



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
АСОЦІАЦІЯ ІНЖЕНЕРІВ ПО ВЕНТИЛЯЦІЇ, ОПАЛЕННЮ ТА  
КОНДИЦІОНУВАННЮ «АВОК України»  
СПІЛКА ХОЛОДИЛЬЩИКІВ УКРАЇНИ  
МІЖНАРОДНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ**

**XI Всеукраїнська науково-технічна конференція  
XI Всеукраинская научно-техническая конференция  
XI International scientific conference**

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

**21-22 вересня 2017 року**

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**



**ОДЕСА 2017**

УДК 621.565 (075.6)

**Сучасні проблеми холодильної техніки та технології** / Збірник тез доповідей XI Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2017. – 243 с.

У збірнику наведені матеріали XI 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 XI 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.

Рекомендовано до видання Вченою Радою Одеської національної академії харчових технологій протоколом №6 від 07.11.2017 р.

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

**Голова конференції** – *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:

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

Лагутін А.Є – академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор.

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

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

Симоненко Ю.М. – зав. кафедрою криогенної техніки ОНАХТ, 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.

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

Бондаренко В.Л. – д-р техн. наук, професор.

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

Семенюк В.О. – к.т.н., директор НВФ «Терміон».

#### **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Буданов В.О., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Стоянов П.Ф., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Ерін В.А., к.т.н. Гайдук С.В., к.т.н. Соколовская В.В., к.т.н. Подмазко І.О., к.т.н. Федоров О.Г.

## ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

### **1. 30 РОКІВ МОНРЕАЛЬСЬКОГО ПРОТОКОЛУ. СТРАТЕГІЇ В СФЕРІ ОБІГУ ОЗОНОРУЙНУЮЧИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ**

Возний В.Ф., к.т.н., президент ВГО «Спілка холодильщиків України»

### **2. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ І СПОЖИВАННІ РІДКІСНИХ ГАЗІВ**

Бондаренко В.Л., доктор техн. наук, професор, МДТУ ім. М. Е. Баумана, м. Москва;

Биканов О.М., «KLA–Tencor Corporation», Milpitas, California, USA;

Симоненко Ю.М., доктор техн. наук, професор, ОНАПТ, м. Одеса

Чигрин А.А., інженер-технолог, ООО «Кріоін Інжиніринг», м. Одеса;

e-mail: [ysim1@yandex.ua](mailto:ysim1@yandex.ua)

### **3. ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ, ТЕПЛА И ХОЛОДА: РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КАФЕДРЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И РЕФРИЖЕРАЦИИ НУК ИМ. АДМИРАЛА МАКАРОВА**

Радченко Н.И. доктор техн. наук, професор, Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев, [nirad50@gmail.com](mailto:nirad50@gmail.com)

### **4. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ**

Трушляков Е.И., к.т.н., доц., Радченко А.Н., к.т.н., доц., Грич А.В., к.т.н., ассистент

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев,

[nirad50@gmail.com](mailto:nirad50@gmail.com)

### **5. СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ. СОЛНЕЧНЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АБСОРБЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛО-ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА**

А.В. Дорошенко, доктор техн. наук, професор кафедры термодинамики и возобновляемой энергетики

### **6. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ВЫБОРЕ КОМПРЕССОРА. СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ВИНТОВОГО И ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРОВ**

В. Гринько Региональный представитель J&E Hall и GEA ВОСК/Генеральный директор ООО «Еврокул

**СЕКЦІЯ № 3. КОМПРЕСОРИ ТА ПНЕВМОАГРЕГАТИ  
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ. РОБОЧІ РЕЧОВИНИ**

стр.

