

## ТЕПЛОПЕРЕНОС В ТРИФАЗНІЙ СИСТЕМІ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет**Анотація**

Досліджено теплогідродинамічну ситуацію в рідинах з відомою та обмеженою інформацією по теплофізичним властивостям.

**Ключові слова:** трифазна система, модельна рідина, експериментально-розрахунковий метод.

**Abstract**

The thermohydrodynamic situation in liquids with known and limited information on thermophysical properties has been studied.

**Key words:** three phase system, model fluid, experimental calculation method.

**Вступ**

Теплоперенос в трифазних системах має велике прикладне значення. Але він вивчений неостатньо.

Експериментально-розрахунковий метод (ЕРМ) [1] дозволяє виконувати розрахунок інтенсивності теплообміну до трифазних середовищ, інформація по теплофізичним властивостям (ТФВ) яких обмежена (в подальшому — натурна суміш). ЕРМ відноситься до непрямих методів визначення (оцінювання) ТФВ речовини.

Застосування «модельних рідин» в ЕРМ для прогнозування всіх теплофізичних властивостей трифазних середовищ має суттєве обмеження. Тому кількість рідин, які можуть виступати в ролі «модельних», обмежена і не завжди з достатньою точністю можна підібрати «модельну рідину» однакового класу з досліджуваною натурною рідиною [2].

**Основні результати**

Експеримент проводиться на експериментальному стенді [3] в системі «навколишнє середовище I – тіло II», за умов вимушеної конвекції. Вивчаються такі дослідні середовища: «модельні рідини» – вода, цукровий розчин масової концентрації сухих речовин  $c=50, 60, 70\%$  та «трифазна система» – субстрат з реального біогазового реактора.

В процесі експерименту на стенді фіксувалися в часі температури в п'яти точках по висоті циліндричного об'єму дослідної рідини і в п'яти точках навколишнього середовища (води). В результаті обробки експериментальних результатів визначалась температура тонкої стінки, через яку передавалась теплота від води до цукрового розчину. Визначалися теплові потоки і коефіцієнти тепловіддачі між стінкою і рідинним середовищем.

В таблиці 1 наводиться зміна критеріїв Прандтля, Рейнольдса і Ралея в залежності від зміни температури дослідного середовища.

Таблиця 1

№п/п	Досліджуване середовище	Діапазон температури T, °C	Re	Ra	Pr <sub>p</sub>
1	Вода	29-62	2300-12100	$(0,2-5,3) \cdot 10^6$	6,9-11
2	Субстрат	32-63	3300-19100	$(0,2-4) \cdot 10^8$	1,2-12
3	Цукровий розчин $c=20\%$	38-76,3	80-490	$(0,1-2) \cdot 10^7$	153-1040
4	Цукровий розчин $c=50\%$	38,1-75,1	370-6500	$(0,1-3) \cdot 10^8$	22,6-67,3
5	Цукровий розчин $c=60\%$	40-76,8	530-2900	$(0,3-10) \cdot 10^7$	52,9-199
6	Цукровий розчин $c=70\%$	38-76	55-820	$(0,1-2) \cdot 10^7$	167-1067

В таблиці 1:  $Re$  – критерій Рейнольдса;  $Ra$  – критерій Ралея,  $Ra = Gr_2 \cdot Pr_2$ ;  $Gr_2 = (g \cdot \beta_2 \cdot \Delta T \cdot H^3) / \nu^2$  – критерій Грасгофа;  $g$  – прискорення вільного падіння,  $m/c^2$ ;  $\beta_2$  – коефіцієнт температурного розширення досліджуваного рідинного середовища,  $^{\circ}C^{-1}$ ;  $\Delta T = |\overline{T}_2 - \overline{T}_{ст}|$  – температурний напір;  $\overline{T}_2$  – середньооб'ємна температура досліджуваного рідинного середовища,  $^{\circ}C$ ;  $\overline{T}_{ст}$  – середня температура стінки тонкостінного металевого циліндра,  $^{\circ}C$ ;  $Pr_p$  – критерій Прандтля для середньооб'ємної температури досліджуваного рідинного середовища.

За умов теплообміну в цукрових розчинах концентрацією 50, 60, 70% експериментально зафіксована зміна закономірностей теплопереносу. Це явище авторами пояснюється зміною закономірностей теплообміну між циліндричною металевою стінкою розчинами з різними значеннями теплофізичних властивостей.

## Висновки

1. Досліджено перенос теплоти в рідинах з відомою та обмеженою інформацією по теплофізичним властивостям.
2. За умов теплообміну в цукрових розчинах концентрацією 50, 60, 70% експериментально зафіксована зміна закономірностей теплопереносу. Для підтвердження цього явища потрібні додаткові дослідження.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ткаченко С. Й. Тепломасообмінні та гідродинамічні процеси в елементах систем біоконверсії : моног. / С. Й. Ткаченко, Н. В. Резидент. — Вінниця : Універсум–Вінниця, 2011. — 132 с.
2. С. Й. Ткаченко, Н. В. Паламарчук, і Д. І. Денесяк, «Теплофізичне тестування реологічного поведження складних рідинних середовищ», Вісник ВПІ, вип. 4, с. 46–53, Серп. 2018.
3. Ткаченко С. Й. Нові методи визначення інтенсивності теплообміну в системах переробки органічних відходів : монографія / С. Й. Ткаченко, Н. В. Пішеніна. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 148 с.

**Ткаченко Станіслав Йосипович** – д-р. техн. наук, професор кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [stahit6937@gmail.com](mailto:stahit6937@gmail.com).

**Власенко Ольга Володимирівна** – аспірант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [olgakytysak7@gmail.com](mailto:olgakytysak7@gmail.com).

**Ткачук Владислав Сергійович** – аспірант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [tmmlbpr@gmail.com](mailto:tmmlbpr@gmail.com)

**Tkachenko Stanislav Y.** - Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [stahit6937@gmail.com](mailto:stahit6937@gmail.com).

**Vlasenko Olga V.** – postgraduate student, Head of the Chair of Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [olgakytysak7@gmail.com](mailto:olgakytysak7@gmail.com).

**Tkachuk Vladislav S.** – postgraduate student, Head of the Chair of Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [tmmlbpr@gmail.com](mailto:tmmlbpr@gmail.com).