

УДК 536.423.4

Середа В.В.<sup>1</sup>, к.техн.н., доцент, Горін В.В.<sup>2</sup>, к.техн.н., ст.наук. співробітник<sup>1</sup> Національний університет водного господарства та природокористування, доцент кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин; м. Рівне, Україна<sup>2</sup> Одеська державна академія технічного регулювання та якості, старший науковий співробітник кафедри метрології та метрологічного забезпечення, м. Одеса, Україна

## ГІДРОДИНАМІКА І ТЕПЛООБМІН ПІД ЧАС КОНДЕНСАЦІЇ ПАРИ РОБОЧИХ РЕЧОВИН У СЕРЕДИНІ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ТРУБ У РАЗІ СТРАТИФІКОВАНОГО РЕЖИМУ ТЕЧІЇ ФАЗ. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВІДДАЧІ

**Ключові слова:** конденсація, теплообмін, кут затоплення труби, стратифікований режим, коефіцієнт тепловіддачі.

**Вступ.** У сучасних системах кондиціонування, холодильних і теплонасосних установках, у техніці випаровування морської води та підігрівниках енергетичних систем процес конденсації пари здійснюється переважно в середині горизонтальних труб і каналів. Теплообмінні процеси, які відбуваються у конденсаторах такого типу, суттєво впливають на загальну енергетичну ефективність цих систем.

На сьогодні існуючі методи і моделі розрахунку теплообміну для конденсаційних двофазних течій у горизонтальних трубах мають розбіжності між собою до 50–70 %. Така неточність зумовлена наявністю великої кількості параметрів, які впливають на теплообмін, широким діапазоном змін цих параметрів і недостатнім розумінням їх впливу на закономірності теплообміну. Неточне оцінювання тепловіддачі, а відповідно і теплопередачі, може призвести до необґрунтованого змінювання розмірів апарата й перепадів тиску в бік як збільшення, так і зменшення, наслідком чого буде зниження його ефективності. Також недостатня точність розрахунку тепловіддачі призводить до неточного оцінювання ефективності різноманітних методів інтенсифікації теплообмінного процесу під час конденсації у гладких трубах.

**Аналіз стану питання.** У праці [1] проаналізовано моделі та методики розрахунку кута затоплення труби струмком конденсату і висоти струмка. У більшості наукових робіт, присвячених дослідженню гідродинаміки й теплообміну у разі конденсації робочих речовин у середині горизонтальних труб, тепловіддачу в разі стратифікованого режиму течії фаз визначають за формулою Нуссельта (1), отриманою для конденсації на зовнішній поверхні горизонтальної труби з урахуванням теплообміну в струмку конденсату:

$$\alpha = 0,728 \left[ \frac{\lambda_l^3 \rho_l (\rho_l - \rho_v) g r}{\mu_l d \Delta T} \right]^{0,25}, \quad (1)$$

де  $\lambda_l$  – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К);  $\rho_l$  і  $\rho_v$  – густина рідини й пари відповідно, кг/м<sup>3</sup>;  $r$  – питома теплота пароутворення, Дж/кг;  $d$  – внутрішній діаметр труби, м;  $\mu_l$  –

коефіцієнт динамічної в'язкості рідини, Па·с;  $\Delta T$  – різниця між температурою конденсації та температурою стінки труби, К.

Тепловіддачу в струмку обчислюють за формулами конвективного теплообміну під час турбулентного руху рідини. Знаходження частини перерізу труби, яку займає струмок конденсату, є важливим питанням через те, що рівень струмка суттєво впливає на значення коефіцієнтів тепловіддачі під час конденсації пари в середині труб. У праці [2] показано, що у багатьох експериментальних дослідженнях немає вимірювання коефіцієнтів тепловіддачі у струмку конденсату, де значення коефіцієнтів тепловіддачі набагато нижче, ніж у верхній частині труби, і відсутні чіткі рекомендації щодо меж застосування запропонованих розрахункових залежностей.