79.	<b>МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ</b>	181
	С. А. Задорожний, С.Г. Потапов, А.В. Форсюк	
80.	<b>ВИЗНАЧЕННЯ СУМАРНОГО ТЕРМІЧНОГО ОПОРУ ТЕПЛОВІДДАЧІ БАГАТОШАРОВОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ СТІНКИ ПРИ НЕСТАЦІОНАРНИХ УМОВАХ</b>	183
	С.А. Задорожний, С.Г. Потапов, А.В. Форсюк	
81.	<b>ДИНАМІКА ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ГАЗІВ В МАЛОРУХОМОМУ ШАРІ ЗЕРНА</b>	184
	Гапонюк І. І.	
82.	<b>АНАЛІЗ ПРИРОДНИХ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ В ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИНАХ І КОМПРЕСОРАХ МАЛОЇ ХОЛОДОПРОДУКТИВНОСТІ</b>	186
	В.І. Мілованов, А.В. Зажий	
83.	<b>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЗОТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ</b>	188
	В.І. Мілованов, О.Л. Клебан	
84.	<b>ЗАСТОСУВАННЯ SCHUKER-ДВИГУНА ДЛЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ</b>	191
	Мілованова В.В	
85.	<b>ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ ВИНИКНЕННЯ ГІДРОУДАРІВ У ГІДРОСИСТЕМАХ</b>	193
	Скалозубов В.І., Чулкін О.А, Пірковський Д.С.	
86.	<b>ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБЛЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ</b>	194
	Іщук В.І., Козлов Я.М.	
87.	<b>СУЩЕСТВУЮЩІЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРШНЕВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ КОМПРЕССОРОВ</b>	195
	Яковлев Ю.А., Дяченко И. А., Чербаджи С. В.	
88.	<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИЛОВОЇ РЕГАЗИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ЗПГ</b>	197
	Ярошенко В.М. к.т.н., Бабамірадов Максат,	
89.	<b>УТИЛІЗАЦІЯ АВТОТРАКТОРНИХ ШИН НА ОСНОВІ ТУРБОХОЛОДИЛЬНОГО ЦИКЛУ</b>	199
	Ярошенко В.М., Кусік О.	
90.	<b>АНАЛІЗ ХОЛОДИЛЬНОГО ЦИКЛУ З РТО ПРОМІЖНОГО ТИСКУ</b>	201
	Ярошенко В.М., Переход О.,	
91.	<b>ВРАХУВАННЯ ГРАНИЧНИХ УМОВ ПРИ РОЗРАХУНКАХ ЗАПІЗНЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ХВИЛІ В ОГОРОДЖЕННІ</b>	203
	Миرونчук Ю. А	
92.	<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА НАКЛОНА СОПЛА ДВУХПОТОЧНОЙ ВИХРЕВОЙ ТУРБИНЫ С ВНЕШНИМ ПЕРИФЕРИЙНЫМ КАНАЛОМ НА ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ</b>	206
	Ванеев С.М., Д.В. Мирошниченко,	
93.	<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ПІД ДІЄЮ ВИСОКОГО ТИСКУ</b>	208
	Потапов В.О., Гриценко О.Ю	
94.	<b>ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО І НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ГЕМОЛІЗУ ЕРИТРОЦИТІВ КРОВІ</b>	210
	Євлаш В.В., Погожих М.І., Потапов В.О.	
95.	<b>ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВОК НАНОЧАСТИНОК ТІО<sub>2</sub> НА ВНУТРІШНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕСУ КИПІННЯ ХОЛОДОАГЕНТУ R141В</b>	213
	Хліва О.Я., Гордейчук Т.В., Семенюк Ю.В.	
96.	<b>ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОКАЛЬНИХ КОЕФІЦІЕНТІВ ТЕПЛОВІДДАЧІ ПРИ КИПІННІ РОБОЧИХ ТІЛ R600А/КОМПРЕСОРНЕ МАСТИЛО ТА R600А/КОМПРЕСОРНЕ МАСТИЛО /ФУЛЕРЕНИ C<sub>60</sub> У ТРУБІ</b>	216
	Мороз С.О., Хліва О.Я., Железний В.П.	
97.	<b>МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕПЛОЄМНОСТІ НАНОФЛОЇДІВ</b>	219
	Железний В.П., Мотовий І.В.	
98.	<b>ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВОК НАНОЧАСТИНОК ТІО<sub>2</sub> НА В'ЯЗКІСТЬ І ПОВЕРХНЕВИЙ НАТЯГ ХОЛОДОАГЕНТУ R141В</b>	222
	Гордейчук Т.В., Лук'янов М.М., Семенюк Ю.В.	

