ТЕПЛООБМІН, ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ГАЗОПОСТАЧАННЯ

УДК 697.34:536.24

Вплив модифікації теплоносія триетаноламіновими ефірами жирних кислот на теплообмін

Е.С. Малкін[1], К.О. Габа[2]
[1]докт. тех. наук, професор. Київський національний університет будівництва і архітектури
[2]асистент. Київський національний університет будівництва і архітектури, chibra@bigmir.net

Проведено експериментальні та аналітичні дослідження теплофізичних властивостей водного розчину триетаноламінових ефірів жирних кислот. Визначено вплив зміни теплофізичних властивостей на теплообмін. Встановлено зростання кінематичної в’язкості, зменшення питомої теплоємності та коефіцієнту теплопровідності у порівнянні з водою. У нижній частині робочого діапазону температур систем теплопостачання встановлено незначне зменшення коефіцієнту тепловіддачі.

Ключові слова: поверхнево-активні речовини, теплообмін, методи дослідження теплофізичних властивостей рідин.

Постановка проблеми. Зміна структури турбулентних потоків, гідрофобізація поверхонь, їх очищення від відкладень, зміна дисперсної і хвильової структури потоків і плівкових течій - ці та інші ефекти, зумовлені доданками поверхнево-активних речовин (ПАР) впливають на процеси тепло масообміну [1]. Основна увага у літературі приділена процесам кипіння і конденсації, широко поширеним в теплоенергетичних установках різного призначення. Впливу на теплообмін в умовах роботи централізованих систем теплопостачання з водогрійними котлами приділена недостатня увага.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Інтенсивність теплообміну між рідиною та поверхнею труби характеризує коефіцієнт тепловіддачі [2]. За своїм фізичним характером конвективний теплообмін є складним процесом і залежить від багатьох факторів, які визначають процес тепловіддачі. У загальному випадку коефіцієнт тепловіддачі є функцією фізичних параметрів рідини, характеру течії, швидкості руху, форми, геометричних розмірів тіла та ін.

$$\alpha = f\,(w,\ \lambda,\ \mu,\ \rho,\ c,\ X,\ t_p,\ t_{cm},\ \Delta t,\ \Phi,\ l_1,\ l_2,\ l_3) \qquad (1)$$

Формулювання цілей і завдання статті. Метою даної роботи є експериментальне визначення теплофізичних властивостей модифікованого теплоносія систем теплопостачання - водних розчинів триетаноламінових ефірів жирних кислот та аналіз впливу на коефіцієнт тепловіддачі.

Основна частина. Для встановлення впливу модифікування теплоносія на зміну теплофізичних властивостей проведено чисельне та експериментальне дослідження густини ρ, коефіцієнту кінематичної в'язкості ν, теплоємності c_p та коефіцієнту теплопровідності λ водних розчинів триетаноламінових ефірів жирних кислот концентрацій 5-20 мг/л. Методи експериментального дослідження представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

Методи експериментального дослідження

Параметр	Методи дослідження	Розрахункова формула
Густина, г/см^3	Пікнометричний метод	$\rho_p = \dfrac{m_2 - m_1}{m_1 - m}\rho_в$ (2)
Кінематична в'язкість, мм/с^2	Метод капілярної віскозиметрії	$\nu = \dfrac{g}{9{,}807}K\tau$ (3)
Теплоємність, кДж/(кг °С)	Калориметричний метод	$C = \dfrac{Q}{G(t_2 - t_1)}$ (4)
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м К)	Метод коаксіальних циліндрів	$\lambda = \dfrac{Q\ln(d_2/d_1)}{2\pi l(\bar{t}_1 - \bar{t}_2)}$ (5)

де m – маса пікнометра, г; m_1 – маса пікнометра з водою, г; m_2 – маса пікнометра з досліджуваною рідиною, г; g – прискорення вільного падіння м^2/с; K – стала віскозиметра; τ – час стікання, с; Q – тепловий потік, Вт; G – об'ємна витрата, м^3/с; t_1, t_2 – температура рідини на вході та на виході з калориметру, $\bar{t}_1$, $\bar{t}_2$ – середні температури на поверхнях циліндрів, °С; d_1, d_2 – внутрішній та зовнішній діаметр циліндру, м; l – довжина циліндру, м.

