

11. Гідродинамічні режими течії поодинокого циліндричного вільностікаючого струменя рідини

Володимир Бондар, Катерина Бакуменко, Сергій Василенко
Національний університет харчових технологій

Вступ. Якщо розглядати теплообмінні апарати змішування, які є поширеними в харчовій промисловості, з точки зору руху потоків теплоносіїв, то одним із найбільш важливих питань є визначення граничних параметрів течій, які визначають початок руйнування суцільної структури струменя. Гідродинамічний режим роботи теплообмінних апаратів впливає на стабільність його роботи, а також обумовлює особливості процесів перенесення теплової енергії та обміну масою.

Матеріали і методи. Авторами розроблена дослідна установка та проведено гідродинамічне дослідження теплогідродинамічних характеристик вертикальних вільних струменів води, що утворюються при їх витіканні з циліндричних отворів, під час конденсації на їх поверхні нерухомої пари та пари з протитечійного потоку.

Результати. На основі фотографування струменевої течії під час проведення експериментального дослідження та аналізу отриманих результатів пропонується така класифікація гідродинамічних режимів руху циліндричного вільностікаючого струменя рідини.

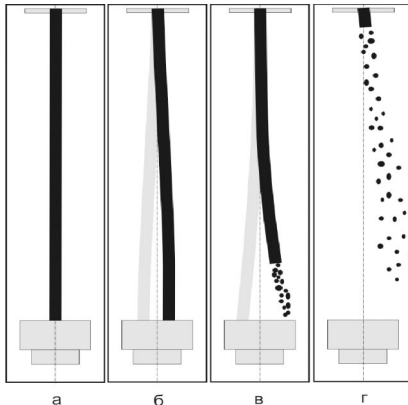


Рис. 1. Гідродинамічні режими руху

1. **Режим стійкої течії.** Струмінь не змінює своєї форми протягом всього часу дослідження. Траєкторія руху вертикальна. Форма струменя в перерізі повторює форму отвору, з якого витікає. Пара обтікає струмінь, практично не змінюючи його форми та траєкторії руху (див. рис. 1, а).

2. **Хвильовий режим** настає рід час подальшого збільшення витрати води та швидкості набігаючого потоку пари. Це відбувається не миттєво, а поступово внаслідок дестабілізації струменя. Він характеризується відхиленням струменя від вертикальної траєкторії (зміною горизонтальної координати), періодичною зміною його форми та появою на поверхні струменя хвиль (див. рис. 1, б).

3. **Диспергований гідродинамічний режим** настає під час подальшого збільшення витрати рідини та швидкості набігаючого потоку пари. Траєкторія

$$d = 6 \text{ мм}, Re = 4616,$$

$$\text{а) } c_{\text{п}} \cdot v_{\text{п}}^2 \leq 0.10 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{сек}^2),$$

$$\text{б) } c_{\text{п}} \cdot v_{\text{п}}^2 \leq 0.14 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{сек}^2),$$

$$\text{в) } c_{\text{п}} \cdot v_{\text{п}}^2 \leq 0.34 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{сек}^2),$$

$$\text{г) } c_{\text{п}} \cdot v_{\text{п}}^2 \geq 0.54 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{сек}^2).$$

витікання рідини з отвору не відповідає вертикальній. Струмінь відхиляється вбік, різко коливається, порушується його суцільність (він руйнується). Утворюються маленькі краплі рідини, які виносяться потоком пари (див. рис. 1, в 4. *Граничний гідродинамічний режим.* Пара підхоплює струмінь рідини, частина пари барботує через товщу рідини. Цей режим періодично змінюється на диспергований гідродинамічний (рис. 1 г).

Висновки. Аналіз гідродинаміки циліндричного струменя рідини дозволив розробити фізично обґрунтовану класифікацію режимів його течії.