## ВРАХУВАННЯ ГРАНИЧНИХ УМОВ ПРИ РОЗРАХУНКАХ ЗАПІЗНЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ХВИЛІ В ОГОРОДЖЕННІ

Мирончук Ю. А., Житомирський військовий інститут ім. С. П. Корольова, Mironchuk\_YA@i.ua

Раціональний вибір теплової інерції огорожень є одним із вирішальних факторів для зниження енергозатрат на підтримання параметрів мікроклімату всередині приміщень [1]. При проектуванні огорожень холодильних камер важливо назначити таку їх теплову інерцію, щоб добовий мінімум температурної хвилі на внутрішній поверхні співпадав у часі з добовим максимумом температури атмосферного повітря.

Розробка теорії теплостійкості огорожень в цілому була завершена А. М. Шкловером [2]. Аспекти її практичного застосування були розвинуті В. М. Богословським [3]. Для можливості аналітичного розв'язку диференційних рівнянь у їх роботах застосовано спрощений опис граничних умов, при якому температура оточуючого середовища розглядається як сума температури повітря та надлишкової різниці температур від сонячної радіації, які протягом доби коливаються по гармонічному закону з однаковими фазами. Затухання і запізнення температурної хвилі розраховується відповідно як відношення амплітуд та різниці фаз коливань температури атмосферного повітря і температури внутрішньої поверхні огороження і описується комплексним виразом

$$\dot{\beta} = e^{\sum R_s \sqrt{i}} \times \frac{s_1 \sqrt{i} + \alpha_a}{s_1 \sqrt{i} + \dot{Y}_1} \times \frac{s_2 \sqrt{i} + \dot{Y}_1}{s_2 \sqrt{i} + \dot{Y}_2} \times \dots \times \frac{s_n \sqrt{i} + \dot{Y}_{n-1}}{s_n \sqrt{i} + \dot{Y}_n} \times \frac{\dot{Y}_n + \alpha_i}{\alpha_i} \quad (1)$$

Врахування особливостей променевого теплообміну різно-орієнтованих зовнішніх поверхонь з різними селективними властивостями у (1) відсутнє. Так, не враховується неспівпадіння фаз температури атмосферного повітря і сонячного опромінення для різно орієнтованих сторін огороження, неоднаковість ступеню чорноти зовнішньої поверхні у спектрах сонячного та інфрачервоного випромінення, залежність інтенсивності променевого теплообміну від температури поверхні огороження. Тому є необхідність визначити межі допустимості застосування аналітичних рішень при проектуванні огорожень. Для цього проведене порівняння аналітичних розв'язків з числовими, у яких моделювався реальний характер граничних умов на зовнішній поверхні [4].

У комплексному виразі (1) останній множник описує затухання і запізнення температурної хвилі при її переході від оточуючого середовища до зовнішньої поверхні. Відкиданням цього множника отримується рівняння (2), яке описує затухання і запізнення температурної хвилі при її переході від зовнішньої до внутрішньої поверхні огороження.

$$\dot{\beta} = e^{\sum R_s \sqrt{i}} \times \frac{s_1 \sqrt{i} + \alpha_a}{s_1 \sqrt{i} + \dot{Y}_1} \times \frac{s_1 \sqrt{i} + \dot{Y}_1}{s_2 \sqrt{i} + \dot{Y}_2} \times \dots \times \frac{s_n \sqrt{i} + \dot{Y}_{n-1}}{s_n \sqrt{i} + \dot{Y}_n} \quad (2)$$

Комплексне рівняння (2) еквівалентне двом рівнянням у дійсних числах (3, 4) одне з яких описує затухання амплітуди, а друге – запізнення фази температурної хвилі.