Ця робота є логічним продовженням серії досліджень гідродинаміки й теплообміну під час конденсації в середині труб за гравітаційним режимом течії фаз.

**Метою дослідження** є експериментальне обґрунтування методу розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі у разі стратифікованого режиму течії фаз, який дозволить більш точно оцінити теплообмін і режимні параметри двофазної течії під час плівкової конденсації холодоагенту R22 у горизонтальних трубах теплообмінних апаратів.

**1. Методика дослідження.** Для експериментального визначення локальних коефіцієнтів тепловіддачі взято метод, відповідно до якого локальний тепловий потік розраховують за градієнтом температур у стінці товстостінної труби [3; 4].

Принципову схему дослідної установки і методику проведення експериментів наведено у праці [5]. Установка складалася з таких основних елементів: електрокотел (генерація сухої насиченої або перегрітої пари), дослідна ділянка, задавальна ділянка (можливість моделювання процесу конденсації пари у трубах різної довжини), кінцевий конденсатор (можливість дослідження процесу конденсації за різних швидкостей пари). Стенд виконано з водяною системою охолодження. Дослідна ділянка – товстостінна труба з неіржавкої сталі 12X18H10T (коефіцієнт теплопровідності  $\lambda = 15$  Вт/(м·К)) із внутрішнім діаметром  $d_{\text{вн}} = 17$  мм, яка розміщена на одній осі із задавальною ділянкою та охолоджується незалежно від неї. Хромель-копелеві термопари (діаметром 0,15 мм кожна) закладені на двох радіусах  $r = 11,5$  мм та  $R = 37$  мм за периметром труби у десяти точках ( $\varphi = 0, \pi/4, \pi/2, 3\pi/4, \pi$ ). Така конструкція робочої ділянки дає змогу вимірювати локальні температури у фіксованих точках у стінці робочої ділянки.

**2. Результати експериментального дослідження локальних і середніх коефіцієнтів тепловіддачі.** Дослідження проводили за масової швидкості пари на вході в дослідну ділянку  $G = 50\text{--}43$  і  $12$  кг/(м<sup>2</sup>·с), змінювання середніх за  $\varphi$  теплових потоків  $q_{\varphi}$  від  $1 \cdot 10^3$  до  $35 \cdot 10^3$  Вт/м<sup>2</sup> і паровмістів у межах  $x = 0,24\text{--}0,91$ . Усі досліди виконано для однакових  $G$  і  $x$ , але за змінних  $q_{\varphi}$ . Така процедура дає змогу стабільно підтримувати в дослідах однакові параметри процесу ( $G$  і  $x$ ).

Вплив локального для кожного  $\varphi$  теплового потоку на локальне значення коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha_{\varphi}$  різний залежно від  $G$  і  $\varphi$ . Для більшості дослідів  $\alpha_{\varphi}$  у верхньому сегменті труби ( $\varphi > 90^\circ$ ) зменшується зі збільшенням  $q_{\varphi}$  (рис. 1). За  $\varphi < 90^\circ$  у нижній частині труби (струмок конденсату)  $\alpha_{\varphi}$  зростає за умови збільшення  $q_{\varphi}$ , особливо за малих  $x$  (рис. 1).

Середні коефіцієнти тепловіддачі  $\alpha_{\varphi} = f(q_{\varphi})$  для  $x = 0,2$  за різних масових швидкостях  $G$  показані на рис. 2, а середні коефіцієнти тепловіддачі  $\alpha_{\varphi} = f(q_{\varphi})$  для  $G = 12$

кг/(м<sup>2</sup>·с) за різних  $x$  – на рис. 3. Видно, що за умови стратифікованого режиму течії фаз коефіцієнти тепловіддачі майже не залежать як від швидкості пари (тертя на межі поділу фаз), так і від паровмісту  $x$ . Окрім того, значення  $\alpha_\phi$  добре узгоджуються з розрахунком за формулою Нуссельта (1), коли на процес конденсації впливає тільки сила тяжіння.

