

Назва дисципліни	Математичне моделювання та комп'ютерні технології орбітальної динаміки космічних апаратів
Викладач	Маслова А. І., к.ф.-м.н., ст. наук. співроб.; email: maslova.a.i@ukr.net
Курс та семестр, у якому можливе (планується) вивчення дисципліни	Аспірантам, 3 семестр
Перелік компетентностей та відповідних результатів навчання, що забезпечує дисципліна	<p>Загальні компетенції:</p> <ul style="list-style-type: none"> – здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; – здатність планувати та управляти часом; – здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; – здатність генерувати нові ідеї (креативність) <p>Професійні компетенції:</p> <ul style="list-style-type: none"> – здатність використати сучасні досягнення науки і передових технологій; – здатність застосовувати методи математичного аналізу, комп'ютерного моделювання, теоретичних та експериментальних досліджень; – знання та розуміння процесів динаміки орбітального руху космічних апаратів; – здатність проведення досліджень орбітального руху космічних апаратів; – вміння виявляти, ставити та вирішувати задачі проектування місій космічних апаратів; – здатність застосовувати знання при вирішенні задач орбітального руху, які виникають при проектуванні місій космічних апаратів; – здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп (з експертами) для класифікації завдань, визначення недоліків технічних рішень і підготовки висновків, щодо проведених дослідних та проектних робіт; – здатність працювати самостійно при підготовці кваліфікаційної роботи; – здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт. <p>«соціальні навички» Soft skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> – креативне мислення (при постановці та рішенні задач та не тільки); – критичне мислення (при аналізі результатів та не тільки);

	<p>– авторитетне донесення своїх результатів до слухачів (при створенні презентацій та не тільки).</p> <p>Результати навчання:</p> <ul style="list-style-type: none"> – знання основних моделей і методів моделювання орбітального руху космічних апаратів; – знання основ небесної механіки та балістики; – знання сучасних засобів моделювання орбітального руху космічних апаратів; – вміння користуватися сучасними комп'ютерними технологіями моделювання орбітального руху космічних апаратів; – здатність творчо підходити до математичного та комп'ютерного моделювання руху супутників; – вміння проводити дослідження фізичних процесів орбітальної механіки на високому науковому рівні; – вміння оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт; – здатність генерування нових ідей, вміння представляти і захищати отримані наукові і практичні результати.
Опис дисципліни	
<p>Попередні умови, необхідні для вивчення дисципліни</p>	<p>Вивчення загальноосвітніх та інженерних дисциплін: вищої математики, фізики, теоретичної механіки. Знання сучасних моделей, методів та засобів комп'ютерного моделювання.</p>
<p>Теми аудиторних занять та самостійної роботи</p>	<p>Обсяг – 5 кредитів ЄКТС, 150 год. з них 36 години лекцій, 18 годин лабораторних робіт.</p> <p>Основні теми лекцій (по 2 години на тему):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Рівняння орбітального руху КА 2. Проблеми використання різних наборів орбітальних параметрів 3. Системи координат та зв'язок між ними 4. Земля, як центральне тіло руху супутника 5. Час та дата 6. Поняття про рух полюсів, обертання, прецесію та нутацію Землі 7. Моделі розрахунків прецесії та нутації 8. Збурюючі прискорення, що діють на супутник, та їх оцінки для низьких навколосемних орбіт 9. Збурюючі прискорення, що обумовлені асферичністю Землі 10. Збурюючі прискорення, що обумовлені атмосферою 11. Збурююча дія гравітації Місяця та Сонця 12. Задачі вибору орбіт КА дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) 13. Особливості різних типів орбіт КА ДЗЗ 14. Моделі орбітального руху NORAD та двохрядкові елементи TLE 15. Знайомство з сучасною конвенцією Міжнародної служби обертання Землі (International Earth Rotation and Reference Systems Service)