$$\gamma = 0,5^n \cdot e^{\left( \frac{\sum (R_i s_i)}{\sqrt{2}} \right)} \times \sqrt{1 + \frac{\alpha_a \sqrt{2}}{s_1} + \frac{\alpha_a^2}{s_1^2}} \times \left( 1 + \frac{s_1}{s_2} \right) \dots \left( 1 + \frac{s_{n-1}}{s_n} \right) \quad (3)$$

$$\varphi = \frac{\sum (R_i s_i)}{\sqrt{2}} - \arctg \frac{1}{1 + s_1 \sqrt{2} / \alpha_a} \quad (4)$$

При використанні (3, 4) відпадає проблема неоднозначності визначення «температура оточуючого середовища» у (1) і з'являється можливість співставлення величин затухання і запізнення температурної хвилі розрахованих аналітично з результатами числового моделювання.

Порівняльні розрахунки проведені для варіантів конструкції огороження, приведених у табл. 1. Розглядалися одношарова і двошарова конструкції огороження, які складаються із пінопласту полістирольного і бетону.

Таблиця 1

**Варіанти конструкцій огорожень  
для порівнювальних розрахунків**

Варі- ант	Термічний опір, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	Товщина шару, м		Теплова інерція стінки
		піно- пласту	бетон у	
1	3	0,143	0	1,264
2	4	0,193	0	1,706
3	5	0,243	0	2,147
4	5	0,240	0,1	3,072
5	5	0,237	0,2	3,966
6	5	0,234	0,3	4,921
7	5	0,231	0,4	5,845

Якщо селективні властивості зовнішньої поверхні відповідають абсолютно білому тілу, то така поверхня не приймає участі у променевому теплообміні. Добова динаміка теплового потоку через огороження повністю визначається динамікою температури атмосферного повітря. Оскільки добові коливання температури атмосферного повітря близькі до гармонічних, то результати числового моделювання і аналітичних розрахунків по (2, 3, 4) близькі між собою. Опис процесів затухання і запізнення комплексним рівнянням (2) більш точний, ніж спрощеними рівняннями у дійсних числах (3, 4).

При високій поглинальній здатності зовнішньої поверхні запізнення максимуму температурної хвилі, знайдені числовим моделюванням і по (2) для покриття і східноорієнтованої стіни добре співпадають. Для західної стіни розбіжність розрахунків зі збільшенням теплової інерції сягає до 20% - рис. 1. Запізнення добових мінімумів для різно орієнтованих поверхонь із-за негармонічності добових коливань теплопритоку від сонячної радіації далекі від розрахункових по (2) – рис. 1.

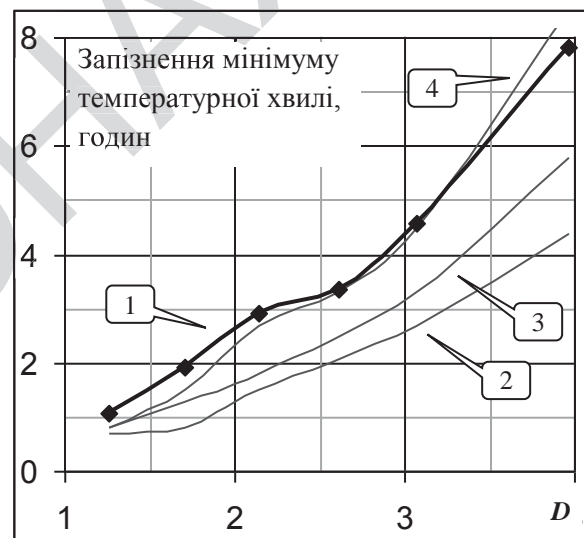
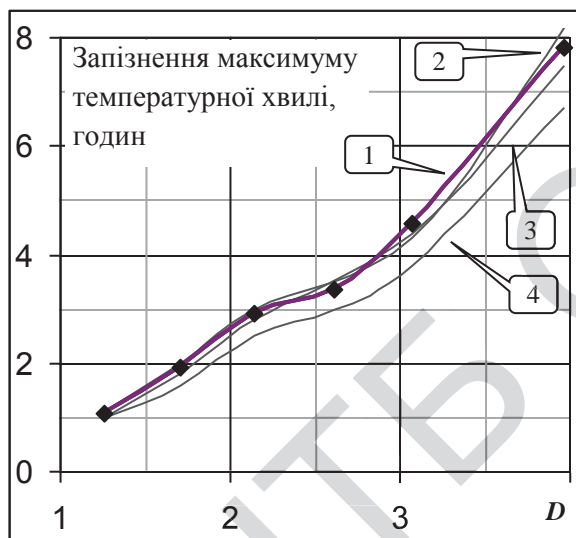


