

17. Емпіричні залежності для визначення основних локальних теплогідродинамічних характеристик процесу конденсації пари на поверхні циліндричного струменя рідини

Володимир Бондар, Богдан Явдошук, Сергій Василенко
Національний університет харчових технологій

Вступ. Аналіз конструктивних особливостей апаратів із безпосереднім контактом фаз дозволив зробити висновок, що одними з найперспективніших в умовах харчової промисловості є пароконтактні тепломасообмінні апарати з розподільчими пристроями циліндричного типу. Така конструкція дозволяє забезпечити стабільне зрошення та максимальну поверхню контакту фаз у широкому діапазоні зміни витратних характеристик теплоносіїв навіть за умови їх значного забруднення.

Створення пароконтактних тепломасообмінних апаратів запропонованого типу і розроблення теплообмінників різної теплової потужності потребує науково обґрунтованих методик їх теплогідролічних і конструктивних розрахунків. Це можливо тільки за умови коректного та науково достовірного дослідження та аналізу їх теплогідродинамічних режимів.

Матеріали і методи. Авторами розроблена дослідна установка та проведено дослідження процесів теплообміну в вертикальних вільних струменях рідини, що утворюються при їх витіканні з циліндричних отворів, під час конденсації на їх поверхні нерухомої пари та пари з протічійного потоку. Використані експериментальні методи із застосуванням сучасних засобів автоматизації вимірального комплексу та статистичного оброблення результатів експериментального дослідження, математичне моделювання.

Результати. В ході попереднього аналізу було проведено апроксимацію отриманих експериментальних даних з використанням найбільш вживаних на сьогодні систем безрозмірнісних чисел подібності, отриманих дослідниками для умов, в яких діапазон зміни режимів руху двофазного потоку та геометричних параметрів струменя найбільш наближені до умов проведеного в роботі експерименту, та проведено порівняння отриманих кореляцій. При цьому для перевірки адекватності отриманих залежностей застосовували методи регресійного аналізу. Оцінка невідомих параметрів регресії проводили за методом найменших квадратів.

За критерій якості регресії був обраний коефіцієнт детермінації. Встановлено, що на сьогодні не існує системи параметрів, яка дозволяла б з достовірною точністю

описувати процеси теплообміну під час конденсації пари на циліндричному вільностікаючому струмені рідини в діапазоні досліджуваних параметрів.

Тому була розроблена оригінальна система безрозмірних чисел подібності, що базується на результатах аналізу гідродинаміки струменів та розробленої математичної моделі. За нею для одновимірного моделювання результати експериментального дослідження апроксимовані емпіричною залежністю

$$\frac{d_0}{y} \ln \frac{T_s - T_0}{T_s - T_p} = 0,000897 \cdot \left(\frac{1}{d_0} \right)^{-0,73} \cdot Re_0^{0,99} \cdot We_{\sigma 2}^{-0,53} \cdot K^{-1,66} \cdot Pr^{-2,22} \cdot (1)$$

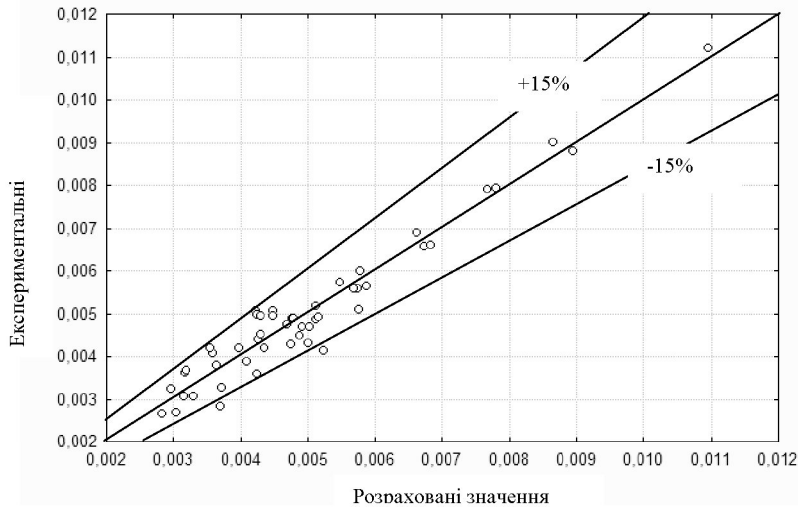


Рис.9. Порівняння розрахованих значень за наведеною моделлю

з експериментальними значеннями $\frac{d_0}{y} \ln \frac{T_s - T_0}{T_s - T_p}$

Порівняння розрахованих значень за наведеною моделлю з експериментальними значеннями вказує на високу точність оброблення дослідних даних, та наведено на рис. 1.

Під час мінімізації нормованої суми квадратів порівнювали різні оптимізаційні процедури. Найкращий результат дав Квазі-Ньютонівський метод, з коефіцієнтом детермінації 93,8%.

Висновки. Розроблення емпірична залежність для розрахунку локальної тепловіддачі до циліндричного струменя рідини, яка може бути застосованою під час одновимірного інженерного моделювання.