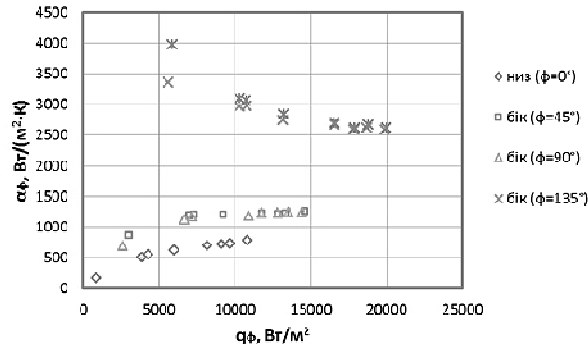


Рисунок 1 – Вплив теплового потоку  $q_\phi$  на локальну за периметром труби тепловіддачу  $\alpha_\phi$  за  $G = 43$  кг/(м<sup>2</sup>·с);  $x = 0,24$

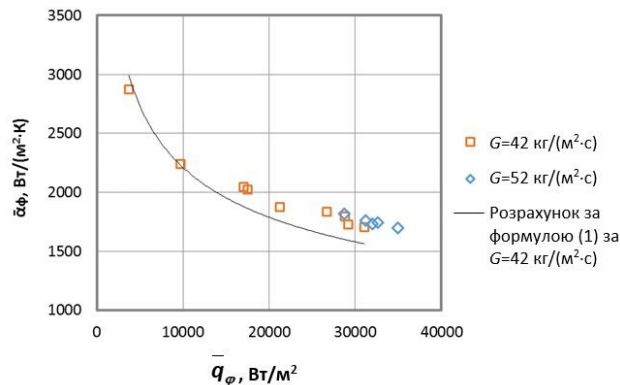


Рисунок 2 – Середні за периметром труби коефіцієнти тепловіддачі  $\alpha_\phi$  залежно від теплового потоку  $q_\phi$  за  $x = 0,2$  і різних масових швидкостей

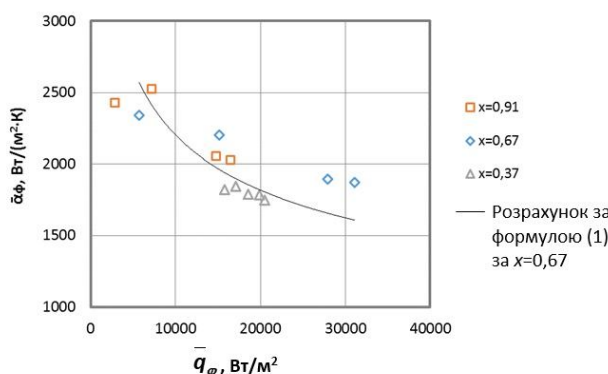


Рисунок 3 – Середні за периметром труби коефіцієнти тепловіддачі  $\alpha_\phi$  залежно від теплового потоку  $q_\phi$  за  $G = 12$  кг/(м<sup>2</sup>·с) і різного паровмісту

**3. Розрахунок теплообміну, кута й висоти затоплення перерізу труби.** Автори цієї роботи досліджували тепловіддачу під час конденсації пари холодоагенту R22 в середині горизонтальних труб за різних режимів течії потоку, зокрема за стратифікованим режимом.

У праці [1] автори узагальнили наявні у доступній літературі залежності щодо розрахунку геометричних характеристик потоку й тепловіддачі у разі конденсації робочих речовин у середині горизонтальних труб за стратифікованим та стратифіковано-хвильовим режимами течії фаз.

На підставі отриманих дослідних даних під час гравітаційного режиму течії потоку автори виконали порівняльні розрахунки коефіцієнтів тепловіддачі  $\alpha$ , кута струмка конденсату  $\theta_{wet}$ , висоти струмка  $h_{wet}$  за різними теоретичними та емпіричними залежностями, викладеними у роботі [1]. Відповідно до наведених кореляцій із праць [6–17] порівняльні розрахунки подано у графічному вигляді.

