

УДК 681.3

Рогатинська Л. – ст. гр. КА-41

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ВИКОРИСТАННЯ ОДНОРІДНИХ СИСТЕМ КООРДИНАТ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ТРАНСПОРТУВАННЯ СИПКИХ ВАНТАЖІВ

Науковий керівник: асистент Рогатинська О.Р.

Одним із методів, які дозволяють уніфікувати обчислювальні процедури визначення взаємного розміщення частинок, пошуку контактних зон, визначення величини і напрямків векторів силової взаємодії між частинками та розв'язання рівнянь їх руху є використання однорідних систем.

Сумісний розв'язок рівнянь рівноваги частинки (тіла) в потоці проводиться при роздільному визначенні її лінійних переміщень, відповідно, у загальній системі координат та кутових поворотів у власній системі координат тіла, осі якої співпадають з головними його осями інерції. Це передбачає багаторазовий перехід від однієї системи координат до другої і навпаки. В однорідних системах координат, при повороті тіла відносно заданої миттєвої осі, такий перехід реалізується за допомогою ланцюжка відповідних матричних перетворень, що передбачає виконання таких процедур: послідовні повороти на кути α та β відносно двох із головних осей тіла із суміщенням третьої осі з миттєвою віссю обертання; поворот тіла в новій системі координат на заданий кут φ , що визначається із динамічних рівнянь Ейлера; зворотні повороти на кути $-\alpha$ та $-\beta$ відносно відповідних осей та визначення нового розміщення власної системи координат тіла відносно загальної. Точне визначення переміщень частинок зв'язане із трудомісткими обчисленнями кутів α та β для кожного тіла зокрема, що суттєво зменшує ступінь уніфікації програм, ускладнює їх розробку та значно збільшує час обчислень. Якщо за невеликі прирости часу, при покроковому числовому розв'язку динамічної задачі, прирости кутів повороту частинки змінюються незначно, то сумарні кутові повороти можна замінити кінцевими поворотами відносно осей систем координат, що пропорційні відповідним кутовим швидкостям. Проте тоді, в залежності від черговості вибору відповідних осей, кінцева матриця поворотів має різні складові, а отже кінцевий результат залежить від порядку розрахунку, що суттєво знижує точність обчислень. В результаті проведених досліджень запропоновані уніфіковані матриці кутових перетворень систем координат, відповідно M_1 та, більш точніша, M_2 , які дозволяють отримати результат незалежно від порядку вибору осей повороту:

$$M_1 = \begin{vmatrix} 1 & -\gamma & \beta & 0 \\ \gamma & 1 & -\alpha & 0 \\ -\beta & \alpha & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}; \quad M_2 = \begin{vmatrix} \cos \beta \cos \gamma & -\sin \gamma & \sin \beta & 0 \\ \sin \gamma & \cos \alpha \cos \gamma & -\sin \alpha & 0 \\ -\sin \beta & \sin \alpha & \cos \alpha \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix},$$

де α, β та γ кути миттєвих поворотів тіла відносно осей, відповідно, Ox , Oy та Oz власної системи координат.

Показано, що запропоновані матриці перетворень систем координат забезпечують високу точність обчислень при суттєвому спрощенні обчислювальних процедур. Їх використання дозволило реалізувати складний алгоритм динамічної взаємодії частинок між собою та з робочими органами при транспортуванні насипного вантажу.