

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

**80 НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ВИКЛАДАЧІВ АКАДЕМІЇ**

Одеса 2020

Наукове видання

Збірник тез доповідей 80 наукової конференції викладачів академії
7 – 8 травня 2020 р.

Матеріали, занесені до збірника, друкуються за авторськими оригіналами.
За достовірність інформації відповідає автор публікації.

Рекомендовано до друку та розповсюдження в мережі Internet Вченою радою
Одеської національної академії харчових технологій,
протокол № 15 від 05.05.2020 р.

Під загальною редакцією Заслуженого діяча науки і техніки України,
Лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки,
д-ра техн. наук, професора Б.В. Єгорова

Укладач Т.Л. Дьяченко

Редакційна колегія

Голова Єгоров Б.В., д.т.н., професор
Заступник голови Поварова Н.М., к.т.н., доцент

Члени колегії:

Амбарцумянц Р.В., д-р техн. наук, професор
Безусов А.Т., д-р техн. наук, професор
Бурдо О.Г., д.т.н., професор
Віннікова Л.Г., д-р техн. наук, професор
Гапонюк О.І., д.т.н., професор
Жигунов Д.О., д.т.н., доцент
Іоргачова К.Г., д.т.н., професор
Капрельянц Л.В., д.т.н., професор
Коваленко О.О., д.т.н., ст.н.с.
Косой Б.В., д.т.н., професор
Крусір Г.В., д-р техн. наук, професор
Мардар М.Р., д.т.н., професор
Мілованов В.І., д-р техн. наук, професор
Павлов О.І., д.е.н., професор
Плотніков В.М., д-р техн. наук, доцент
Станкевич Г.М., д.т.н., професор,
Савенко І.І., д.е.н., професор,
Тележенко Л.М., д-р техн. наук, професор
Ткаченко Н.А., д.т.н., професор,
Ткаченко О.Б., д.т.н., професор
Хобін В.А., д.т.н., професор,
Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор
Черно Н.К., д.т.н., професор

(підтверджено низкою патентів на винаходи);

— розроблена схема переробки зернового пилу і рідких відходів мокрого методу підготовки зерна до переробки, у вуглеводно-білкові кормові добавки у вигляді біомаси до комбікормів;

— розроблена схема переробки відходів, висівок і зернового пилу у кормові гранули;

— розроблено субстрат для вирощування міцелію їстівних грибів з використання відходів хлібоприймальних і зернопереробних підприємств;

— визначені перспективні напрямки використання аспіраційних відходів, пилу і висівок галузі хлібопродуктів шляхом переведення їх у вторинні матеріальні ресурси.

Достоїнством проведеного дослідження є і те, що ефективність процесу переробки пиловидних відходів у продукцію підприємством галузі хлібопродуктів представили комплексом інтегральних критеріїв, які характеризують кількісну та якісну сторони процесу утилізації відходів.

ПРИНЦИПИ ТЕРМОДИНАМІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОФЛЮЇДІВ

**Хлієва О.Я., д.т.н., проф., Желєзний В.П., д.т.н., проф., Мотовий І.В., к.т.н.
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса**

Питання прогнозування теплофізичних властивостей нанофлюїдів, які є перспективними в якості холодоносіїв та робочих тіл у холодильній галузі, на сьогодні не вирішено у повній мірі. Велика кількість опублікованих робіт [1,2] свідчить про значний інтерес до експериментального вивчення теплофізичних властивостей цих перспективних технічно важливих речовин. Але водночас слід констатувати, що на сьогодні відсутні точні методи прогнозування цих властивостей. Тому, запропоноване дослідження, метою якого є розробка та апробація методів прогнозування питомої ізобарної теплоємності та в'язкості нанофлюїдів, є актуальним.

При розробці методів прогнозування нанофлюїдів автори спиралися на сучасні фізичні уявлення про внутрішню структуру нанофлюїдів. У зв'язку з цим, нанофлюїд запропоновано розглядати як термодинамічну систему, яка складається з наступних фаз:

— базової рідини – дисперсійної фази;

— наночастинок – дисперсної фази, теплофізичні властивості якої в першому наближенні відповідають властивостям матеріалу наночастинок;

— поверхневої фази (interfacial phase) – фази, яка складається з сорбованих на поверхні наночастинок молекул базової рідини та має структуру та теплофізичні властивості, які відрізняються від дисперсійної фази. Структура цієї фази по товщині не є однорідною, чітка границя між поверхневою фазою (поверхневим шаром) і базовою рідиною відсутня.