Рис.1. Порівняння результатів аналітичного і числового визначення запізнення температурної хвилі для різно орієнтованих поверхонь з високою поглинальною здатністю: 1 – по (2); 2 – числово для східної стіни; 3 – числово для покриття; 4 – числово для західної стіни.

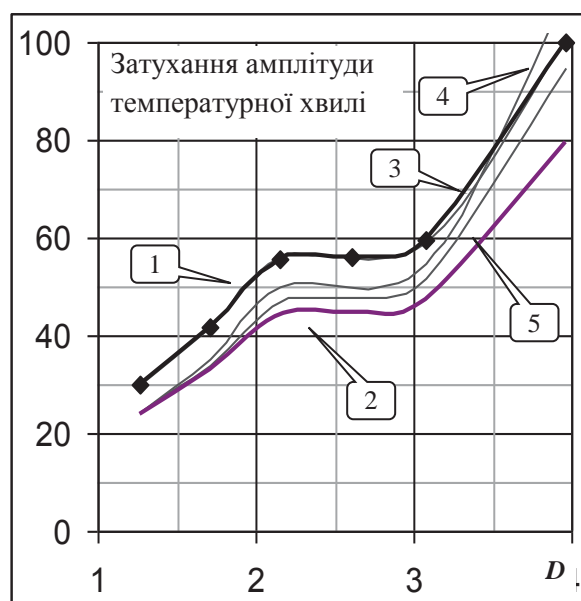


Рис. 2. Порівняння результатів аналітичного і числового розрахунків затування амплітуди температурної хвилі для різно орієнтованих поверхонь з високою поглинальною здатністю  
 1 – по (2) при  $\alpha_{\text{кам}}=10 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ ;  
 2 – по (2) при  $\alpha_{\text{кам}}=8 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ ;  
 3 – чисельно для покриття;  
 4 – чисельно для східної стіни;  
 5 – чисельно для західної стіни.

Для затування температурної хвилі розбіжність результатів аналітичних і числових розрахунків незначна - рис. 2.

В цілому, в тих випадках, коли при числовому моделювання характер граничних умов задається близьким до прийнятого для отримання (1), результати числового і аналітичного розв'язків близькі між собою, що свідчить про добру апроксимаційність розробленого і застосованого числового методу. При зростанні відмінностей у характерах граничних умов зростає розбіжність аналітичного і числового розв'язків. Особливо велика розбіжність між результатами розрахунку запізнення температурної хвилі. Причина цієї розбіжності – неналежне врахування особливостей граничних умов зі сторони оточуючого середовища у аналітичних методах розв'язку.

Оскільки теплова інерція огороження повинна назначатись виходячи саме із необхідного часу запізнення температурної хвилі, то проектні розрахунки огорожень повинні виконуватись числовими методами.

1. Jose A. Orosa. A field study on building inertia and its effects on indoor thermal environment / Jose A. Orosa, Armando C. Oliveira //Renewable Energy. Volume 37, Issue 1, January 2012, Pages 89-96. [Електронний ресурс] Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148111003016>
2. Шкловер А. М. Теплопередача при периодических тепловых воздействиях / Шкловер А. М. - М. : Госэнергоиздат, 1961. – 160 с.
3. Богословский В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) : учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / Богословский В. Н. – М. : Высш. школа, 1982. – 415 с.
4. Мирончук Ю. А. Аппроксимация сложных нелинейных граничных условий при конечно-разностном моделировании процессов теплообмена в теплоизоляции холодильных камер / Ю. А. Мирончук // Холодильная техника и технология. – 2002. - № 4 (78). – С. 17-22.