

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



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

**ЗА МАТЕРІАЛАМИ
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ**

МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ

**«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ
ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ»**

27-28 листопада 2020 року



Одеса - 2020

УДК 621.56/59(03)

ББК 31.3

К-14

**Збірник докладів підготовлений під редакцією
доктора технічних наук, професора Хмельнюка М.Г Науковий секретар - к.т.н.доц.
Жихарєва Н.В.**

За достовірність інформації відповідає автор публікації

Збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської науковотехнічної онлайн-конференції молодих учених та студентів «**Сучасні проблеми холодильної техніки і технології**» 27-28 листопада 2020 року. – Одеса : ТЕС., 2020. – 175 с.

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень студентів, магістрів та аспірантів різних університетів і академій України.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: холодильні машини і установки; теплообмінні апарати і процеси тепло масообміну; робочі речовини холодильних машин; системи кондиціонування повітря; Компресори та пневмоагрегати; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки;холодильна технології; кріогенна техніка; інформаційні технології в холодильній техніці

©Одеська національна академія харчових технологій,2020

© Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В. С. Мартиновського

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

Голова - Єгоров Б.В. - ректор Одеської національної академії харчових технологій, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, д-р техн. наук, професор

Поварова Н.М. – к.т.н., доцент, проректор з наукової роботи Одеської національної академії харчових технологій;

Косой Б.В. – д.т.н., професор, директор навчально-наукового Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики Одеської національної академії харчових технологій;

Хмельнюк М.Г. - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, 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 В.О. - 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;

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

Організаційний комітет:

Голова – д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.;

Науковий секретар - к.т.н.доц. Жихарева Н.В.

Члени оргкомітету - к.т.н. доц. Зімін О.В., к.т.н.доц. Когут В.О., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н.доц. Желіба Ю.О., к.т.н. Трандафілов В.В., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н.доц. Подмазко О.С.

Тематичні напрями:

- холодильні машини і установки
- теплообмінні апарати і процеси тепломасообміну
- робочі речовини холодильних машин
- системи кондиціонування повітря
- компресори та пневмоагрегати
- енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки
- холодильна технологія
- кріогенна техніка
- інформаційні технології в холодильній техніці

дослідження вказують на те, що якісно спроектована система вентиляції є запорукою успіху одужання хворих.

Шумовий обмежувач повинен бути встановлений на рівні 35 дБА. Поява великої кількості шуму неприпустимо в розглянутому випадку. Сильний шум може призвести до дискомфорту під час перебування в лікарні.

На закінчення звернемо увагу на пожежну безпеку. Будівля має відповідати встановленим нормам. У більшості випадків поширення вогню проходить через повітроводи. Середя, насичена киснем, яка пов'язує відразу кілька приміщень, визначає швидке поширення вогню. Певні рекомендації стосуються ізоляції системи повітроводів. Жаростійкі речовини представлені, наприклад, фольгою, мінеральною ватою.

Висновки: концентрація дрібних крапель у повітрі, що можуть містити віруси повинна відфільтровуватися системою вентиляції. В якості запобіжників на період ризику пандемії, корисними можуть бути наступні заходи: збільшення швидкості вентиляції та відсотку зовнішнього повітря в системі; подовження часу роботи вентиляційної системи; забезпечення правильності установки та обслуговування вентиляційної системи у повній відповідності до інструкцій виробника; забезпечення підтримки відносної вологості в приміщенні вище 50% .

Інформаційні джерела:

1. Стаття «Aerosol clearance times to better communicate safety after aerosol generating.» 2020 р, доктор Y.M.Cook , W/Herrop-Griffiths , журнал «Anesthesia» .
2. ДБН України 2003 р.
4. Університет Johns Hopkins University: <https://coronavirus.jhu.edu/>
5. Федерація Європейських опалювальних, вентиляційних систем та систем кондиціонування повітря REHVA: <https://www.rehva.eu/activities/covid-19-guidance>
6. Американська асоціація опалювальних, охолоджувальних систем та систем кондиціонування ASHRAE: <https://www.ashrae.org/technical-resources/resources>

Науковий керівник Беркань І.В. – заступник директора з НВП ВСП ОТФК ОНАХТ,

УДК 621.57:004.94

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПУ ЛЕ ШАТЕЛЬЄ-БРАУНА ПІД ЧАС МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООБМІНУ В УСТАНОВКАХ АКУМУЛЮВАННЯ ХОЛОДУ

Р.В.Грищенко, асистент, С.М., Василенко завідувач кафедри ТЕХТ, Національний університет харчових технологій, м.Київ

Моделі турбулентності, що використовуються в сучасних комерційних CFD-кодах, виражають вихорову дифузію скалярного поля температури шляхом завдання турбулентного числа Прандтля та відрізняються між собою значеннями модельних коефіцієнтів і турбулентного числа Прандтля. Модельні коефіцієнти визначають

