

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

за матеріалами  
XVIII Всеукраїнської науково-технічної  
онлайн-конференції  
**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ  
ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»**

29-30 вересня 2020 року



Одеса  
Видавець Бондаренко М. О.  
2020

УДК 621.31(075.8)

ББК 31.2я73

3-41

*Рекомендовано до друку Вченою радою  
Одеської національної академії харчових технологій,  
протокол № 3 від 6 жовтня 2020 р.*

Відповідальний редактор:

*Тітлов О. С.*, завідувач кафедри нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики, д-р. техн. наук, професор.

*За достовірність інформації  
відповідає автор публікації*

**Збірник** наукових праць за матеріалами XVIII Всеукраїнської 3-41 науково-технічної онлайн-конференції «Актуальні проблеми енергетики та екології» 29-30 вересня 2020 року / ред. О. С. Тітлов. – Одеса : ФОП Бондаренко М. О., 2020. – 280 с.

ISBN 978-617-7829-81-1

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень, що представлені вченими України, Білорусії, Молдови, Росії, а також роботи студентів.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: тепломасообмін; теплофізичні властивості робочих тіл енергетичного обладнання; нанотехнології в холодильній техніці; екологічні проблеми енергетики; теплові насоси. Системи опалення та кондиціонування; теплообмінні апарати; енергетичні та екологічні проблеми нафтогазової галузі; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки; енергетичні та екологічні проблеми харчової промисловості; екологічна безпека; екологічні проблеми сучасності; раціональне використання природних ресурсів.

УДК 621.31(075.8)

ББК 31.2я73

ISBN 978-617-7829-81-1

© Одеська національна академія  
харчових технологій, 2020

**Секція 1:**

**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ  
ЕНЕРГЕТИКИ»**

## References

1. Басок Б.И. Технические аспекты системы энергообеспечения пассивного дома / Б.И. Басок, А.Н. Недбайло, И.К. Божко, М.В. Ткаченко // Энергоэффективность в строительстве та архітектурі. – 2016. – Выпуск 8. – С. 3 – 9.
2. Божко И.К. Экспериментальные исследования теплонасосной системы теплоснабжения с использованием грунтового коллектора / И.К. Божко, А.Н. Недбайло, М.В. Ткаченко // Энергоэффективность в строительстве та архітектурі. – 2016. – Выпуск 8. – С. 29 – 34.

УДК 536.4.033

## РОЛЬ ФЛУКТУАЦИЙ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В РАЗРАБОТКЕ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ

Железний В.П., Мотовой И.В., Глек Я.О., Ханчич Е.Ю.  
Одеська національна академія харчових технологій

Проблема інформаційного забезпечення науки і техніки достовірними даними про фізико-хімічні властивості вуглеводнів, холодоагентів, теплоносіїв, нанофлюїдів і нафт залишається актуальною. З причини широкої номенклатури речовин, які використовуються в енергетиці, а також різноманіття можливих сумішей, дані про їх теплофізичні властивості не можуть бути отримані експериментальними методами. З іншого боку, методи статистичної фізики і термодинаміки не дозволяють з необхідною точністю розраховувати властивості багатоатомних вуглеводнів і тим більше таких мультикомпонентних термодинамічних систем як теплоносії, робочі тіла пароконденсійних холодильних установок, нанофлюїди, нафти або газові конденсати.

До теперішнього часу запропоновано досить багато різних феноменологічних методів до розрахунку теплофізичних властивостей речовин (ТВР), наприклад [1-2]. При цьому слід враховувати, що велика частина опублікованих методик розрахунку ТВР розроблена для індивідуальних речовин. Використання цих методів розрахунку стосовно мультикомпонентних сумішей невизначеного складу приводить до додаткових похибок, величину яких оцінити проблематично. Саме з цих причин продовжує залишатися актуальною проблема подальшого розвитку моделей для прогнозування фізико-хімічних властивостей складних термодинамічних систем.

У роботі наводиться критичний аналіз існуючих методів розрахунку теплофізичних властивостей речовин. Акцентована увага на загальному принциповому недоліку існуючих методів розрахунку ТСВ. Показано, що запропоновані методи не враховують принципової відмінності властивостей рідин від властивостей речовин в газовій і твердій фазах, а саме не враховується зміна ближнього порядку, по суті структури рідкої фази речовин в широкому діапазоні температур.

В даний час існує декілька загальних модельних представлень рідини в широкому інтервалі параметрів стану. Найчастіше використовуються кластерна і флукуаційна модель.