У подальшому для розробки методів прогнозування теплофізичних властивостей нанофлюїдів необхідна інформація о характеристиках поверхневої фази конкретного нанофлюїду. Інформація про властивості поверхневої фази та її концентрацію в нанофлюїді зазвичай відсутня. Ця обставина ускладнює розвиток фізично обґрунтованих моделей прогнозування теплофізичних властивостей нанофлюїдів. Для вирішення цієї проблеми авторами було запропоновано підхід до визначення концентрації поверхневої фази у конкретному нанофлюїді з використанням різної експериментальної інформації, отриманої при одній концентрації наночастинок у нанофлюїді, що досліджується.

За пропонуваним підходом інформацію з концентрації поверхневої фази в нанофлюїді можна отримати з використанням експериментальних даних про надлишкову питому ізобарну теплоємність (1), надлишковий мольний об'єм (густину) (2) та теплоту плавлення (3) певного нанофлюїду

$$\Delta c_{P,m} = x_{IPH} (c_{P,mIPH} - c_{P,mBF}), \quad (1)$$

де $c_{P,mIPH}$ й $c_{P,mBF}$ – мольна ізобарна теплоємність поверхневої фази та дисперсної фази (базової рідини), Дж·моль⁻¹·К⁻¹; x_{IPH} – мольна частка молекул базової рідини у поверхневій фазі, моль¹·моль⁻¹;

$$\Delta V = x_{IPH} (V_{IPH} - V_{BF}), \quad (2)$$

де $V_{IPH} = M_{BF} / \rho_{IPH}$ й $V_{BF} = M_{BF} / \rho_{BF}$ – мольний об'єм поверхневої та дисперсної фази, см³·моль⁻¹; M_{BF} – мольна маса базової рідини, г·моль⁻¹;

$$\Delta h_{NF} = \Delta h_{BF} (1 - w_{NP} - w_{IPH}), \quad (3)$$

де Δh_{NF} і Δh_{BF} – теплота плавлення нанофлюїду і базової рідини, відповідно, Дж·кг⁻¹; w_{NP} й w_{IPH} – масова частка наночастинок в нанофлюїді та молекул базової рідини в поверхневій фазі нанофлюїду, відповідно, кг·кг⁻¹.

Зі всіх розглянутих підходів до визначення концентрації молекул базової рідини у поверхневій фазі, на думку авторів, найбільш доцільним для реалізації на практиці є метод, оснований на вимірюванні густини нанофлюїду, як найбільш простий з точки зору апаратного оформлення та точний з точки зору невизначеності отриманих експериментальних даних.

З метою можливості застосування формул (1) – (3) для прогнозування теплофізичних властивостей нанофлюїдів були прийняті наступні припущення:

— наночастинки з поверхневим шаром мають сферичну форму і середній еквівалентний діаметр, який залежить від температури нанофлюїду;

— теплофізичні властивості поверхневої фази незмінні з температурою (в інтервалі від температури плавлення до температури при якій втрачається колоїдна стійкість нанофлюїду) та близькі до властивостей твердої фази базової рідини при температурі плавлення (це твердження збігається з ідеєю, запропонованою в [3], та підтверджується власними дослідженнями, у яких показано, що надлишкова теплоємність при температурі плавлення нанофлюїду є величиною, близькою до нуля [4]).

На основі отриманої інформації з величини концентрації поверхневої фази запропоновано методи визначення питомої ізобарної теплоємності та в'язкості нанофлюїдів – рівняння (4)-(5). При розробці методу прогнозування в'язкості в якості базової була прийнята класична залежність Ейнштейна для в'язкості суспензій з урахуванням того факту, що у нанофлюїді в броунівському русі беруть участь наночастинки із сорбованими на їх поверхні молекулами базової рідини.

Питома ізобарна теплоємність нанофлюїду

$$c_{P,mNF} = c_{P,mBF} (1 - x_{NP} - x_{IPH}) + c_{P,mNP} \cdot x_{NP} + c_{P,mIPH} \cdot x_{IPH}, \quad (4)$$

де x_{IPH} – мольна частка молекул базової рідини у поверхневій фазі нанофлюїду, моль¹·моль⁻¹; $c_{P,mIPH}$ – теплоємність поверхневої фази, Дж·моль⁻¹·К⁻¹.

