

## ЗАСТОСУВАННЯ МІШАНОЇ ЕЙЛЕРОВО-ЛАГРАНЖЕВОЇ СИСТЕМИ КООРДИНАТ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВИБУХОПОДАВЛЯЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

Ігнатенко В.В., доцент, к.ф.м.н., с.н.с., Дорога С.П., ст. викладач,  
Маслова О.В., викладач

В роботі виконано вибір системи координат для розрахунку нестационарних процесів, які виникають у вибухоподавляючому пристрої (ВП), які застосовують для гасіння спалахів метану та пилогазової суміші у шахтах. Осьовий переріз типового ВП має циліндричну форму, у якій в металевому корпусі міститься інгібітор-порошок, який виконує роль енергопоглинаючої суміші для гасіння полум'я, та конструктивні металеві елементи, які розташовані біль-менш симетрично (коаксіально) відносно вісі симетрії зовнішнього корпусу ВП.

У зв'язку з такою геометрією системи пропонується вибрати мішану ейлерово-лагранжеву, циліндричну системи координат. ВП можна з великим ступенем точності вважати як пристрій з осьовою симетрією, тобто рівняння суцільного середовища, що описують нестационарні переміщення системи при спрацьовуванні ВП не залежать від азимутальної координати  $\varphi$ . Перпендикулярно до вісі симетрії розташовані координатні лінії  $z = const$ , які є ейлеровими координатами. Конструктивні особливості ВП описуються лагранжевою лінією  $R(r_0, z, t)$ , де  $r_0$  – лагранжева координата (наприклад, номер лінії). Ці лінії можуть відокремлювати різні речовини (металеві конструкції ВП, інгібітор, продукти згоряння вибухівки, які входять в конструкцію ВП), що полегшує опис речовин при розрахунку нестационарних процесів, та дозволяє точніше урахувати особливості будови ВП. Треба відмітити, що система координат криволінійна, бо загалом лагранжева лінія  $R(r_0, z, t)$  для  $r_0 = const$  не є ортогональною до координатної лінії  $z = const$  в циліндричній системі координат  $(R(r_0, z, t), \varphi, z)$

Для урахування перетікання речовини уздовж вісі  $z$  вводяться лагранжеві комірки, які відокремлюють одну речовину від іншої при

русі суцільного середовища уздовж вісі  $z$  у лагранжевому шарі  $(R(r_0, z, t); R(r_0 + 1, z, t))$ . Таким чином вираз декартових координат  $(x, y, z)$  у такій мішаній ейлерово-лагранжевій циліндричній системі координат має вигляд:

$$x = R(z_0, z, t) \cos \varphi; \quad y = R(z, z_0, t) \sin \varphi, \quad z = z. \quad (1)$$

На основі формул зв'язку (1) обчислюються компоненти метричного тензора  $g_{ij} = \sum_{k=1}^3 \frac{\partial \xi_k}{\partial \xi_i} \frac{\partial \xi_k}{\partial \eta_j}$ ,  $i, j = \overline{1,3}$ ,

де  $\xi = (R(r_0, z, t), \varphi, z)$  – координати циліндричної системи координат,  $\eta = (r_0, \varphi, z)$  координати мішаної ейлерово-лагранжевої системи координат

З урахуванням переходу до фізичних координат, щоб не було відповідних частинних похідних лагранжевого радіуса  $R$  по лагранжевій координаті  $Rr_0$ . Така ж процедура виконується і при обчисленні символів Кристоффеля-Шварца  $\Gamma_{ij}^k$ , які входять до складу коваріантних похідних у рівняннях руху.

Після цього записуються рівняння руху суцільного середовища, закон збереження маси та рівняння стану і закон Гука або умова пластичності Прандтеля-Райса для металевих конструкцій ВП.

У результаті роботи вибрана ейлерово-лагранжева циліндрична система координат, яка допомагає описати нестационарний рух середовища при спрацьовуванні ВП.