інтенсивність вихорового перенесення механічної енергії (кількості руху), тобто, згідно гіпотези Буссінеска, значення коефіцієнта турбулентного перенесення μ_T . Ці коефіцієнти, прийняті в CFD-кодах «за замовчуванням», дозволяють отримати достатньо вірогідні результати з моделювання гідродинаміки для різних видів течій [1]. В той же час, інтенсивність турбулентного перенесення внутрішньої енергії в рівняннях RANS визначається згідно метода аналогії виключно значеннями турбулентного числа Прандтля Pr_t . Тому валідація моделей турбулентного теплообміну шляхом корекції модельних коефіцієнтів, очевидно, не має фізичного сенсу. Відповідно, пропонується валідувати розроблену чисельні моделі турбулентності відносно Pr_t .

Вихорова дифузія імпульсу на сьогодні достатньо вивчена, тому припущення про Pr_t еквівалентно припущенню про інтенсивність турбулентного теплообміну. Відповідне задання турбулентного числа Прандтля Pr_t в числі вихідних даних для більшості стандартних граничних умов, які використовуються при моделюванні типу RANS, має велике значення для точності прогнозів. Хоча однорідність цього параметра, близька до постійної величини ($Pr_t = Pr_{t\infty} \approx \text{Const}$), була доведена для області об'ємного потоку, віддаленої від нагрітої/охолодженої стінки численними експериментальними і аналітичними дослідженнями, його пристінна поведінка досі невідома. В той же час, аналіз сучасного стану досліджень турбулентного теплоперенесення, наведений в розділі 1, засвідчив, що значення Pr_t залежать від характерних особливостей течії: режиму течії, степені турбулізації, геометричних характеристик потоку та фізичних характеристик тощо.

Виходячи з наявних в науково-технічній літературі даних про поле температури, номінальне значення турбулентного числа Прандтля в області розвиненої турбулентності становить 0,85 і є приблизно постійним, якщо не зменшується з відстанню від твердої поверхні. У зовнішній частині граничного шару Pr_T прагне до значень від 0,5 до 0,7. У пристінковій області $y^+ < 30$ дані вказують на значне збільшення Pr_T до значень порядку 2,0 [2]. (Для рідин, таких як повітря, у яких $Pr < 1,0$, точні значення турбулентного числа Прандтля в пристінковому шарі можуть видатися неактуальними, оскільки молекулярний теплообмін стає там домінуючим). Однак Kauss [3] зазначає, що в будь-якому випадку єдиний спосіб домогтися адекватного формулювання поля температури полягає в завданні більш високих значень Pr_T в області $y^+ < 30$.

Проаналізовано можливість застосування *принципу рухомої термодинамічної рівноваги* (так званого «*принципу Ле Шательє-Брауна*») для моделювання турбулентного аналога числа Прандтля. Цінність цього принципу в тому, що він не вимагає знань про структуру та динаміку системи та діє по відношенню до довільних змінних характеристик, навіть доки що невідомих. Оскільки пригнічення турбулентності твердою поверхнею можна розглядати як загасання турбулентності, тобто втрату рівноваги, відповідно, перспективним є застосування *принципу Ле Шательє-Брауна* для аналізу співвідношення інтенсивностей турбулентного перенесення імпульсу та внутрішньої енергії поблизу твердої поверхні.

Математичний вираз принципу Ле Шательє-Брауна запишемо у вигляді рівняння затухання (рівняння релаксації) по нормальній до твердої поверхні координаті

$$\frac{dk}{d(y/\delta)} = -Ck$$

Інтегруючи рівняння затухання при відповідній граничній умові, отримаємо вираз розподілу Pr_t в потоці рідини

$$Pr_t = Pr_{t\delta} + (Pr_{tct} - Pr_{t\delta}) \exp\left(-C \frac{y}{\delta}\right), \quad C = C_1 Ra_M^{C_2}.$$

Порівнюючи результати чисельного моделювання з використанням коду ANSYS CFX 15.0 з результатами проведеного на кафедрі теплоенергетики та холодильної техніки НУХТ експериментального дослідження танення льоду (порівнювались середні значення теплового потоку на поверхні льоду), отримали значення коефіцієнтів в рівнянні для Pr_t , що забезпечують адекватність результатів моделювання та результатів експерименту $C_1 = 3,5 \cdot 10^{-2}$; $C_2 = 0,25$.

Тоді, результуючий вираз для визначення турбулентного числа Прандтля набуде вигляду

$$Pr_t = Pr_{t\delta} + (Pr_{tct} - Pr_{t\delta}) \cdot \exp[-3,5 \cdot 10^{-2} Ra_M^{0,25} (y/\delta)].$$

Висновок. Із застосуванням принципу Ле Шательє-Брауна розроблена модель зміни турбулентного аналога числа Прандтля в зоні затухання турбулентності поблизу твердої поверхні умов змішаної конвекції води поблизу точки інверсії в обмеженому просторі.