В'язкість нанофлюїду

$$\eta_{NF} = \eta_{BF} (1 + A \cdot \varphi_{NP+IPH}), \quad (5)$$

де η_{BF} – динамічна в'язкість базової рідини, Па·с; φ_{NP+IPH} – об'ємна частка наночастинок з поверхневою фазою, м³·м⁻³; A – емпіричний коефіцієнт.

Запропоновані методи було апробовано з використанням експериментальної інформації з питомої ізобарної теплоємності та в'язкості нанофлюїду ізопропанол/наночастинок Al₂O₃, отриманої в широкому інтервалі концентрацій наночастинок та температури [4,5]. При розрахунках концентрації молекул базової рідини у поверхневій фазі приймалися данні з густини досліджуваного нанофлюїду. З використанням отриманої за допомогою просвічуючої електронної мікроскопії інформації з середнього

розміру наночастинок Al_2O_3 у сухому вигляді, була розрахована середня товщина поверхневого шару на наночастинках, яка при подальших розрахунках приймалася незалежною від концентрації наночастинок у рідині. Таким чином, для отримання інформації з концентрації молекул базової рідини у поверхневій фазі достатньо провести вимірювання густини нанофлюїду при одній концентрації наночастинок.

Сталий коефіцієнт A у рівнянні (5) було отримано з експериментальних даних з в'язкості нанофлюїду ізопропанол/наночастинок Al_2O_3 [5] та показано його досить нестатеву (у рамках практичного застосування запропонованого метода) залежність від температури та концентрації наночастинок.

Результати розрахунку відхилень експериментальних даних з питомої ізобарної теплоємності та в'язкості нанофлюїду ізопропанол/наночастинок Al_2O_3 [4,5] від розрахованих за запропонованими методиками наведено на рис. 1-2.

Як видно з приведеної на рис. 1-2 інформації, максимальні відхилення прогнозних значень питомої ізобарної теплоємності не перевищують 0,7 %, а для в'язкості ця величина не перевищує 3 %, що є приємною точністю для застосування запропонованого підходу до прогнозування теплофізичних властивостей на практиці.

Таким чином, для прогнозування питомої ізобарної теплоємності та в'язкості певного нанофлюїду в широкому інтервалі температур та концентрацій наночастинок потрібна наступна інформація:

— температурна залежність густини нанофлюїду, яка визначена для однієї (максимальній) концентрації наночастинок у рідині – для визначення температурної залежності концентрації поверхневої фази за рівнянням (2).

— експериментальне значення в'язкості нанофлюїду для однієї (максимальній) концентрації наночастинок у рідині та при одній температурі – для визначення емпіричного коефіцієнту A рівняння (5).

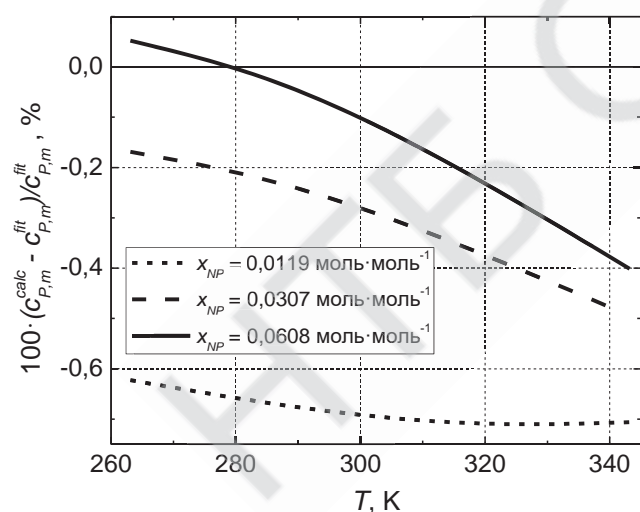


Рис. 1 – Температурна залежність відносних відхилень експериментальних значень питомої ізобарної теплоємності нанофлюїда ізопропанол/ наночастинок Al_2O_3 від розрахованих за (4)