Порівняльний розрахунок кута затоплення (струмка) потоку  $\theta_{wet}$  за залежностями з робіт [6–16] показано на рис. 4, а порівняльний розрахунок висоти струмка потоку конденсату  $h_{wet}$  за залежностями з робіт [6–16] – на рис. 5.

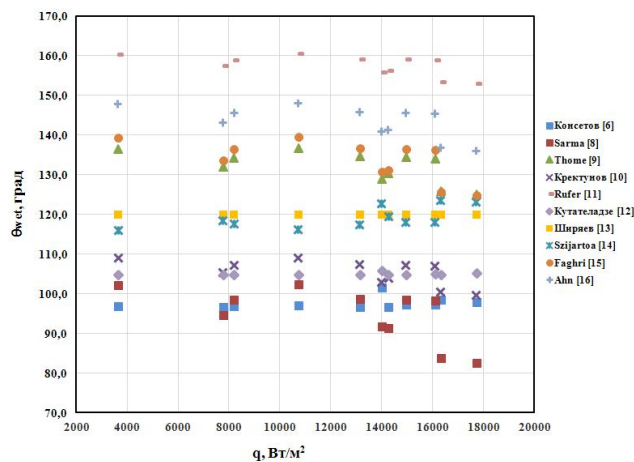


Рисунок 4 – Кут затоплення  $\theta_{wet}$  залежно від питомого теплового потоку  $q$

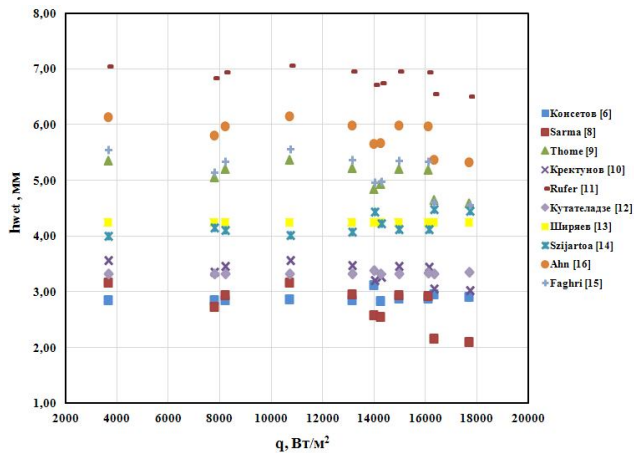


Рисунок 5 – Висота струмка конденсату  $h_{wet}$  залежно від питомого теплового потоку  $q$

Аналіз поданих на рис. 4 і 5 розрахунків свідчить, що значення кута затоплення  $\theta_{wet}$  і висоти струмка конденсату  $h_{wet}$  істотно залежить від формули для його розрахунку і обрати кращу серед них неможливо. Тому проведемо порівняння розрахунків теплообміну за різними залежностями з праць [6; 7; 9; 10; 14–17], зроблених на основі експериментальних даних авторів цієї роботи під час конденсації у трубі холодоагенту R 22.

У роботах [6; 7] середній коефіцієнт тепловіддачі під час конденсації пари в середині горизонтальної труби за умови наявності на її більшій частині розширеного режиму течії двофазного потоку наближено дорівнює:

$$\bar{\alpha} = \frac{\varphi}{\pi} \alpha_{strat} + \frac{\pi - \varphi}{\pi} \alpha_f, \quad (2)$$

де  $\alpha_f$  і  $\alpha_{strat}$  – відповідно середні коефіцієнти тепловіддачі у струмку конденсату і у верхній частині труби, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\varphi$  – кут затоплення труби, значення якого у першому наближенні можна розраховувати за формулою:

$$1 - \cos \varphi = 4,2 Fr_l^{0,33} \left( \frac{\sigma}{\rho_l g d^2} \right)^{0,25}, \quad (3)$$

де  $Fr_l = ql / (r \rho_l \sqrt{g d^3})$  – критерій Фруда;  $r$  – питома теплота пароутворення, Дж/кг;  $l$  – довжина труби, м;  $\sigma$  – коефіцієнт поверхневого натягу, Н/м.