	<p>16. General Mission Analysis Tool – вільне програмне забезпечення для моделювання орбіт</p> <p>17. Ефемериди Місяця та Сонця</p> <p>18. Апроксимація та інтерполяція як інструменти оптимізації розрахунків</p> <p>Основні теми лабораторних робіт (по 2 години на тему):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Алгоритми визначення орбітальних параметрів КА за його радіус-вектором та вектором швидкості. 2. Алгоритм побудови зміни орбітальних параметрів під дією зональних гармонік геопотенціалу у першому наближенні за малими параметрами. 3. Побудова аналітичної моделі впливу сонячного тиску на зміну орбітальних параметрів КА дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). 4. Проектування орбіт з мінімальною зміною висоти. 5. Використання моделі SGP4 (Simplified General Perturbations 4) від NORAD для моделювання руху супутників на низьких навколоземних орбітах. 6. Використання SOFA (Standards Of Fundamental Astronomy) для перетворення координат КА з інерціальної до земної систем координат. 7. Використання GMAT (General Mission Analysis Tool) для моделювання руху КА. 8. Порівняння координат Місяця, що отримані за аналітичними наближеннями, з даними системи Horizons. 9. Побудова аналітичної залежності зміни координат Сонця в інерціальній системі координат та відстані до нього від Землі за поточний рік. <p>Самостійна робота</p> <p>Підготовка до лекційних та лабораторних занять.</p> <p>Опрацювання наступних тем:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Алгоритми перетворення декартових координат КА в довготу та широту для визначення наземних шляхів супутника. • Зміна класичних орбітальних елементів під дією другої зональної гармоніки (аналітичні наближення). • Вплив секторіальних і тессеральних гармонік геопотенціалу на зміни орбітальних параметрів. • Моделі щільності верхньої атмосфери Землі. • Проектування початкових параметрів сонячно-синхронних орбіт. • Модель SGP4 для прогнозування руху КА. • Приливні варіації обертання Землі згідно IERS Conventions 2010. • Вплив вибору Propagator в GMAT на результати розрахунків орбіт КА • Метод найменших квадратів.
Мова викладання	українська
Рекомендована	1. Vallado D. A. Fundamentals of astrodynamics and applications 4th

література

- Ed. / D. A. Vallado. – Space Technology Library, 2013. – 1108 p.
2. Montenbruck O., Gill E. SatelliteOrbits: Models, Methods, andApplications. – 2000. – 369 p.
3. Алпатов А. П. Динаміка космічних літальних апаратів. - Київ. Наукова думка, 2016. - 490 с.
4. Фриз П. В. Основи орбітального руху космічних апаратів : підручник / П. В. Фриз. – Житомир : ЖВІ НАУ, 2012. – 348 с.
5. Павловський М.А. Теоретична механіка. Київ, 2002
6. Лурье А. И. Аналитическая механика / А. И. Лурье. – М. : Физматгиз, 1961. – 824 с.
7. Справочное руководство по небесной механике и астродинамике / Под ред. Г.Н. Дубошина. — М.: Наука, 1976. — 864 с.
8. Аксенов Е. П. Теория движения искусственных спутников Земли / Е. П. Аксенов. – М. : Наука, 1977. – 360 с.
9. Управление и навигация искусственных спутников Земли на околокруговых орбитах / М. Ф. Решетнев и др. – М. : Машиностроение, 1988. – 336 с.
10. NORAD Two-Line Element Set Format // Celestrak.com: website [Electronic resource]. – Mode of access: <http://celestrak.com/NORAD/documentation/tle-fmt.asp>.
11. Hoots F. R. Models for Propagation of NORAD Element Sets. / F. R. Hoots, R. L. Roehrich // Space track Report no. 3. Colorado Springs: Peterson AFB, CO, 1980. – 91 p [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.celestrak.com/NORAD/documentation/spacetrk.pdf>
12. Beutler G. Methods of celestial mechanics V.II: Application to Planetary System, Geodynamics and Satellite Geodesy / G. Beutler. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005. – 468 p.
13. Pavlis, N. K., Holmes, S. A., Kenyon, S. C., and Factor, J. K., 2008, “An Earth gravitational model to degree 2160: EGM2008,” [Електронний ресурс] presented at the 2008 General Assembly of the European Geosciences Union, Vienna, April 13-18, 2008, Режим доступа: http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm2008/NPavlis&al_EGU2008.ppt.
14. General Mission Analysis Tool [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gmatcentral.org>.
15. General Mission Analysis Tool (GMAT) Version R2018a [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://software.nasa.gov/software/GSC-18094-1>.
16. International Earth Rotation and Reference Systems Service [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.iers.org/IERS/EN/Home/home_node.html.
17. IERS Conventions 2010 [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://iers-conventions.obspm.fr/conventions_versions.php#official_target.
18. Standards Of Fundamental Astronomy [Електронний ресурс]. Режим доступа: <http://www.iausofa.org>.