Однією з сучасних моделей рідкого стану є «кластерна теорія» [3]. У її основі поміщена ідея, що рідина представляється як суміш твердих кластерів і газу. При цьому частки твердої фази (кристали, що рухаються на короткі відстані) розташовуються в хмарі газу, утворюючи кластерну структуру рідкої фази.

Повільні частки стикаються з кластерами і можуть стати їх частиною. Конфігурація кластерів динамічно безперервно змінюється і термодинамічна система знаходиться в стані термодинамічної рівноваги. Експериментальною основою кластерної моделі є наявність в

рідині ближнього порядку [4, 5]. Виходячи з цього, можна вважати, що саме кластери і їх зміна з температурою істотним чином впливають на теплофізичні властивості рідини. Запропонована кластерна модель, що узгоджується з даними рентгеноструктурних досліджень, здатна достовірно описати теплофізичні властивості простих речовин широкою області параметрів стану.

Значний інтерес також викликає флуктуаційна теорія рідин, що розвивається Мартиновим Г.А. і іншими авторами [6, 7], в рамках якої на основі одних і тих же передумов описується як регулярна область фазової діаграми, так і околиця критичної точки (де роль флуктуацій на зміну властивостей стає визначальною). Дана модель дозволила з єдиних позицій пояснити чимале число експериментальних фактів. Тому, услід за В.К. Семенченко [8] вже зараз можна упевнено стверджувати, що характер зміни флуктуацій (а не сама величина флуктуацій) надає вплив на зміни термодинамічних функцій речовини. Більш того, у ряді випадків вклад флуктуацій є визначальним, причому мало не у всієї регулярної області фазової діаграми [7, 9]. Термодинамічні флуктуації можуть бути визначені на основі двох альтернативних підходів статистичної механіки (підходу Гіббса [10]) і статистичної термодинаміки (підходу Ейнштейна [11]). Останній інколи називають квазітермодинамічною теорією флуктуацій.

Для використання флуктуаційної моделі рідини для прогнозування теплофізичних властивостей речовин автори пропонують використовувати як вихідну інформацію дані з густини і в'язкості на лінії кипіння, які легко і точно визначаються у простому експерименті. Дані властивості також добре представлені в існуючих базах довідникової інформації в широкому інтервалі температур.

З метою розробки нової моделі прогнозування властивостей речовин автори пропонують аналізувати зміни таких фундаментальних властивостей рідин як флуктуації термодинамічних величин і енергію активації в'язкої течії. Теоретичним фундаментом такої концепції є висловлена В.К. Семенченко гіпотеза про те, що визначає роль зміни флуктуацій на зміну термодинамічних властивостей речовин [8].

У роботі приводиться детальний аналіз температурних залежностей флуктуацій густини  $\langle \bar{\rho} \rangle$ , а також енергії активації в'язкої течії  $-E$ , для різних класів речовин. Показано що температурні залежності вказаних величин в координатах  $\ln(E) = F_1 \ln(t)$ ,  $\ln \langle \bar{\rho} \rangle = F_2 (\ln t)$  де,  $t = 1 - T/T_c$  приведена температура, мають для більшості речовин чітко виражені три ділянки: 1 – околиця критичної точки, в якій всі речовини поведуться практично однаково (подібно); 2 - регулярна область, в якій індивідуальні властивості речовини визначаються потенціалом міжмолекулярної взаємодії; 3 - ділянка температур в широкій околиці потрійної точки, в якій спостерігаються істотні відхилення від термодинамічної подібності через зростаючу роль Ван-дер-Ваальсової взаємодії між молекулами на формування ближнього порядку в рідкій фазі. У цій області параметрів методи прогнозування в рамках розширеного закону відповідних станів навряд чи можуть бути застосовні.

Істотні відхилення від викладеного характеру зміни температурних залежностей флуктуацій і енергії активації мають асоційовані речовини і деякі ароматичні вуглеводні, схильні до формування надмолекулярних структур. Для цих речовин розробка методів прогнозування без врахування індивідуальної залежності флуктуацій термодинамічних властивостей і енергії активації неможлива.

Температурні залежності енергії активації і флуктуацій густини можуть бути описані рівняння розширеного скейлінгу

$$\ln(E) = \ln(E_0) + \nu \cdot \varphi F(t) \cdot \ln(t) \quad (1)$$

$$\ln \langle \bar{\rho} \rangle = \ln \langle \bar{\rho} \rangle_0 + \gamma \cdot F(t) \cdot \ln(t) \quad (2)$$

де коефіцієнти  $\nu$  та  $\gamma$  мають смисл критичних показників для енергії активації і флуктуації густини,  $f(t)$  і  $F(t)$  є кросоверними функціями, універсальними для термодинамічно подібних речовин.