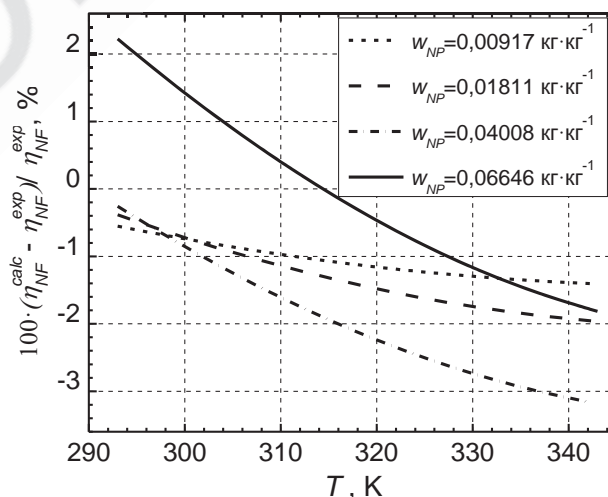


Рис. 2 – Температурна залежність відносних відхилень експериментальних значень в'язкості нанофлюїда ізопропанол/наночастинок Al_2O_3 від розрахованих за (5)

Область застосування запропонованого підходу до прогнозування в'язкості нанофлюїдів обмежується тим регіоном, де не проявляються реологічні властивості нанофлюїду. Крім того, верхнім температурним діапазоном застосовності методу є така температура, при якій ще зберігається колоїдні стійкість нанофлюїду.

Застосування запропонованої методики на практиці буде сприяти науково-обґрунтованому впровадженню нанофлюїдів у холодильну та теплоенергетичну галузь у якості

холодо- та теплоносіїв, а також робочих тіл, та, як наслідок, підвищенню енергетичної ефективності обладнання цих галузей без його суттєвої модернізації.

Література

1. Angayarkanni S. A., Philip J. Review on thermal properties of nanofluids: recent developments // *Advances in colloid and interface science*. – 2015. – Vol. 225. – P. 146-176.
2. Gupta M., Singh V., Kumar R., Said Z. A review on thermophysical properties of nanofluids and heat transfer applications // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2017. – Vol. 74. – P. 638-670.
3. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкостей. – Ленинград: «Наука», – 1975. – 592 с.
4. Zhelezny V., Khliyeva O., Motovoy I., Lukianov N. An experimental investigation and modelling of the thermal and caloric properties of nanofluids isopropyl alcohol – Al₂O₃ nanoparticles // *Thermochimica Acta*. – 2019. – Vol. 678. – P. 178-296.
5. Zhelezny V., Geller V., Semenyuk Y., Nikulin A., Lukianov N., Lozovsky T., Shymchuk M. Effect of Al₂O₃ nanoparticles additives on the density, saturated vapor pressure, surface tension and viscosity of isopropyl alcohol // *Int. J. Thermophys.* – 2018. – Vol. 39 (38).

СЕКЦІЯ «КРІОГЕННА ТЕХНІКА»

ПРОМИСЛОВІ УСТАНОВКИ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ НЕОНОГЕЛІЄВИХ СУМІШЕЙ

¹Бондаренко В.Л., д.т.н., проф., ¹Вігуржинська С.Ю., к.е.н., доц.,

²Пилипенко Б.О., інженер-дослідник

¹Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

²ТОВ «Кріоін Інжинірінг», м. Одеса

На кінцевій стадії переробки неонових виробництва утворюється побічний потік гелієвого концентрату в якому міститься близько 80 % гелію. Здобування гелію з такого концентрату може здійснюватися декількома способами з використанням процесів сорбції, конденсації, виморожування, а також їх поєднання. Маючи в розпорядженні увесь спектр можливих засобів охолодження, і не будучи обмеженими у виборі рівня температур в діапазоні від 4,2 до 78 К, творці нової техніки стикаються з необхідністю зіставлення характеристик різних за принципом роботи установок. При цьому, найважливішим техніко-економічним показником є витрати на кріогенне забезпечення процесів сепарації. В якості об'єктів техніко-економічного аналізу розглянуто як вже створені пристрої, так і перспективні розробки, що знаходяться у стадії випробувань.

Для отримання гелію високої чистоти $y_{\text{He}} > 99,999\%$ у багатьох випадках використовуються адсорбційні установки періодичної дії. Тривалість активного періоду таких апаратів значною мірою визначається величиною поглинаючої здатності сорбенту

$$a = \frac{V}{m_c}, \quad (1)$$

де V – об'єм адсорбованих домішок (неону); m_c – маса сорбенту.

Величина a , в першу чергу, залежить від температури. Для прийнятих експлуатаційних умов (робочий тиск $P = 2$ МПа і $y_{\text{Ne}} (20\%)$ поглинаюча здатність по відношенню до неону для активованого вугілля змінюється в інтервалі від $a' = 0,65$ н.м³/кг при 28 К до $a'' = 0,65$ н.м³/кг при 78 К. Прагнення підвищити поглинаючу здатність сорбенту зумовило появу сепараторів, що працюють на неоновому рівні температур (рис. 1).