Формули для розрахунку  $\alpha_f$  і  $\alpha_{strat}$  наведено у роботі [1].

У роботі [17] модель розрахунку тепловіддачі має такий вигляд:

$$\alpha = \theta \alpha_{bot} + (2\pi - \theta) \alpha_{top}, \quad (4)$$

де  $\theta$  – кут у радіанах верхнього сегменту труби до рівня рідини, значення якого наближено можна визначити за формулою:

$$\theta \approx \frac{2}{\cos(2\varepsilon - 1)}, \quad (5)$$

де  $\varepsilon$  – об'ємний паровміст.

Формули для визначення коефіцієнтів тепловіддачі у струмку конденсату  $\alpha_{bot}$  і у верхній частині труби  $\alpha_{top}$  наведено у роботі [1].

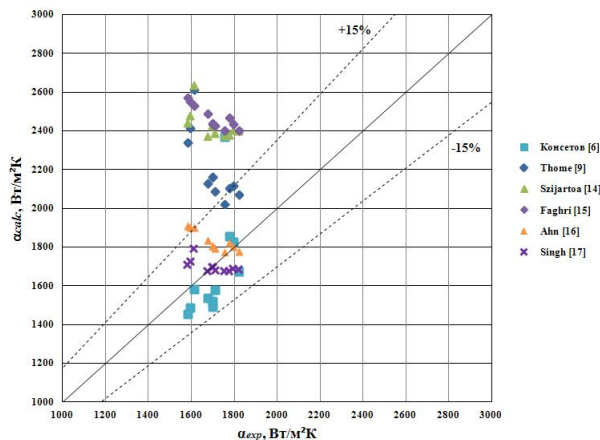


Рисунок 6 – Порівняння розрахунків середніх коефіцієнтів тепловіддачі  $\alpha$  з отриманими експериментальними даними

З рис. 6 видно, що найкращу точність мають формули Консетова [6; 7], Singh et al. [17] та Ahn et al. [16], які дають змогу узагальнити всі дослідні точки у межах  $\pm 15\%$ . Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі, визначені за іншими залежностями відхиляються від дослідних даних більш ніж на  $50\%$ .

### Висновки

1. У результаті досліджень локальних коефіцієнтів тепловіддачі під час конденсації холодоагенту R22 у середині горизонтальної труби показано вплив теплового потоку на тепловіддачу під час стратифікованого режиму течії фаз.

2. Найбільш прийнятними для розрахунку гідродинаміки й теплообміну за стратифікованим режимом течії фаз у середині горизонтальних труб у разі конденсацій фреону R22 є залежності Консетова (2) та (3) з робіт [6; 7]; формули Singh et al. (4) та (5) з роботи [17] та модель Ahn et al. [16]. Всі три методи дають можливість визначити кут затоплення і висоту струмка у нижній частині труби та забезпечують найкращу точність розрахунку середніх за периметром труби коефіцієнтів тепловіддачі  $\alpha$  (похибка у межах  $\pm 15\%$ ).

3. У подальших дослідженнях процесів гідродинаміки та конденсації за стратифікованим та стратифіковано-хвильовим режимами течії потоків необхідно розширити діапазон робочих речовин, використовуваних у досліді, зокрема багатокомпонентних холодоагентів та водяної пари.