Для отримання температурної залежності теплофізичних властивостей у межах 60-90 ºС використовувався рідинний термостат СЖМС-19/2,5 – И1. Для контроля температури середовища використовувався рідинні ртутні термометри ТЛ-4 з ціною поділки 0,1 °С. Зважування проводилось на аналітичних вагах ВЛА-200.

Аналітичні дослідження виконано: кінематичної в'язкості методом Соудерса та рівнянням Тамура і Курата для бінарних систем, теплоємності -

методом групових складових Міссенара та правилом адитивності; коефіцієнту теплопровідності – за правилом Філліпова [3, 4].

За результатами аналітичних та експериментальних досліджень густини, питомої теплоємності та коефіцієнту теплопровідності отримано значення критерія Прандтля $\Pr = \nu / a$ $(a = \lambda / (c_p\,\rho))$ розчинів модифікатора концентраціями 5-20 мг/л у робочому діапазоні температур систем теплопостачання 70-90 ºC (рис.1).

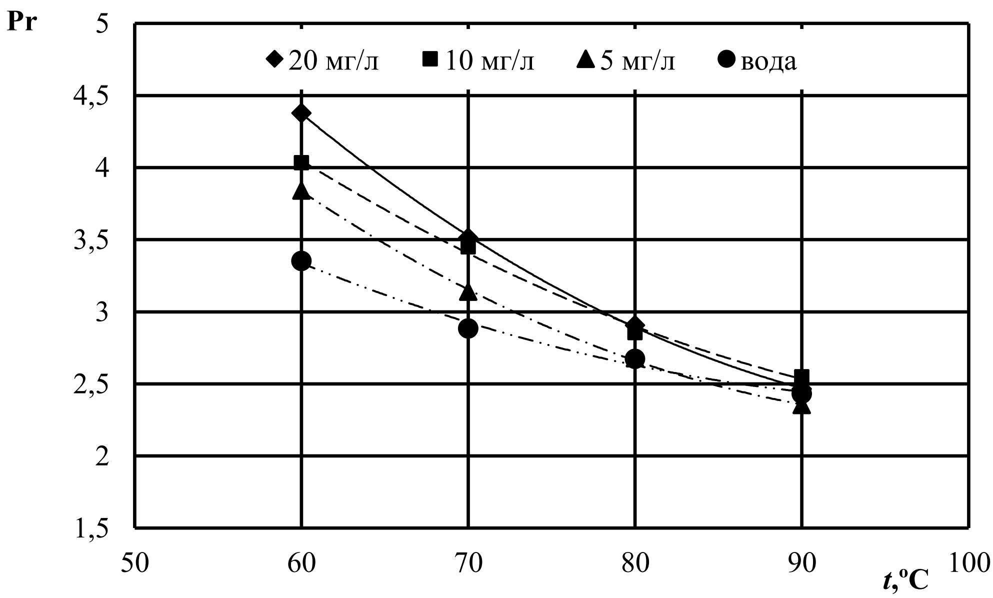

Рис. 1. Критерій *Pr* модифікованого теплоносія:
суцільна лінія – 20 мг/л, пунктир – 10 мг/л, штрихпунктир – 5 мг/л, подвійний штрих – пунктир - вода

Числа Pr та Re дозволяють розрахувати Nu та α. Розрахунок проведено за формулою Міхеєва, яка має задовільні результати для теплообміну у кільцевому каналі

$$Nu = 0{,}21\,\mathrm{Re}^{0{,}8}\,\mathrm{Pr}^{0{,}43}\left(\mathrm{Pr}_f / \mathrm{Pr}_w\right)^{0{,}25} \tag{6}$$

Коефіцієнт тепловіддачі α розраховується за формулою

$$\alpha = Nu\,\lambda / d \tag{7}$$

Результати розрахунку за формулою (7) наведені на рис. 2.

