



**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

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

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

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 GEА ВОСК/Генеральный директор ООО «Еврокул

СЕКЦІЯ № 2. ХОЛОДИЛЬНІ ТА КРІОГЕННІ МАШИНИ. ТЕПЛОВІ НАСОСИ		стр.
60.	АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЦИКЛІВ ТЕРМОКОМПРЕСІЙНИХ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ Арсеньев В.М., Мелейчук С.С., Проценко М.І.	142
61.	СИСТЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ГЕНЕРАТОРА МІКРОХВИЛЬОВОЇ ЕНЕРГІЇ Георгієш К.В.	144
62.	ОЦІНКА ОБСЯГІВ ПОТУЖНОСТІ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В УКРАЇНІ Басок Б.І., Дубовський С.В.	146
63.	ДО ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ ПРИ КИПІННІ ВОДИ НА ПОРИСТИХ МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХНЯХ Шаповал А.А., Стрельцова Ю.В., Шаповал І.О.	149
64.	ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ Басок Б.І., Кравченко В.П., Веремійчук Ю.А.	152
65.	ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ ТЕПЛОИСПОЛЬЗУЮЩИХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН В СИСТЕМЕ ТРИГЕНЕРАЦИИ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ Л.И. Морозюк, С.В. Гайдук, Б.Г. Грудка	153
66.	ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА РАБОТУ ВОЗДУШНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ КОМЕРЧЕСКИХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК Л. И Морозюк, В. В. Соколовская, А. В. Мошкатюк	155
67.	ЕФЕКТИВНІСТЬ ПАРОКОМПРЕСІЙНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ НА ОСНОВІ ЕНЕРГІЇ ХОЛОДНОЇ ВОДИ І ВЕНТИЛЯЦІЙНОГО ПОВІТРЯ Петраш В.Д., Полунін Ю.М., Висоцька М.В.	157
68.	EXTENDING MAISOSENKO CYCLE APPLICATIONS THROUGH A NEW MATERIAL Levchenko D.A., Yurko I.V.	160
69.	ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В СУДНОВИХ СИСТЕМАХ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ Ярошенко В.М., Подмазко О.С.	162
70.	RADIATIVE COOLING METHOD IN THE AIR CONDITIONING SYSTEM Tsoy A.P.; Tsoy D.A.	165
71.	ТРАНСКРИТИЧНІ ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ У СИСТЕМАХ ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ ТОРГОВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ Петренко О.В., Семенюк Д.П.	167
72.	АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ЗАСТОСУВАННЯ НА СУДАХ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГРЕГАТІВ Редунов Г.М., Гожелов Д.П., Тимофеев І.В.	170
СЕКЦІЯ № 3. КОМПРЕСОРИ ТА ПНЕВМОАГРЕГАТИ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ. РОБОЧІ РЕЧОВИНИ		стр.
73.	ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ НА ВХОДЕ В РОТОР СТРУЙНО-РЕАКТИВНОЙ ТУРБИНЫ НА КОЭФФИЦИЕНТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЛНОГО ДАВЛЕНИЯ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ Ванеев С.М., Т.С. Родимченко	172
74.	ОЦЕНКА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ Петренко М.А.	175
75.	ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ МАЛОГО ХОЛОДИЛЬНОГО КОМПРЕСОРА, ПРАЦЮЮЧОГО З ДОМІШКАМИ НАНОЧАСТОК TiO2 ДО МАСТИЛА Балашов Д.О., Мілованов В.І.	177
76.	УЧБОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ХОЛОДИЛЬНОГО АГРЕГАТУ ПРИ РІЗНИХ СПОСОБАХ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ОХОЛОДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ Водяницька Н.І., Мельников В.Д.	178
77.	АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕКИСЛОТЫ В ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ Водяницкая Н.И., Паскаль А.А.	179
78.	ВПЛИВ ГЕОМЕТРІЇ КАМЕРИ ЗМІШУВАННЯ РІДИННО ПАРОВОГО СТРУМЕНЕВОГО КОМПРЕСОРА НА ВЕЛИЧИНУ ТИСКУ ВСМОКТУВАННЯ ПАСИВНОГО ПОТОКУ Арсеньев В.М., Прокопов М.Г., Чех О.Ю.	180