Для зниження навантаження на адсорбери А в схемі передбачено фазовий сепаратор ФС,

ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ІНФОРМАЦІЙНИМИ РЕСУРСАМИ	
Сіромля С.Г.	241
ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОПЕРАТОРОМ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК	
Селіванова А.В., Мазурок Т.Л., Селіванов А.П.	242
ПОСТКВАНТОВЕ ШИФРУВАННЯ, БЛОКЧЕЙН, НАВЧАЛЬНІ ТА НАУКОВІ ПРОЦЕСИ	
Кононович І.В.	244
ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ПОЛІТИКИ БЕЗПЕКИ ІНФОРМАЦІЇ	
Владімірова В.Б.	245
ВИКОРИСТАННЯ PWA ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ РОЗРОБЦІ КРОСПЛАТФОРМЕННИХ ДОДАТКІВ	
Тройніна А.С.	247
ТЕОРІЯ ГРАНИЧНИХ РЕЖИМІВ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ДЕТОНАЦІЙНИХ ХВИЛЬ В КРУГЛИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ТРУБАХ	
Волков В.Е.	248
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ ПАЛИВА В КАМЕРАХ ДВИГУНІВ	
Волков В.Е., Макоєд Н.О.	250
НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ СУПРОВІД ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ ДО ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ	
Лобода Ю.Г.	252
ПРОБЛЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ДОКУМЕНТООБІГУ У ЗАКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ	
Волков В.Е., Кириченко В.І.	254
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНКИ РИЗИКУ ДЕТОНАЦІЙНОГО ВИБУХУ	
Волков В.Е., Коваленко А.В.	257
ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ З УРАХУВАННЯМ НЕЛІНІЙНИХ ЕФЕКТІВ	
Волков В.Е., Кривченко Ю.В.	258

СЕКЦІЯ «ТЕПЛОФІЗИКА ТА ПРИКЛАДНА ЕКОЛОГІЯ»

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИРКУЛЯЦІЇ ДОМІШОК КОМПРЕСОРНОГО МАСТИЛА В РОБОЧИХ ТІЛАХ ПО КОНТУРУ ХОЛОДИЛЬНОЇ КОМПРЕСОРНОЇ СИСТЕМИ	
Корнієвич С.Г., Нестеров П.С., Желєзний В.П., Семенюк Ю.В.	259
ВПЛИВ ДОМІШОК МОДЕЛЬНОГО КОМПРЕСОРНОГО МАСТИЛА TEG В ХОЛОДОАГЕНТІ RE170 НА ПАРАМЕТРИ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПРЕСОРНОЇ СИСТЕМИ	
Івченко Д.О., Желєзний В.П.	261
ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕРНОВОГО ПИЛУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ГАЛУЗІ ХЛІБОПРОДУКТІВ	
Заєрклянний М.М., Столевич Т.Б.	264
ПРИНЦИПИ ТЕРМОДИНАМІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОФЛЮЇДІВ	
Хлієва О.Я., Желєзний В.П., Мотовий І.В.	265

СЕКЦІЯ «КРІОГЕННА ТЕХНІКА»

ПРОМИСЛОВІ УСТАНОВКИ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ НЕОНОГЕЛІЄВИХ СУМІШЕЙ	
Бондаренко В.Л., Вігуржинська С.Ю., Пилипенко Б.О.	268
АВТОМАТИЗОВАНА УСТАНОВКА ДЛЯ ОТРИМАННЯ КСЕНОНУ ШЛЯХОМ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ДИСТИЛЯЦІЇ	
Бондаренко В.Л., Медушевський Є.Ю., Чигрін А.О., Биканов О.М.	270
ПЕРСПЕКТИВНА СХЕМА ЗРІДЖУВАЧА ВОДНЮ	
Кравченко М.Б.	271
НОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВІТРЯНИХ КОНДЕНСАТОРІВ МАШИН КОМЕРЦІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	
Морозюк Л.І., Соколовська-Єфименко В.В., Гайдук С.В., Мошкатюк А.В.	272
РЕДУКУВАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ВИСОКОГО ТИСКУ У ВИХРОВИХ ТРУБАХ	
Симоненко Ю.М., Бодюл О.С., Тишко Д.П.	274
НЕОНОВІ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ В ІНТЕРВАЛІ $T=18...28$ К	
Симоненко Ю.М., Меркулов М.Ю.	275