

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ НА ПРОХОДЖЕННЯ РІДИНИ ЧЕРЕЗ КАПІЛЯР

Електромагнітні хвилі – неминучі супутники побутового комфорту. Вони пронизують простір навколо нас і наші тіла: джерела ЕМ-випромінювання зігрівають і освітлюють будинки, служать для приготування їжі, забезпечують миттєвий зв'язок з будь-яким куточком світу. Усі працюючі електроприлади створюють навколо себе електромагнітне поле, яке викликає рух заряджених частинок: електронів, протонів, молекул-диполів. Іони води – теж мають слабе електромагнітне поле. В даному експерименті досліджується вплив електромагнітних хвиль на протікання рідини через капіляр. Для цього скористаємося законами гідро- та електродинаміки. А саме, знайти значення E – напруженість електричного поля та H – напруженість магнітного поля. Також, внаслідок тертя стінок капіляра та протіканні розчину води, необхідно знайти $F_{\text{вн}}$ внутрішнє тертя, діелектричну проникність розчину:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}, \quad (1)$$

де \vec{F} – сила, q – електричний заряд, \vec{E} – напруженість електричного поля;

$$F_{\text{вн}} = \eta \frac{dv}{dx} S, \quad \eta = \text{const}, \quad (2)$$

η – коефіцієнт внутрішнього тертя або динамічної в'язкості.

У речовині електричні та магнітні поля характеризуються додатковими векторами: електричною індукцією та напруженістю магнітного поля, зв'язаних з, відповідно, напруженістю електричного поля й магнітною індукцією співвідношення, які називають матеріальними. У загальному вигляді матеріальні співвідношення мають складну нелокальну форму, тому під час запису основних рівнянь електродинаміки їх не наводять. Тому, скористаємося основними рівняннями класичної електродинаміки, які описують електричне та магнітне поле, створене зарядами й струмами – рівнянням Максвелла:

$$\text{rot} \vec{H} = \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} \vec{j}, \quad \text{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \quad \text{div} \vec{B} = 0, \quad \text{div} \vec{D} = 4\pi \rho_f, \quad (3)$$

де ρ_f – густина вільних зарядів, \vec{B} – вектор магнітної індукції.

Внесок зв'язаних зарядів враховується при визначенні вектора електричної індукції \vec{D} . На заряд у суцільному середовищі з боку інших зарядів діють сили відмінні від сил у вакуумі. Причиною цього є поляризація середовища. Будь-який матеріал складається із електронів та іонів, які під дією зовнішнього поля зміщуються. В результаті ці наведені заряди створюють свої поля, згідно з принципом Лешательє–Брауна, реакція будь-якої системи на зовнішній вплив намагається зменшити ефект цього впливу. Електричне поле, яке діє на пробний заряд з боку інших зовнішніх зарядів менше, ніж у випадку відсутності середовища. Напруженість електричного поля, розрахована без врахування наведених зарядів і поляризації, й називається вектором електричної індукції у системі СГС. В системі СІ вектор електричної індукції визначений із іншою розмірністю, ніж розмірність напруженості електричного поля, а тому результат розрахунку потрібно ще помножити на діелектричну проникність вакууму.

Більша частина устаткування, що застосовується у виробництві лікарських препаратів, є дуже дорогою і потребує великих витрат на утримання й обслуговування. Це викликає необхідність створення нових методів і приладів для контролю стану речовини, що дадуть змогу здешевити виробництво й дати можливість контролювати склад лікарських препаратів у режимі реального часу у ході виробництва.