УДК 532.528: 536.423

ДО ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ ПРИ КИПІННІ ВОДИ НА ПОРИСТИХ МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХНЯХ

Шаповал А.А.^{1,2}, к.т.н., доцент, Стрельцова Ю.В.¹, дисертант, Шаповал І.О.¹, магістрант

1 – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

2 – Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України

Процеси двофазного теплообміну при кипінні води на металевих поверхнях з пористими металевими покриттями і структурами інтенсивно досліджуються [1,2]. Крім теплових труб (ТТ) і термосифонів (ТС), в яких використовують металеві капілярно-пористі структури (МКПС) і покриття, КПС можуть успішно застосовуватися у промислових апаратах та пристроях, функціонуючих в умовах кипіння. Різниця між пористими покриттями і структурами – умовна; відмінності між ними запропоновано, зокрема, автором [3].

Проблеми моделювання процесів пароутворення при кипінні рідин на поверхнях з КПС обумовлені низкою чинників і фактів, а саме: 1) МКПС з певними фізичними параметрами і характеристиками здатні суттєво (на порядок) підвищувати значення коефіцієнтів тепловіддачі α у зонах тепловідведення та у зонах тепловідведення багатьох пристроїв; 2) використання МКПС є перспективним, зокрема, у сучасних ефективних теплообмінних та теплопередавальних пристроях (ТТ і ТС). У наших працях запропоновано модель пароутворення при кипінні води на пористих поверхнях [4]. В основу моделі покладено трактування особливостей пароутворення в елементарній парогенерувальній порі (елементові пористого покриття), запропоноване Г.Ф.Смирновим [5]. Фізична інтерпретація процесу пароутворення автора [4], представлена на рис. 1,2, полягає у наступному: 1) реальна КС (рис. 1, а) замінюється на ідеалізовану. Така КПС складається з ряду постійно діючих пор правильної циліндричної форми, які генерують пару, а також порового простору, який повністю заповнено рідиною-теплоносієм (рис. 1, б); 2) діаметр «активних» пор є максимальним на початку закипання; при цьому відношення ε – сумарної площі перерізу пор, що генерують пару, до усїєї площі поверхні нагріву змінюється від 0 до Θ (значення пористості КС); 3) теплота від поверхні відводиться за рахунок: а) ефективної теплопровідності КС і конвекції рідини (q'_1); б) мікрооребрення поверхні нагріву – крізь мікроплівку на стінках парогенерувальних пор (q''_1); в) за рахунок випаровування мікрочару рідини в основі парогенерувальних пор (q_2) (рис. 1, б). Для розрахунків за моделлю необхідним є визначення наступних даних: 1) термічних опорів відведення теплоти R'_1, R''_1, R_2 ; 2) величини ε ; 3) температурного напору початку кипіння води ΔT^* .

Ключовим етапом є визначення температурного напору між гріючою стінкою і теплоносієм – ΔT при відомих значеннях вказаних вище характеристик процесу і густини теплового потоку q . Початкова формула для розрахунків густини теплового потоку на пористих поверхнях з волокнистими КПС, згідно з моделлю, мала наступний вигляд [4]:

$$q = q'_1 + q''_1 + q_2 = \frac{\Delta T}{R'_1} \cdot (1 - \varepsilon) + \frac{\Delta T - \Delta T^*}{R''_1} \cdot (1 - \varepsilon) + \frac{\Delta T - \Delta T^*}{R_2} \varepsilon \quad (1)$$

