В., Жихарева Н.В. Цикл обеспечивающий бесперебойную работу контактного теплообменника.....	453
Томчик О. М., Хмельнюк М. Г., Гоголь М. І. Засоби стабілізації температури продукту та зниження енергетичних витрат при роботі холодильного обладнання.....	455
Томчик О. М., Хмельнюк М. Г., Гоголь М. І. Охолодження ємності з акумулюючою здатністю для зберігання і транспортування продукту.....	458
Дорошенко А.В., Гончаренко А.С., Демьяненко Ю.И. Низкотемпературные водоохладители испарительного типа. Разработка и анализ их принципиальных возможностей.....	461
Дорошенко А.В., Халак В.Ф. Солнечные многофункциональные абсорбционные системы тепло-хладоснабжения и кондиционирования воздуха.....	465
Яковлев Ю.А., Яковлева О.Ю. Новий напрямок підвищення ефективності турбомашин.....	471
Яковлева О.Ю., Остапенко О.В., Хмельнюк М.Г., Яковлев Ю.О. Энергосберегающие проекты та їх реалізація в промисловому секторі.....	473
Волчок В.О. Моделирование властвостей сумішей холодогентів на основі вільної енергії Гельмгольца.....	477
Радченко А.М., Трушляков Є.І., Портной Б.С., Фордуй С.Г., Кантор С.А. Проектне навантаження градієнтів систем охолодження відповідно до поточних кліматичних умов.....	480
Трушляков Є.І., Радченко Н.И., Ткаченко В.С. Регулирование холодопроизводительности систем кондиционирования приточного воздуха.....	483
Трушляков Є.І., Радченко А.М., Ткаченко В.С., Кантор С.А. Удосконалення системи кондиціонування зовнішнього повітря комбінованого типу.....	488
Трушляков Є.І., Радченко А.М., Портной Б.С., Фордуй С.Г. Методи визначення теплового навантаження систем кондиціонування повітря з урахуванням поточних кліматичних умов.....	493
Радченко Р.М., Зубарєв А.А., Бойчук В.В., Остапенко О.В., Коновалов А.В., Фордуй С.Г., Цуцман В.В. Дослідження ефективності охолодження повітря тригенераційної газопоршневої установки.....	498
Трушляков Є.І., Радченко А.М., Ткаченко В.С., Портной Б.С., Фордуй С.Г., Кантор С.А. Ступеневий принцип розподілу теплового навантаження в системі кондиціонування повітря.....	504
Я. Зонмін, Радченко А.М., Портной Б.С. Порівняння ефективності охолодження повітря на вході ГТУ для різного клімату.....	509
Я. Зонмін, Радченко М.І., Портной Б.С. Порівняння ефективності охолодження повітря на вході ГТУ за помірного та тропічного клімату.....	513
Радченко А.М., Портной Б.С., Я. Зонмін Порівняння екологічної ефективності охолодження повітря на вході ГТУ в умовах помірного та субтропічного клімату.....	517
Радченко А.М., Портной Б.С., Я. Зонмін Метод визначення раціональної холодопродуктивності системи охолодження повітря на вході ГТУ за поточним тепловим навантаженням.....	521