Інформаційні джерела

1. Багаев Д.В., Сыралева М.Н. Численное моделирование свободно-конвективного течения около вертикальной поверхности нагрева. Труды Крыловского государственного научного центра. 2018; 2(384): 93–98.
2. Dennis A. Yoder. Comparison of Turbulent Thermal Diffusivity and Scalar Variance Models. American Institute of Aeronautics and Astronautics. 2020. – 22 p.
3. Kays, W. M., “Turbulent Prandtl Number – Where Are We?” Transactions of the ASME, Journal of Heat Transfer, Vol. 116, May 1994, pp. 284–295

УДК 621.57:004.94

ВЕРИФІКАЦІЯ ANSYS CFX-КОДУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООБМІНУ ПІД ЧАС ТАНЕННЯ ЛЬОДУ В ЗАМКНЕНІЙ ПОРОЖНИНІ

*Грищенко Р.В., асистент, Форсюк А.В., професор кафедри ТЕХТ,
Національний університет харчових технологій, м.Київ*

Важливість верифікації моделей для задачі танення льоду в замкненій порожнині визначається, в першу чергу, тим, що в рідині під час змішаної конвекції в обмеженому просторі, як правило, реалізується перехідний від ламінарного до турбулентного режим течії з низькими інтенсивностями зсуву. В дійсності, при обтіканні верти-

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПУ ЛЕ ШАТЕЛЬЄ-БРАУНА ПІД ЧАС МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООБМІНУ В УСТАНОВКАХ АКУМУЛЮВАННЯ ХОЛОДУ

Р.В.Грищенко, асистент, С.М.Василенко, завідувач кафедри ТЕХТ, Національний університет харчових технологій, м.Київ.....78

ВЕРИФІКАЦІЯ ANSYS CFX-КОДУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООБМІНУ ПІД ЧАС ТАНЕННЯ ЛЬОДУ В ЗАМКНЕНІЙ ПОРОЖНИНІ

Грищенко Р.В., асистент, Форсюк А.В., професор кафедри ТЕХТ, Національний університет харчових технологій, м.Київ.....80

МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ КАМЕРИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДІВ З РЕТРОФІТУ.

Дудко А.Н.,аспірант, Ершов В.О., аспірант, Козут В.О., к.т.н., доцент, Жихарева Н.В., к.т.н., доцент., ОНАХТ Одеса..... 83.

MATHEMATICAL ASPECTS OF SYSTEM AIR CONDITIONING, CREATING DECORATIVE FOUNTAINS FOR COOLING AIR

Zhykharieva N. s.t.f., ass. Prof, ONAFT,. Kogut V. s.t.f., ass. Prof., ONAFT, Krushelnyskkyi D., graduate student ONAFT, student ONAFT Dragnev M..... 85

THE SEARCH OF ENERGY-EFFICIENT OPERATION MODE OF AMMONIA-WATER ABSORPTION REFRIGERATION MACHINES

Osadchuk E.A.,assistant, Kirilov V.Kh., prof.,Titlov A.S. prof. ONAFT..... 88

DESIGN OF PERIODIC OPERATION AMMONIA-WATER ABSORPTION REFRIGERATION UNITS IN ATMOSPHERIC WATER GENERATION SYSTEMS

Ozolin N.E., Titlov A.S., Kravchenko V.V., prof.,Titlov A.S. prof. ONAFT,..... 91

РОЗРОБКА АВТОНОМНИХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕННЯ НА БАЗИ ПОНОВЛЮВАНИХ І НЕПРИДАТНИХ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Алімкешова А.Х.І, Джамашева Р.А.І, Цой О.П.І, канд. техн. наук, професор д-р техн. наук, професор Титлов А.С.²1 – Алматинський технологічний університет 2 – Одеська національна академія харчових технологій..... 95

РОЗРОБКА І ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОМБІНОВАНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Балаєвич О.О., магістр, Тітлов О.С., д-р техн. наук, професор ОНАХТ.....97

РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ УПРАВЛІННЯ ХОЛОДИЛЬНИМИ АПАРАТАМИ АБСОРБЦІЙНОГО ТИПУ

Березовська Л.В., аспірант, Тітлов О.С., д-р техн. наук, професор, Тітлова О.О., канд. техн. наук, доцент, ОНАХТ..... 101

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТЕПЛОАВАНТАЖЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОМБІНОВАНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Білецький А.М., магістр, Тітлов О.С., д-р техн. наук, професор ОНАХТ..... 102

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

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ЗА МАТЕРІАЛАМИ
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ

МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ

«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ»

27-28 листопада 2020 року

©Одеська національна академія харчових технологій
© Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій
та екоенергетики ім. В. С. Мартиновського