

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ 6DOF-ДИНАМІКИ РОЗДІЛЮВАЧА НАМАГНІЧЕНИХ ТІЛ

Імітаційне моделювання та комп'ютерна візуалізація, як методи аналізу різноманітних наукових даних, знаходять широке застосування як в теоретичних, так і в експериментальних дослідженнях. Аналіз сучасного стану розвитку інтелектуальних інформаційних технологій дозволяє зробити висновок, що у візуалізації як новітній інтелектуально-інформаційній технології базовою компонентою і механізмом дії є принцип образної обробки інформації.

Візуалізація просторових даних використовується в основному в задачах наукової візуалізації. Наукова візуалізація – це створення графічних образів, які в максимально інформативній формі відтворюють значущі аспекти досліджуваного процесу чи явища. При цьому великий обсяг результатів моделювання подається в компактній формі, яка легко сприймається. Подання у вигляді графічних образів дозволяє досліднику побачити досліджувану систему або процес зсередини, що було б неможливим без візуалізації.

Задача моделювання та візуалізації роботи розділювача намагнічених тіл, які рухаються в просторі і можуть обертатися є важливою прикладною задачею, яка на сьогодні не вирішена.

Наведені міркування обґрунтовують актуальність обраної тематики дослідження.

Метою дослідження є побудова імітаційної моделі 6DOF-динаміки розділювача намагнічених тіл.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- виконання аналізу предметної області;
- побудова математичної моделі руху намагніченого тіла з шести ступенями вільності в зовнішніх гравітаційному та магнітному полях;
- дослідження та обрання методів та засобів реалізації;
- розроблення алгоритмів та проектування програмного забезпечення;
- реалізація розроблених алгоритмів у вигляді програмного забезпечення візуалізації динаміки розділювача намагнічених тіл з шести ступенями вільності.

Об'єкт дослідження – процеси побудови імітаційних моделей та візуалізації даних.

Предмет дослідження – методи і засоби побудови алгоритмів та програмної реалізації імітаційної моделі динаміки об'єктів з шести ступенями вільності.

На тіла, вміщені в неоднорідне магнітне поле, діє сила, що залежить від магнітної проникності тіла і ступеня неоднорідності поля. У парамагнетиків $\mu > \mu_0$ і об'ємна густина сили спрямована в бік збільшення індукції поля; у діамагнетиків $\mu < \mu_0$ і об'ємна густина сили спрямована в бік зменшення індукції поля. Отже, поведінка магнітних і немагнітних тіл в магнітному полі відрізняється. Зокрема, магнітне і немагнітне тіла, які починають рух з однаковою швидкістю з однієї і тієї ж області поля, набудуть різних прискорень і будуть рухатися по різних траєкторіях. Фізичні процеси, що відбуваються в феромагнітних матеріалах під впливом магнітного поля, дуже складні, і побудова теоретичних моделей, в яких детально враховують всі властивості цих речовин і тіл, які з них складаються, не тільки не можлива, але і не доцільна. Тому, для обґрунтування працездатності методу і оцінки його ефективності використано досить прості ідеалізовані моделі, які, проте, відображають суттєві властивості поведінки тіл у зовнішньому магнітному полі. Математична модель складається з моделі розподілу поля і системи диференціальних рівнянь, що описують рух тіла в цьому полі. В цьому випадку рівняння руху мають такий вигляд:

$$\begin{cases} \dot{\vec{x}} = \vec{v} \\ \dot{\vec{v}} = \bar{\mu} v_s B_{s,r} \vec{e}_r - g \vec{e}_3 \\ \dot{\vec{v}} = \bar{\alpha} (\vec{n} \times \vec{v}) \\ \dot{\vec{n}} = \bar{\mu} (\vec{v} \times \vec{B}) \end{cases}$$

де $\vec{x}$ – вектор положення тіла в просторі,

$\vec{v}$ – швидкість тіла,

$\bar{\mu}$ – магнітна вісь тіла,

$\vec{n} = \frac{1}{m} \vec{m}$ – питомий магнітний момент,

m – маса тіла,

$\bar{\alpha} = m\alpha = \frac{1}{I/m}$ – величина, обернена моменту інерції кулі,

$\bar{\mu} = \frac{\mu}{m}$ – питомий магнітний момент,

g – прискорення вільного падіння.

При виконанні роботи було використано чисельні методи розв'язування диференціальних рівнянь, методи аналізу, синтезу, математичного моделювання, моделювання інформаційних систем, об'єктно-орієнтованого аналізу і програмування.

При програмній реалізації імітаційної моделі були використані наступні засоби:

- Python для алгоритмічної та серверної частини за стосунку;
- JavaScript для клієнтської частини застосунку;
- Бібліотека SciPy;
- середовище розробки PyCharm.

Новизна роботи: вперше розроблено алгоритми та програмне забезпечення, що описують 6DOF-динаміку намагнічених тіл в неоднорідному магнітному полі.

Практична цінність роботи: розроблене програмне забезпечення є підґрунтям для розроблення системи візуалізації 6DOF-динаміки розділювача намагнічених тіл.

Висновки: побудовано алгоритми, що описують 6DOF-динаміку розділювача намагнічених тіл та виконано їх програмну реалізацію.

Список використаних джерел

1. Zub S. S. Magnetic levitation in Orbitron system // Problems of atomic science and technology, 2014, N5 (93). Series: Nuclear Physics Investigations (63), p.168-176.
2. Zub S. S. Orbitron. Part I. Stable orbital motion of magnetic dipole in the eld of permanent magnets, math-ph/arXiv:1205.4203 (2012).
3. Matthew M. Peet. Spacecraft and Aircraft Dynamics. Lecture 9: 6DOF Equations of Motion [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.coursehero.com/file/9098395/441Lecture9/>

Науковий керівник: Ляшко С. І., член-кореспондент НАН України, доктор фіз.-мат. наук, професор, завідувач кафедри обчислювальної математики Київського національного університету імені Тараса Шевченка.