

М.І. Погожих, д-р техн. наук, проф. (*ХДУХТ, Харків*)
Д.О. Торяник, канд. фіз.-мат. наук, доц. (*ХДУХТ, Харків*)

СТАТИСТИЧНА МОДЕЛЬ ВИПАРОВУВАННЯ З ПОВЕРХНІ РІДИНИ

Випаровування з поверхні рідини – статистичний процес, який триває завжди, за будь-яких тисків та температур. З молекулярної точки зору, при випаровуванні молекули, що мають кінетичну енергію більшу за деяку критичну, вивільнюються з поверхні в оточуюче середовище. За деякий час, який залежить від зовнішніх умов, якщо молекули рідини в змозі покинути газ над поверхнею, вся рідина випарується. Випаровування, основою якого є тепло-масообмін (ТМО), застосовується в багатьох технологічних процесах виробництва продуктів харчування і є енергоємним процесом, ефективність якого визначає себевартість, якість та харчову безпечність кінцевого продукту. В останні роки виникають нові процеси ТМО, зокрема індукований тепло-масообмін (ІнТМО), який дозволяє ефективно видаляти вологу за температур набагато нижчих температури кипіння рідини. Але механізм цього процесу залишається поки що багато в чому невідомим. Пояснення цього процесу неможливо без застосування, як положень молекулярно-кінетичної теорії, так і термодинаміки. Але грань між ними є невизначеною при переході від ймовірнісних (статистичних) розподілів молекулярно-кінетичної теорії до термодинамічних закономірностей. Тому цілком доцільно використовувати для опису процесу випаровування випадкову модель.

Нехай циліндр радіуса r та висотою h наполовину заповнений рідиною. Це відповідає лабораторному експерименту по виявленню та дослідженню ефекту ІнТМО. Припустимо, що система є замкненою, тобто за заданою температурою через деякий час наступить рівновага. При цьому в об'ємі над поверхнею рідини будуть знаходитись крапельки сконденсованої рідини, а розподіл їх буде випадковим, оскільки деякий порядок, зумовлений інформацією, що виносять молекули з поверхні рідини, зберігається лише на відстані вільного пробігу молекул рідини у повітрі. Таким чином, в якості моделі виберемо циліндр одиничного радіуса та висотою, що дорівнює діаметру циліндра. Цей циліндр відповідає простору над поверхнею рідини. Заповнимо циліндр випадковими точками, розподіленими за рівномірним законом розподілу. Рівномірний розподіл точок в циліндрі представлено на рисунку.

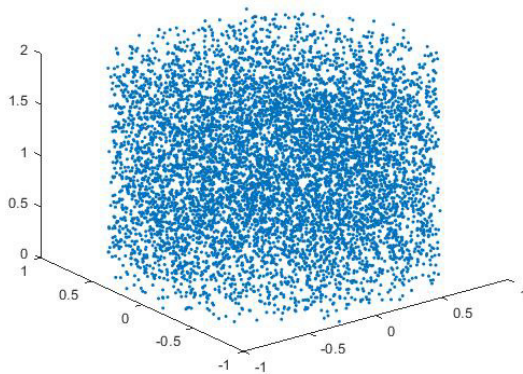


Рис. Рівномірний розподіл точок в циліндрі

Проведений аналіз випадкового розподілу точок в циліндрі показав, що мінімальна відстань від точки до дна циліндра не менша ніж $4,5 \cdot 10^{-4}$ одиниць, а відстань від цієї точки до найближчої більше щонайменше на два порядки. Приблизно така ж відстань до наступної найближчої точки. Практично таке ж розташування точок у циліндрі спостерігається при іншому випадковому розподілу точок та іншій щільності точок у циліндрі.

Таким чином, повертаючись від моделі до процесу випаровування рідини, можна зробити висновок, що найближчі до дна циліндра точки належать упорядкованому шару над поверхнею рідини. Якщо припустити, що кожна точка є центром сконденсованої краплі рідини, то в деякий момент часу обов'язково утворяться ланцюги з крапель рідини, відстань між якими буде не більше заздалегідь заданої величини, що прямують від дна до верха циліндра. Тобто буде спостерігатися перенос поверхні випаровування на верхню межу циліндра і вмикання зовнішньої флуктуації призведе до ефективного видалення вологи в оточуюче середовище (процес ІнтМО). Індукування такого процесу можливо за рахунок узгодженої (за часом та простором) роботи зовнішніх сил. При цьому модель повинна бути ускладнена завданням умов для дрейфу часток. Відповідно, обраний математичний об'єкт «випадковий розподіл точок у просторі» цілком коректно може використовуватись в якості фізичної моделі для аналізу складної системи в процесах ТМО.