У роботі аналізуються значення коефіцієнтів рівнянь (1) і (2) і аналізуються можливості використання даних кореляцій для прогнозування різних теплофізичних властивостей речовин.

Проведене дослідження дозволяє сформулювати два висновка. По-перше, існує наявність термодинамічної подібності речовин, для яких температурна залежність флуктуації і енергії активації є еквідистантними лініями. По-друге, температурні залежності флуктуації густини і енергії активації в'язкої течії можуть бути базисом для розробки універсальної методики прогнозування різних теплофізичних властивостей речовин і розчинів на лінії кипіння.

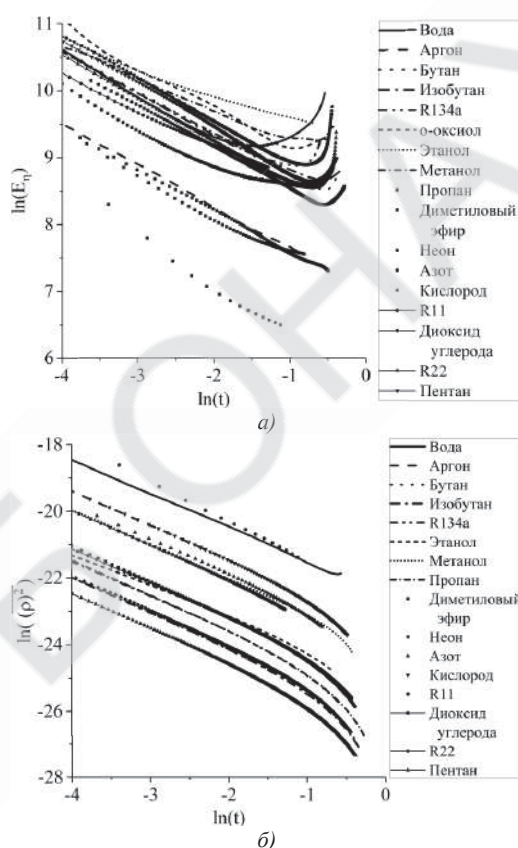


Рис.1 Залежність енергії активації (а) і флуктуації густини (б) від температури

#### Список використаних літературних джерел

1. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей: Пер. с англ.-Л.: Химия, 1982. – 592 с.
2. Викторов М.М. Методы вычисления физико-химических величин и приведенные расчеты. - Л.: Химия, 1977. - 359 с.

3. Литовиц Т., Девис К. Структурная и сдвиговая релаксация в жидкости // Физическая акустика. Т. 2. Ч. А / Под ред. Мэзона У.М.: Мир, 1968. С. 298.
4. Eisenstein A., Gingrich N.S. The Diffraction of X-Rays by Argon in the Liquid, Vapor, and Critical Regions // Phys. Rev. 1942. V. 62. P. 261.
5. Физика простых жидкостей. Экспериментальные исследования / Под ред. Темперли Г. и др. Пер с англ. М.: Мир, 1973. С. 400.
6. Martynov G.A. Classical Statistical Mechanics. Dordrecht–Boston–London: Kluwer Acad. Publ., 1997.
7. Martynov G. A., Fluctuation theory of liquids, High Temperature, 56:3 (2018), 340–350.
8. Семенченко В.К. Избранные главы теоретической физики 2-е изд., испр. и доп., М.: Просвещение, 1966. 396 с.
9. Zhelezny V.P. The Methods of Prediction of the Properties for Substances on the Coexistence Curve Including Vicinity of the Critical Point // Proc. of the NATO Advanced Research Workshop on Nonlinear Dielectric Phenomena in Complex Liquids. – Jaszowiec-Ustron (Poland). – 2003. – P. 163-175
10. Gibbs J W Elementary Principles in Statistical Mechanics (New York: C. Scribners Sons, 1902.-207p.
11. Einstein A. Theorie der Opaleszenz von homogenen Flüssigkeiten und Flüssigkeitsgemischen in der Nähe des kritischen Zustandes Ann. Physik 33, 1275 (1910)

**УДК 662.636**

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАЛИВА РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ**

**Волчок В.О., к.т.н., Кравченко В.В.  
Одеська національна академія харчових технологій**

Впровадження палива рослинного походження на сьогоднішній день розглядається як основна альтернатива для традиційних видів пального. Для України це може розглядатись як невід'ємна складова зменшення залежності від імпорту нафти та газу. Потужні обсяги переробки рослинництва призводять до великої кількості відходів виробництва [1]. Їх подальша переробка має важливе значення серед багатьох проблем, які потребують невідкладного вирішення.