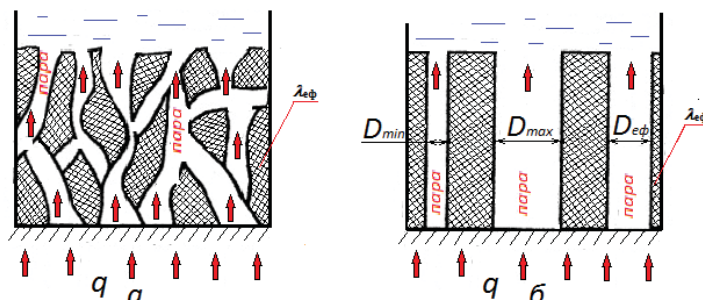


Рис. 1. Схема процесу кипіння на поверхнях з пористими структурами при вільному русі рідини: а – у реальних умовах; б – в ідеалізованих умовах, згідно з моделлю

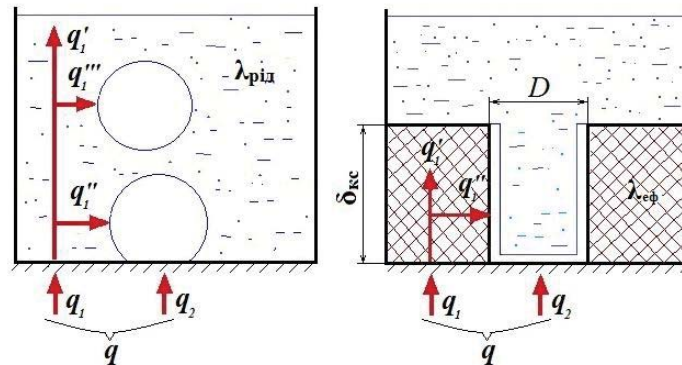


Рис. 2. Схема теплообміну при кипінні рідини в умовах вільного руху: а – на гладкій технічній поверхні згідно з відомими уявленнями; б – на поверхні із пористою структурою згідно з моделлю

При аналізі моделей процесів кипіння на пористих поверхнях і результатів ряду експериментальних даних було зроблено висновок про значний вплив другої складової теплового потоку на інтенсивність теплообміну при кипінні на пористих поверхнях, що мають певний розподіл пор за розмірами. Пояснення наступне: у початковій моделі [4] пориста структура розглядається як сукупність елементарних комірок з «гладкими» стінками (рис. 2, б). Однак, у дійсності, пору («одиницю») КПС є доцільним представити у вигляді сукупності металевих волокон, з яких складаються «стінки» такої елементарної пори-комірки. Стінки відокремлені одна від одної за допомогою пор, що мають певну звивистість (рис. 3). Мікрозападинки, що утворюються у результаті перетину волокон стінок, є додатковими центрами пароутворення. Тепловий потік, що йде через стінки парогенеруючих пор, зі зростанням теплового потоку q збільшується (у певних межах) в геометричній прогресії.

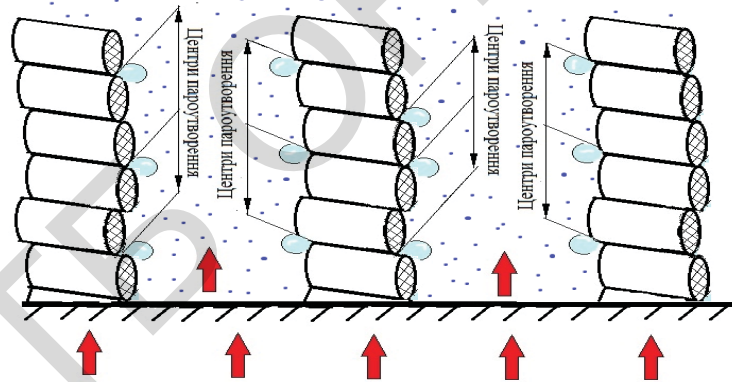


Рис. 3. Схема дії елементарних "комірок", які є структурними одиницями МПКС-покриттів

