Можна використовувати лінійні прискорювачі та циклічні прискорювачі. Лінійні прискорювачі дають змогу прискорювати частинки до відносно невеликих енергій, але дозволяють одержувати неперервні пучки частинок. Циклічні прискорювачі можуть прискорювати частинки до досить високих енергій, але випромінюють частинки у вигляді згустків через проміжки часу приблизно в одну секунду. Прискорювачі електронів можуть бути також джерелами синхротронного випромінення. Для цього пучок електронів на виході з прискорювача має проходити через магнітне поле.

2. Лазери на вільних електронах можна розглядати як джерело Х-променів.

3. Оскільки багато БЛА виготовлені з пластиків, то вони повинні досить легко руйнуватись (або навіть розрізатись) відповідними лазерами.

Список використаних джерел

1. Титов, О. Как уничтожить беспилотник [Текст] / О. Титов // Популярная механика. – 2014. – № 138.

УДК 517.928:534.1

А. О. Клименко, Ю. В. Міхлін

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ ФОРМ КОЛИВАНЬ МАЯТНИКОВИХ СИСТЕМ

A. O. Klymenko, Yu. V. Mikhlin

MATHEMATICAL MODELING OF NONLINEAR OSCILLATIONS OF PENDULUM SYSTEMS

Маятникові системи описуються класичними моделями математики, прикладної механіки і теоретичної фізики, дослідження яких дозволяє виділити багато важливих нелінійних динамічних ефектів. Відомі численні застосування таких систем в техніці, зокрема, в задачах віброгасіння. Маятникові гасителі коливань використовуються для зниження рівня коливань різних інженерних споруд, апаратів і механізмів: висотних будівель, технічного обладнання та апаратів машинобудування, димових труб, телевізійних веж, антен та ін. Зазначимо також, що багато інженерних систем взаємодіють з джерелом енергії обмеженої потужності. Резонанс в таких системах призводить до значних коливань відповідних пружних підсистем (так званий ефект Зомерфельда), коли значна частина енергії коливань переходить з джерела енергії до пружних підсистем. Для гасіння резонансних коливань також можуть бути використані маятники як гасителі коливань.

Динаміка маятникових систем моделюється нелінійними диференційними рівняннями, знаходження точного аналітичного розв’язку яких неможливо. Це приводить до необхідності виділення найбільш важливих динамічних режимів, насамперед нелінійних нормальних форм коливань (ННФ), які є узагальненням нормальних коливань лінійних систем. В останні роки ННФ активно використовуються в теоретичних та прикладних задачах. Моделювання ННФ у маятникових системах приводить до необхідності розвитку відповідного

чисельно-аналітичного методу аналізу, який об'єднує як асимптотичні, так і ефективні сучасні обчислювані процедури.

Для моделювання форм коливань розроблено чисельно-аналітичний метод, що базується насамперед на побудові траєкторій розв'язків в конфігураційному просторі у вигляді степеневих рядів за малим параметром і за одною з координат [1, 2, 4-7]. Розроблений метод містить також аналіз стійкості нелінійних форм коливань [1 , 2, 4-7]. Для аналізу параметричних та вимушених коливань маятникових систем використовувалася ітераційна процедура побудови нелінійних форм коливань. Запропонований метод використано для моделювання нелінійних форм коливань системи з обмеженим збудженням і з маятниковим гасителем коливань. Отримано умови, за яких можна суттєво зменшити амплітуди коливань пружних підсистем [2, 6].

Список використаних джерел

1. Klimenko A. A., Mikhlin Yu. V., Awrejcewicz J. Nonlinear normal modes in pendulum systems // Nonlinear Dynamics. – 2012. – Vol. 70. – Issue 1. – P. 797-813.

2. Клименко, А. А. Нелинейная динамика пружинного маятника [Текст] / А. А. Клименко, Ю. В. Михлин // Динамические системы. – 2009. – Вып. 27. – С. 51-66.

3. Клименко, А. А. Нелинейные формы колебаний механической системы с маятниковым гасителем колебаний [Текст] / А. А. Клименко, Ю. В. Михлин // Механика твердого тела. – 2010. – Вып. 40. – С. 162-171.

4. Клименко, А. А. Нелинейные нормальные формы колебаний маятниковых систем [Текст] / А. А. Клименко, Ю. В. Михлин // Методи розв'язування прикладних задач механіки деформівного твердого тіла. – 2012. – Вип. 13. – С. 204-211.

5. Клименко, А. А. Нормальные формы колебаний в нелинейной системе, содержащей маятниковый гаситель колебаний [Текст] / А. А. Клименко, Ю. В. Михлин // Проблемы машиностроения. – 2014. – Т. 17, № 3. – С. 38-44.

6. Klimenko A.A., Mikhlin Yu.V., Awrejcewicz J. Nonlinear normal modes in pendulum systems // The 4th Int. Conference on Localization, Transfer of Energy and Nonlinear Normal Modes in Mechanics and Physics. Booklet of Abstracts. – Haifa (Israel), 2012. – P. 32-34.

7. Mikhlin Yu.V., Klimenko A.A., Plaksiy K.Yu. Nonlinear normal modes and their interaction in non-ideal systems with vibration absorber // The 8th European Nonlinear Dynamics Conference (ENOC 2014): Proceedings. – Vienna (Austria), 2014. – 2 p.