Світове виробництво енергії з поновлюваних джерел зростає і зростатиме надалі. Однак в Україні про альтернативні палива ведуться лише розмови на рівні споживачів. Організація виробництва біопалива в Україні є перспективним напрямом для зменшення енергетичної залежності [2, 3].

На базі аналітичного огляду літературних і патентних джерел сформульована мета роботи, яка полягає у експериментальному визначенні властивостей сипкого біопалива. На основі отриманих результатів досліджень стає можливим розробка технології виробництва твердого біопалива в вигляді гранул і брикетів з побічних продуктів переробки сільськогосподарської сировини. Відповідно до мети роботи та на підставі аналізу науково-технічної літератури були встановлені основні напрямки, що дозволили реалізувати кінцеву мету досліджень, а також визначити основні методологічні підходи і послідовність проведення експериментів.

Теплота згоряння біопалива у вигляді гранул, брикетів і пелет достатньо велика, а ціна значно нижче у порівнянні з традиційними видами палива. Цьому сприяє висока густина та

## ЗМІСТ

<b>Секція 1 «АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ»</b> .....	3
<b>ENERGY INDICATORS OF OPERATION THE HEAT PUMPING SYSTEM HEATING OF THE ENERGY EFFICIENT HOUSE</b> <i>Basok V.I., Nedbailo O.M., Bozhko I.K., Tkachenko M.V.</i> .....	4
<b>РОЛЬ ФЛУКТУАЦІЙ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ФУНКЦІЙ В РОЗРОБЦІ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РЕЧОВИН</b> <i>Железний В.П., Мотовой И.В., Глек Я.О., Ханчич Е.Ю.</i> .....	5
<b>ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАЛИВА РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ</b> <i>Волчок В.О., Кравченко В.В.</i> .....	8
<b>ADAPTATION OF MATHEMATICAL MODEL OF MEDIUM PRESSURE BOILERS PARAMETERS TO REAL OPERATING CONDITIONS</b> <i>Zhitarenko V., Bejan V.</i> .....	9
<b>ADAPTATION OF MATHEMATICAL MODEL OF MEDIUM PRESSURE BOILERS PARAMETERS TO REAL OPERATING CONDITIONS</b> <i>Zhitarenko V., Bejan V., Ostapenko O., Yakovleva O.</i> .....	14
<b>ТЕПЛОВЫЕ ТРУБЫ В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ</b> <i>Л. Л. Васильев, А. С. Журавлёв, Л. П. Гракович, М. И. Рабецкий, В. А. Олехнович; А. А. Хартоник</i> .....	18
<b>КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ</b> <i>Георгієш К.В.</i> .....	23
<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРАЦІЙ ЛОПАТОК ТУРБИНИ ПРИ ПЕРЕКЛАДІ ЇЇ НА ЧАСТКОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ</b> <i>Корольов А.В., Михайлов М.С., Комарова-Ракова Я.О.</i> .....	25
<b>АНАЛИЗ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ДВУХ ТИПОВ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ</b> <i>Королев А.В., Павлышин П.Я.</i> .....	26
<b>ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМОНАПРУЖЕНОГО СТАНУ ОКРЕМИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕПЛООБМІННИКА АВАРІЙНОГО РОЗХОЛОДЖУВАННЯ</b> <i>О.В. Корольов, Т. В. Пирогов</i> .....	28
<b>ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ВИДІВ НАСАДОК РЕГЕНЕРАТИВНИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ СКЛОВАРНИХ ПЕЧЕЙ</b> <i>Кошельник О.В., Гойсан С.Б., Долобовська О.В.</i> .....	29
<b>ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ КИПІННЯ РОЗЧИНІВ У СТИКАЮЧІЙ ПЛІВЦІ В КАМЕРАХ ВИПАРНИХ АПАРАТІВ</b> <i>Кошельник О.В., Павлова В.Г., Долобовська О.В.</i> .....	31

Наукове видання

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

за матеріалами  
XVIII Всеукраїнської науково-технічної  
онлайн-конференції

### **«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»**

29-30 вересня 2020 року

*(українською, російською, англійською мовами)*

Підписано до друку 6.10.2020  
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.  
Друк офсетний. Ум. др. арк. 16,27. Наклад 100 прим.  
Зам № 231120/2

Надруковано з готового оригінал-макету у друкарні «Апрель»  
ФОП Бондаренко М.О.  
65045, м. Одеса, вул. В.Арнаутська, 60  
тел.: +38 048 700 11 55  
[www.aprel.od.ua](http://www.aprel.od.ua)

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до державного реєстру видавців ДК № 4684 від 13.02.2014 р.