

# СИМУЛЯЦІЯ ПРОЦЕСУ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ ЧАСТОК

Плеснецов С.Ю., Задорожна А.О.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, вул. Кирпичова, 2*

Ультразвуковий контроль є одним з найрозповсюдженіших видів неруйнівного контролю. Цей вид контролю використовується у металургії, будівництві, машинобудуванні тощо. В деяких галузях використання ультразвукового контролю є обов'язковим відповідно до діючого законодавства.

Симуляція процесів контролю є елементом, який використовується як при вивченні методів контролю при підготовці фахівців, так і в науковій та технологічній діяльності при проектуванні технологій та розробці методів контролю. Програмні засоби (ПЗ) для симуляції ультразвукових методів контролю засновані на методі скінчених елементів, що надає високоточний розрахунок, але потребує надзвичайно потужного обладнання, а самі відповідні ПЗ є досить комплексними в оперуванні та налаштуванні.

На рис. 1 наведено схему поведінки моделей частки та розділювача у корпускулярному представленні акустичної емісії [1]. Розділювач представляє лінію розділу середовищ. Частка представляє собою точку акустичного поля у даний момент.

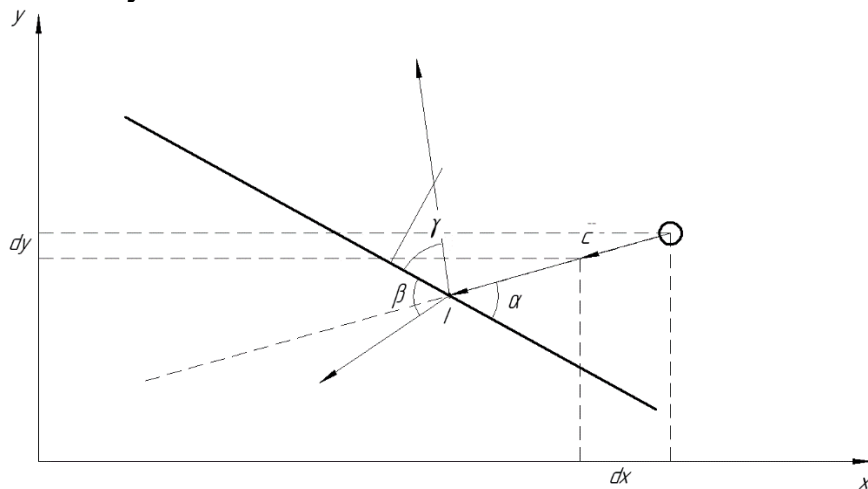


Рисунок 1 – Опис моделі частки та розділювача

Частка рухається у просторі зі швидкістю  $\bar{c}$  яка може бути спроектована на вісі  $x$  та  $y$  як  $dx$  та  $dy$  за час ітерації  $dt$ . Вектор  $\bar{c}$  може опинитись у стані перетину з розділювачем, коли частка досягла лінії розділу середовищ у точці перетину  $I$ . Частка має бути розділена принаймні на дві – віддзеркалену частку та заломлену частку. Кути віддзеркалення та заломлення розраховуються за законом Снеліуса.

Для кожної частки має враховуватись пройдена відстань:

$$l = \sum \sqrt{dx_i^2 + dy_i^2}. \quad (1)$$

Тоді поточна амплітуда, яка буде пропорційною до енергії, може бути визначена як:

$$A = A_{\text{поч}} \cdot e^{-\delta l} \cdot k_e, \quad (2)$$

де  $A_{\text{поч}}$  – початкова амплітуда при породженні частки,  $k_e$  – коефіцієнт втрат енергії.  $k_e = 1$  при створенні частки на випромінювачі, і домножується на 0,5 при кожному перетині розділювача.

Кут взаємодії швидкості руху частки  $\vec{c}$  та нормалі розділювача  $\vec{n}$  може бути визначений як:

$$\alpha = \arccos(\|\vec{c}\| \cdot \|\vec{n}\|). \quad (3)$$

Для реалізації моделі, з урахуванням [1], розроблено об'єктну систему, наведену на рис. 2. Даний підхід описано у [2].

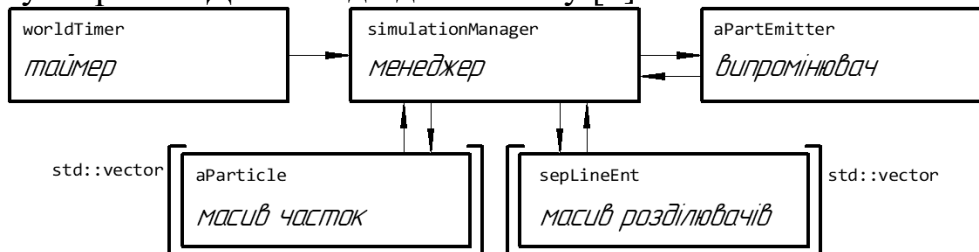


Рисунок 2 – Схема взаємодії класів

Симуляцією керує об'єкт – менеджер, що забезпечує виконання методів у елементах симуляції, та контролює хід часу у відповідності до відрахунку часу за об'єктом worldTimer. Інформація про метод та параметри випромінювання часток зберігаються в об'єкті класу емітер. Це дозволяє за необхідності гнучко налаштовувати параметри випромінювання. Менеджер містить в собі масиви об'єктів класу частка та розділювач. Таким чином менеджер є проміжним інтерфейсом, який контролює взаємодію між розділювачами та частками.

В роботі розроблено модель поведінки частки у симуляції ультразвукового контролю та створено програмний засіб для виконання симуляції за розробленою моделлю.

### Література:

1 Плєснецов С. Ю., Юданова Н. М., Коваленко А. С. Реалізація симуляції акустичних процесів на базі програмної платформи Unreal Engine 4. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: *Електроенергетика 50 та перетворювальна техніка*, № 8 (1284). 2018.

2 Плєснецов С.Ю., Плєснецов Ю.О., Задорожна А.О. Планування реалізації програмної симуляції процесу емісії та прийому ультразвукових коливань. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей ХХХ міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2022, 19-21 жовтня 2022 р.* / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». 1113 с. с.360.