

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ПОДІБНОСТІ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Чердаклієв А.А. 22 МБГМ

Керівник Петриченко С.В., к.т.н., доц.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного*

Анотація – наведені зостереження щодо безумовного застосування теорії подібності при моделюванні технологічних процесів харчових виробництв.

Технологічні процеси являють собою поєднання різних фізичних, фізико-хімічних і хімічних явищ, які в принципі можна описати диференціальними рівняннями, що дуже часто нерозв'язні аналітично. Тому виникає необхідність експериментального вивчення процесів на дослідних установках різних розмірів.

Плідне вивчення процесів дослідним шляхом можливо тільки при наявності теорії, яка забезпечує правильну постановку експериментів і обробку їх результатів.

Такою теорією є теорія подібності, яка ґрунтується на уявленні про подібність процесів і являє собою метод математичного моделювання, заснований на переході від звичайних фізичних величин, що впливають на систему, що моделюється, до узагальнених величин комплексного типу, складеним з вихідних фізичних величин, але в певних поєднаннях, що залежать від конкретної природи досліджуваного процесу.

Перенесення експериментальних даних з моделі на виробничий апарат можливо лише в таких випадках, коли існує подібність обох процесів. Ця подібність не повинна обмежуватися тільки геометричними формами; всі інші величини, які впливають на процес, повинні в моделі і в виробничому апараті перебувати в певних відносинах.

Теорія подібності не завжди дозволяє домогтися подібності між процесом, дослідженим на експериментальній установці (моделі), і процесом, що протікає в промисловому апараті (оригіналі), не тільки для складних процесів, що описуються великим набором критеріїв подібності, але і для порівняно простих.

Наприклад, для того щоб забезпечити гідродинамічну подобу процесів, що протікають під впливом сили тяжіння, необхідно домогтися, зокрема, рівності критеріїв Рейнольдса $Re_0 = Re_M$ і критеріїв Фруда $Fr_0 = Fr_M$ (індекс «0» – для оригіналу, «М» – для моделі).

Критерій Фруда $Fr = w^2/gl$ характеризує подібність процесів, що йдуть при дії сили тяжіння, і висвітлює співвідношення сили тяжіння і сил інерції, де w – швидкість руху потоку, l – визначальний розмір,

g – прискорення вільного падіння.

Таким чином, для забезпечення подібності двох потоків необхідно, щоб

$$Re_0 = Re_M; Fr_0 = Fr_M. \quad (1)$$

Масштаби моделі і промислового апарату (оригіналу) відрізняються в n разів:

$$l_M = l_0/n \quad (2)$$

т. ч.

$$Re_0 = \frac{l_0 w_0}{\nu_0}; Re_M = \frac{l_M w_M}{\nu_M}; \quad (3)$$

Приймемо, що рідина однакова в обох випадках, тоді $\nu_M = \nu_0$.

Для подібності процесу необхідне виконання (1...3):

$$\frac{l_0 w_0}{\nu_0} = \frac{l_M w_M}{\nu_M}; \text{ або } l_0 w_0 = \frac{l_0}{n} w_M, \text{ звідки} \quad (4)$$

$$w_M = n w_0.$$

Таким чином, швидкість потоку на моделі необхідно збільшити в n разів.

Виконаємо аналогічні перетворення для критерію Фруда:

$$Fr_M = \frac{w_M^2}{g l_M}; Fr_0 = \frac{w_0^2}{g l_0}; \quad (5)$$

$$\frac{w_M^2}{g l_M} = \frac{w_0^2}{g l_0}; \quad w_M^2 l_0 = w_0^2 l_M; \quad w_M^2 l_0 = \frac{l_0}{n} w_0^2; \quad (6)$$

остаточно маємо

$$w_M = \frac{w_0}{\sqrt{n}}. \quad (7)$$

В результаті проведеного аналізу отримаємо, що для забезпечення подібності процесів за критерієм Рейнольдса необхідно, щоб виконувалося співвідношення (4), а щоб забезпечити подібність за критерієм Фруда, необхідно, щоб виконувалося співвідношення (7), які взаємовиключні.

Таким чином, для розглянутого порівняно простого випадку не вдається забезпечити подібність процесів.

Підводячи підсумок розгляду методу теорії подібності, можна відзначити наступні основні недоліки:

- не враховується все різноманіття факторів, що впливають на процес, в рамках обмеженого числа прийнятих критеріїв;
- відбувається суттєве погіршення точності розрахункових рівнянь для умов, що відрізняються від умов експериментів;
- виявляються обмеження, пов'язані з розрахунком процесів для апаратів промислових розмірів, якщо ці рівняння були отримані для невеликих модельних апаратів.

У той же час при виконанні певних умов, які було зазначено вище, основною перевагою теорії подібності є встановлення набору параметрів, які визначають хід і характер протікання технологічних процесів.