### Література

1. Горін В. В., Середя В. В. Гідродинаміка та теплообмін під час конденсації пари робочих речовин у середині горизонтальних труб у разі стратифікованого режиму течії фаз. Огляд праць. Холодильна техніка і технологія. т. 54. № 4. С. 28–38.
2. Rifert V. G., Sereda V. V. Condensation inside smooth horizontal tubes. Part 1. Survey of the methods of heat-exchange prediction. Scientific journal «Thermal Science». 2015. № 5 (19). P. 1769–1789.
3. Петухов Б. С. Метод толстостенной трубы для измерения местной теплоотдачи в трубах. Теплоэнергетика. 1956. № 4. С. 36–41.
4. Louahlia-Gualous H., Panday P. K., Artioukhine E. Inverse determination of the local heat transfer coefficients of nucleate boiling on a horizontal cylinder. Journal of heat transfer, Transaction of the ASME. 2003. №125. P. 1087–1095.
5. Rifert V. G., Sereda V. V., Barabash P. O., Gorin V. V. Condensation inside smooth horizontal tubes. Part 2. Improvement of heat exchange prediction. Scientific journal «Thermal Science». 2017. № 3 (21). P. 1479–1489.
6. Консетов В. В. К вопросу о теплоотдаче при конденсации пара внутригоризонтальных труб // Изв. Вузов. «Энергетика». – Вып. 12. – М., 1961.
7. Консетов В. В. Исследование теплоотдачи при конденсации чистого насыщенного пара внутри труб: автореф. канд. дис. – Л.:1962. – 17 с.
8. Sarma P. K., Sarma A. S. P. and Apparao K. Venkata. Predictions of Flow-Level Angles in Two-Phase, One-Component Stratified Flow // Journal. Heat Transfer. – 1971. – V. 93. – № 2. – P. 254-255.
9. Thome J. R., Hajal J., Cavallini A. Condensation in horizontal tubes. Part 2: New heat transfer model based on flow regimes // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2003. – V. 46. – № 18. – P. 3365–3387.

10. Кректунов О. П., Савус А. С. Процессы конденсации и конденсаторы масло-жирового производства. – СПб.: АОТ «НПО ЦКТИ», –1998. – 495 с.
11. Ruffer C., Kezios S. Analysis of two-phase one component stratified flow with condensation. ASHARE Trans. 88, 1966. P. 265–272.
12. Кутателадзе С. С. Теплоотдача при пленочной конденсации пара внутри горизонтальной трубы. В кн.: Вопросы теплоотдачи и гидравлики двухфазных сред. – М.: ГЭИ, 1961. – С. 138–156.
13. Ширяев Ю. Н. Исследование теплообмена при конденсации фреонов и аммиака внутригоризонтальных труб и змеевиков: автореф. канд. дис. – Л.: ЛТИХП, 1974. – 24 с.
14. Szijártó R., Freixa J., Prasser H.-M. Simulation of condensation in a closed, slightly inclined horizontal pipe with a modified RELAP5 code, Nuclear Engineering and Design 273 (2014). – P. 288–297.
15. Faghri A., Zhang Y. Transport Phenomena in Multiphase Systems. Academic Press. 2006. 1064 p.
16. Ahn T.-H., Yun B.-J. and Jeong J.-J. Void fraction prediction for separated flows in the nearly horizontal tubes. Nucl. EngTechnol 47. – 2015. – P. 669 – 677.
17. Singh A., Ohadi M. M. & Dessiatoun S. V. Empirical Modeling of Stratified Wavy Flow Condensation Heat Transfer in Smooth Horizontal Tubes. ASHRAE Trans: Symposia. 1996. 9, P. 596–603.

Bibliography (transliterated)