На основі аналізу отриманих авторами експериментальних даних значення складової q'' у "модернізованій" фізичній моделі збільшено (порівняно з попередньою моделлю [4]) шляхом піднесення значення величини q'' до квадрату:

$$q = q_1' + (q_1'')^2 + q_2 = \frac{\Delta T}{R_1'} \cdot (1 - \varepsilon) + \left(\frac{\Delta T - \Delta T^*}{R_1''} \cdot (1 - \varepsilon) \right)^2 + \frac{\Delta T - \Delta T^*}{R_2} \varepsilon. \quad (2)$$

На рис. 4 представлено експериментальні дані щодо коефіцієнтів тепловіддачі α , отриманих авторами, та результати розрахунків коефіцієнтів α , з використанням уточненої моделі. Точками відображено експериментальні значення коефіцієнтів тепловіддачі α , отримані при зміні значень густини підведеного теплового потоку q [Вт/м²]. Уточнення моделі кипіння дозволило значно наблизити змодельовані величини коефіцієнтів α до значень, отриманих в експериментах.

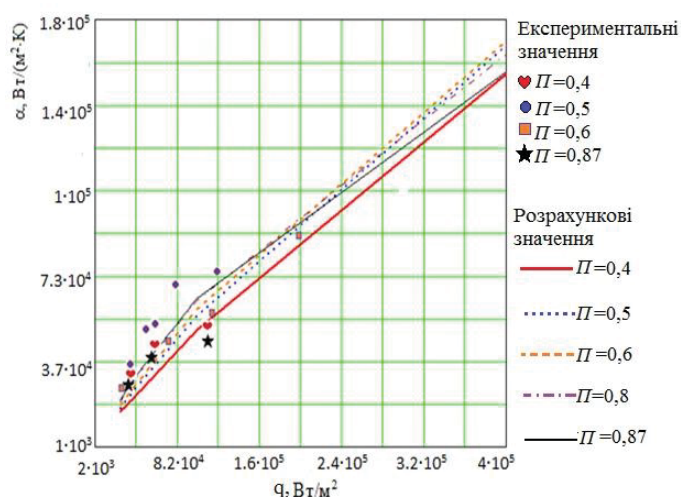


Рис. 4. Результати розрахунків коефіцієнтів α при кипінні води на поверхнях з МКПС за формулою (2), згідно з модернізованою моделлю кипіння, та порівняння їх з експериментальними даними

Аналіз отриманих експериментальних даних свідчить про наступне: 1) мідні волокнисті структури середньої пористості (40-50 %) у діапазоні товщин КС від 0,5 до 1,0 мм дозволяють забезпечити найвищі значення коефіцієнтів тепловіддачі α , які є на порядок вищими порівняно з умовами кипіння на гладких технічних поверхнях; 2) запропонована напівемпірична модель кипіння на поверхнях з металевими пористими структурами задовільно підтверджується проведеними експериментами.

Література

1. Смирнов Г.Ф. Теплообмен при парообразовании в капиллярах и капиллярно-пористых структурах / Г.Ф.Смирнов, А.Д.Цой // – М.: Издательство МЭИ, 1999. – 440 с.
2. Долинский А.А. Тепломассообмен и гидродинамика в парожидкостных дисперсных средах / А.А.Долинский, Г.К.Иваницкий // – Киев: Наукова думка, 2008. – 382 с.
3. Косторнов А.Г. Проницаемые металлические волокновые материалы / А.Г.Косторнов // Киев: Техніка, 1983. – 128 с.
4. Шаповал А.А. К моделированию процессов теплообмена при кипении на поверхностях с неупорядоченными пористыми структурами / А.А.Шаповал // – Минск: Тепломасобмен ММФ - 2000. Труды IV Минского межд. форума по тепломассообмену. Т.5 Тепломассообмен в двухфазных системах, 2000. – с. 198-204.
5. Смирнов Г.Ф. Приближённая теория теплообмена при кипении на поверхностях, покрытых капиллярно-пористыми структурами / Г.Ф.Смирнов // – Теплоэнергетика, 1977, № 9, с. 77-80.