Досліди, що проводилися у цій сфері тільки теоретичні і їх не так багато. З усіх статей, найбільшої уваги потребує робота А.В. Харланова – доцента кафедри фізики Волгоградського державного технологічного університету. Його робота базується на явищі електроосмос – явищі переміщення рідини в пористих тілах під дією електричного поля. Причиною того явища прийнято вважати існування двох різних за природою речовин, на границі їх розподілу виникає заряд. Наприклад, на границі фаз рідина-тверде тіло, рідина набуває позитивного заряду, а тверде тіло – від'ємного. Відмінність зарядів фаз приводить, у випадку нерухомого пористого тіла в електричному полі, до переміщення рухомих обмінних іонів разом з рідкою фазою до відповідного полюсу. В досліді А.В. Харланова, при опроміненні капіляра електромагнітною хвилею, інтенсивністю $I = 100 \text{ Вт/м}^2$, вважається, що амплітуда електричного поля буде рівна 90 Н/Кл . Таким чином, для того, щоб амплітуда високочастотної сили на одиницю поверхні була більше сили адгезії на одиницю поверхні. Адгезія – зчеплення поверхонь різнорідних твердих або рідких тіл. Поверхнева щільність води повинна мати порядок 1 Кл/м^2 , а виходячи з розрахунку А.В. Харланова, поверхнева щільність може мати і більш високі значення. В такому випадку сила Кулона, яка діє на шар води,

прилягаючої до стінки труби, відповідає високочастотній силі F , а сила F_s відповідає U_0 . Виходячи з результатів роботи А.В. Харланова, розрахунок рідини збільшиться на величину рівну:

$$\Delta W = U_0 \pi R^2 . \quad (4)$$

У реальної рідини, внаслідок взаємного тяжіння і теплового руху молекул, має місце внутрішнє тертя або в'язкість.

Якщо ми помістимо розчин рідини в капіляр і приведемо в рух та змусимо циркулювати воду, внаслідок циркуляції виникають сили, що діють між стінками капіляра і рівнями води та спрямовані за дотичною до поверхні шарів, які називаються силами внутрішнього тертя. Ці сили пропорційні площі взаємодіючих шарів S і градієнта швидкості. Для багатьох рідин сили внутрішнього тертя підпорядковуються рівнянню Ньютона. Для рівняння Ньютона нам знадобиться значення ньютонівської рідини, яке вже відоме заздалегідь. Коефіцієнт внутрішнього тертя ньютонівської рідини залежить від її будови, температури і тиску, але не залежить від градієнта швидкості. За допомогою цих значень, ми можемо дослідити процес протікання води через капіляр. Використання тонкого капіляру дозволяє не тільки виміряти діелектричну проникність рідини певного об'єму, а й у режимі реального часу спостерігати за зміною діелектричної проникності потоку досліджуваного водного розчину. Однак такі вимірювання мають певні особливості. Так, наприклад, для капіляра діаметром 1 мм критична швидкість буде 0,96 м/с. В середині капіляра, при досягненні таких швидкостей в рідині, будуть утворюватися бульбашки повітря, що викликані турбулентністю. Також не слід забувати про жорсткість внутрішньої поверхні капіляра. Окрім цього, варто зазначити, що в'язкість і густина рідини зменшуються зі зростанням температури, що необхідно врахувати в розрахунках.

Взаємопов'язані коливання (Е) електричних та (Н) магнітних полів, що утворюють електромагнітне поле. Розрізняють вимушені і власні електромагнітні коливання. У необмеженому просторі або в системах з втратами енергії можливі електромагнітні коливання з неперервним спектром частот. Просторово обмежені системи мають дискретний спектр частот, причому кожній частоті відповідає один або декілька незалежних типів коливань. Представлення коливань у вигляді суперпозиції мод з неперервним або дискретним спектром можливе для довільної складової системи діелектриків, яким саме у нас і є розчин води. Електромагнітні хвилі описуються загальними для електромагнітних явищ рівняннями Максвелла. Навіть у випадку відсутності у просторі електричних зарядів і струмів рівняння Максвелла мають відмінні від нуля розв'язки. Ці розв'язки описують електромагнітні хвилі, які будуть впливати на протікання розчину води.

Запропонований метод розрахунку дозволяє дослідити вплив електромагнітних хвиль на процес протікання водного розчину та можливу зміну швидкості процесу для зменшення витрат рідини. Електромагнітна хвиля, поглинаючись водою, збуджує коливання молекул, що веде до ефекту вібраційного переміщення.