1. Horin V. V., Sereda V. V. Hidrodynamika ta teploobmin pid chas kondensatsiyi pary robochykh rehovyn u seredyni horyzontal'nykh trub u razi stratyfikovanoho rezhymu techiyi faz. Ohlyad prats'. Kholodyl'na tekhnika i tekhnolohiya. Vol. 54. № 4. P. 28–38.
2. Rifert V. G., Sereda V. V. Condensation inside smooth horizontal tubes. Part 1. Survey of the methods of heat-exchange prediction. Scientific journal «Thermal Science». 2015. № 5 (19). P. 1769–1789.
3. Petukhov B. S. Metod tolstostennoy trubyy dlya izmereniya mestnoy teplootdachi v trubakh. Teploenergetika. 1956. № 4. P. 36–41.
4. Louahlia-Gualous H., Panday P. K., Artioukhine E. Inverse determination of the local heat transfer coefficients of nucleate boiling on a horizontal cylinder. Journal of heat transfer, Transaction of the ASME. 2003. №125. P. 1087–1095.
5. Rifert V. G., Sereda V. V., Barabash P. O., Gorin V. V. Condensation inside smooth horizontal tubes. Part 2. Improvement of heat exchange prediction. Scientific journal «Thermal Science». 2017. № 3 (21). P. 1479–1489.
6. Konsetov V. V. K voprosu o teplootdache pri kondensatsii para vnutrigorizontal'nykh trub // Izv. Vuzov. «Energetika». – Vol. 12. – М., 1961.
7. Konsetov V. V. Issledovanie teplootdachi pri kondensatsii chistogo nasyshchennogo para vnutri trub: avtoref. kand. dis. – L.: 1962. – 17 p.
8. Sarma P. K., Sarma A. S. P. and Apparao K. Venkata. Predictions of Flow-Level Angles in Two-Phase, One-Component Stratified Flow // Journal. Heat Transfer. – 1971. – V. 93. – № 2. – P. 254-255.
9. Thome J. R., Hajal J., Cavallini A. Condensation in horizontal tubes. Part 2: New heat transfer model based on flow regimes // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2003. – V. 46. – № 18. – P. 3365–3387.

10. Krekturnov O. P., Savus A. S. Protsessy kondensatsii i kondensatory maslozhirovogo proizvodstva. – SPb.: AOOT «NPO TsKTI», –1998. – 495 p.
11. Rufer C., Kezios S. Analysis of two-phase one component stratified flow with condensation. ASHARE Trans. 88, 1966. P. 265–272.
12. Kutateladze S. S. Teplootdacha pri plenochnoy kondensatsii para vnutri gorizontal'noy trub. V kn.: Voprosy teplootdachi i gidravliki dvukhfaznykh sred. – M.: GEI, 1961. – P. 138–156.
13. Shiryayev Yu. N. Issledovanie teploobmena pri kondensatsii freonov i ammiaka vnutrigorizontal'nykh trub i zmeevikov: avtoref. kand. dis. – L.: LTIKhp, 1974. – 24 c.
14. Szijártóa R., Freixa J., Prasser H.-M. Simulation of condensation in a closed, slightly inclined horizontal pipe with a modified RELAP5 code, Nuclear Engineering and Design 273 (2014). – P. 288–297.
15. Faghri A., Zhang Y. Transport Phenomena in Multiphase Systems. Academic Press. 2006. 1064 p.
16. Ahn T.-H., Yun B.-J. and Jeong J.-J. Void fraction prediction for separated flows in the nearly horizontal tubes. Nucl. Eng Technol 47. – 2015. – P. 669 – 677.
17. Singh A., Ohadi M. M. & Dessiatoun S. V. Empirical Modeling of Stratified Wavy Flow Condensation Heat Transfer in Smooth Horizontal Tubes. ASHRAE Trans: Symposia. 1996. 9, P. 596–603.

УДК 536.423.4

Серета В.В., Горин В.В.

**ГИДРОДИНАМИКА И ТЕПЛООБМЕН ПРИ КОНДЕНСАЦИИ ПАРА РАБОЧИХ ВЕЩЕСТВ В СЕРЕДИНЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ТРУБ В СЛУЧАЕ СТРАТИФИЦИРОВАННОГО РЕЖИМА ТЕЧЕНИЯ ФАЗ. РАСЧЕТ ТЕПЛОТДАЧИ**