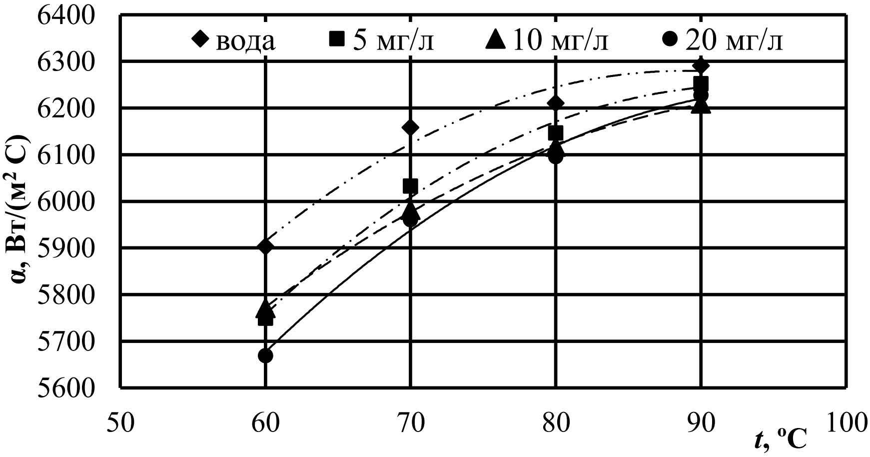

Рис. 2. Коефіцієнт тепловіддачі модифікованого теплоносія
суцільна лінія – 20 мг/л, пунктир – 10 мг/л, штрихпунктир – 5 мг/л,
подвійний штрих-пунктир - вода

За результатами досліджень встановлено, що залежність *Nu=f (c)* для концентрацій модифікатора 5-10 мг/л носить лінійний характер. При модифікуванні теплоносія у вказаному діапазоні концентрацій критерій *Nu* приблизно рівний *Nu* теплоносію – воді.

Коефіцієнт тепловіддачі від теплоносія до стінки α при температурі 70 °С лежить у межах 5668 для c = 20 мг/л до 5749 для концентрації c = 5 мг/л, тоді як для води при цій же температурі 5900. З підвищенням температури різниця між коефіцієнтами тепловіддачі для води и модифікованого теплоносія зменшується до: для c = 20 мг/л 6209-6290.

Висновок. Модифікування води триетаноламіновими ефірами жирних кислот у робочому діапазоні температур централізованих систем теплопостачання слабо впливає на теплообмін від рідини до стінки труби. Переважаючим є інтенсифікування теплопередачі за рахунок очищення поверхонь від накипних відкладень.

Література

1. Филлипов Г.А., Салтанов Г.А. Гидродинамика и тепломассообмен в присутствии ПАВ / Г.А. Филлипов, Г.А. Салтанов. – М.: Энергоатомиздат, 1988. –184 с.

2. Нащокин В. В. Техническая термодинамика и теплопередача / В. В. Нащокин. – Москва: Высшая школа, 1975. – 497 с.

3. Шпильрайн Э. Э. Основы теории теплофизических свойств веществ / Э. Э. Шпильрайн, П. М. Кессельман. – Москва: Энергия, 1977. – 248 с.

4. Рид Р. Свойства газов и жидкостей / Р. Рид, Т. Шервуд. – Ленинград: Химия, 1971. – 704 с.

Влияние модификации теплоносителя триэтаноламиновыми эфирами жирных кислот на телпообмен

Э.С. Малкин, К.А. Габа

Проведены экспериментальные и аналитические исследования телпофизических свойств водных растворов триэтаноламиновых эфиров жирных кислот. Определено влияние изменения теплофизических свойств на теплообмен. Установлено повышение кинематической вязкости, уменьшение удельной телпоемкости и коэффициента теплопроводности относительно воды. В нижней части рабочего диапазона температур систем теплоснабжения установлено уменьшение коэффициента теплоотдачи.

Heat exchange influence of modified coolant triethanolamine fatty acid esters

E.Malkin, K. Gaba

Experimental and analytical studies telpofizicheskih properties of aqueous solutions of triethanolamine fatty acid esters. The effect of changes in the thermal properties of the heat. Increase of the kinematic viscosity, specific reduction telpoemkosti and thermal conductivity with respect to water. At the bottom of the working temperature range of heating systems installed reduction in heat transfer coefficient.

Надійшла до редакції 23.05.2016 р.