Градиентным методом выполнено измерение локальных значений коэффициентов теплоотдачи и тепловых потоков в случае конденсации хладагента R22 в середине горизонтальной трубы с внутренним диаметром  $d_{\text{вн}} = 17$  мм при стратифицированном (расслоенном) режиме течения потока. Исследования проводили при массовой скорости пара на входе в трубу  $G = 50\text{--}43$  и  $12$  кг/(м<sup>2</sup>·с), изменении средних по периметру трубы тепловых потоков  $q_{\text{ф}}$  от  $1 \cdot 10^3$  до  $35 \cdot 10^3$  Вт/м<sup>2</sup> и паросодержании в пределах  $x = 0,24\text{--}0,91$ . Показано отдельное влияние на закономерности локальной и средней теплоотдачи скорости пара и соответственно сопротивления трения на границе раздела фаз и теплового потока для пленки конденсата при постоянном значении или незначительном изменении других характеристик процесса конденсации. Проанализированы теоретические и экспериментальные модели и методы расчета гидродинамики и теплообмена при конденсации рабочих веществ в середине горизонтальных труб в случае стратифицированного режима течения фаз с открытых литературных источников. В то же время приведены корреляции различных авторов относительно расчета локальных и средних по периметру трубы коэффициентов теплоотдачи. Показано, что наиболее приемлемыми для расчета угла затопления трубы при стратифицированном режиме течения в горизонтальных трубах являются зависимости Консетова, Кректунова и Кутателадзе. Экспериментально доказано, что лучшую точность расчета ( $\pm 15$  %) коэффициентов теплоот-

дачи в случае конденсации при расслоенном режиме течения фаз обеспечивают формулы Консетова, Сингха (Singh) та Агна (Ahn) с соавторами. С целью усовершенствования расчетных зависимостей по расчету коэффициентов теплоотдачи при конденсации при стратифицированном и стратифицированно-волновом режимами течения потоков необходимо расширить диапазон рабочих веществ, используемых в экспериментальных исследованиях, например многокомпонентных хладагентов, гидрокарбонатов и водяного пара.

**Ключевые слова:** конденсация, теплообмен, угол затопления трубы, стратифицированный режим, коэффициент теплоотдачи.

Sereda V.V., Gorin V.V.

**HYDRODYNAMICS AND HEAT TRANSFER IN VAPOUR CONDENSING INSIDE HORIZONTAL TUBES AT STRATIFIED PHASE FLOW. HEAT TRANSFER PREDICTION**

Experimental data on local and average heat transfer obtained when condensing refrigerant R22 in horizontal tube with  $d = 17$  mm to the stratified regime. In these studies, the input mass velocity ranged from 12 to 50 kg/(m<sup>2</sup>s), heat fluxes from  $1 \cdot 10^3$  to  $35 \cdot 10^3$  W/m<sup>2</sup> and of vapour content – 0,24 to 0,91. All the experiments are performed for the same heat fluxes, but for variables  $G$  and  $x$ . This procedure allows examining the specific impact on heat transfer of vapour velocity and vapour content at the constant value or small changes of other characteristics. The analysis of theoretical and experimental solutions for hydrodynamics and heat transfer prediction in condensing inside horizontal tubes at stratified flow is presented in this paper. Heat transfer by vapor condensing in a stream is predicted by different correlations not proved by the experiments, but related to convective heat transfer in tube. The proposed empirical correlations for heat transfer prediction reveal significant discrepancies both in heat-transfer coefficients and in the rate of main parameters ( $Re_l$ ,  $Re_v$ ,  $Pr_l$ ) that effect on condensation. In addition, there are often no remarks concerning boundaries for the use of the proposed relationships. It is shown, that the most suitable for prediction of the flooding angle of the tube at stratified flow regime are the dependence of Consetov, Krektunov and Kutateladze. Experimentally proved that the best accuracy of the heat transfer prediction ( $\pm 15\%$ ) at stratified phase flow regime provides the formulas of Consetov, Singh and Ahn with co-authors. For the improvement of the dependences for heat transfer prediction in condensing at stratified and stratified-wave regimes of phase flow, it is necessary to expand the range of working fluids used in experimental studies, such as multicomponent refrigerants, hydrocarbons and water vapor.

**Keywords:** condensation; heat exchange; heat transfer coefficient; flooding angle; stratified flow.