

Назва дисципліни	<b>Моделі та методи спеціальних розділів прикладної механіки</b>
Викладач	Пироженко О.В., д.ф.-м.н., пров. наук. співроб.; email: alex.pirozhenko@ukr.net
Курс та семестр, у якому можливе (планується) вивчення дисципліни	Аспірантам, 2 семестр
Перелік компетентностей та відповідних результатів навчання, що забезпечує дисципліна	<p><b>Загальні компетенції:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;</li> <li>– здатність планувати та управляти часом;</li> <li>– здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;</li> <li>– здатність генерувати нові ідеї (креативність).</li> </ul> <p><b>Професійні компетенції:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– здатність використати сучасні досягнення науки і передових технологій;</li> <li>– здатність застосовувати методи математичного аналізу і моделювання, теоретичних та експериментальних досліджень;</li> <li>– знання та розуміння процесів динаміки та керування рухом літальних апаратів;</li> <li>– здатність проведення досліджень процесів керування рухом літальних апаратів на високому науковому рівні;</li> <li>– здатність проектувати літальні апарати, системи керування, відповідні технологічні процеси;</li> <li>– вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми при створенні виробів ракетно-космічної техніки та їх систем керування;</li> <li>– здатність застосовувати знання при вирішенні задач керування об'єктами ракетно-космічної техніки;</li> <li>– 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;</li> <li>– здатність працювати самостійно при підготовці кваліфікаційної роботи;</li> <li>– здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.</li> </ul> <p><b>«соціальні навички» Soft skills:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– креативне мислення (при постановці та рішенні задач та не тільки);</li> <li>– критичне мислення (при аналізі результатів та не тільки);</li> <li>– авторитетне донесення своїх результатів до слухачів (при створенні презентацій та не тільки)</li> </ul> <p><b>Результати навчання:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– знання теоретичних основ проектування літальних</li> </ul>

	<p>апаратів, динаміки і керування рухом літальних апаратів;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми при створенні пристроїв, приладів, механізмів, систем керування, технологій для ракетно-космічної техніки, робототехніки, механотроніки, машинобудування;</li> <li>– вміння проводити дослідження процесів керування рухом об'єктів, технологічних процесів на високому науковому рівні;</li> <li>– вміння застосовування знань при вирішенні задач проектування, моделювання, оптимізації пристроїв, приладів, технологій, систем і процесів;</li> <li>– вміння оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт;</li> <li>– здатність генерування нових ідей, вміння представляти і захищати отримані наукові і практичні результати.</li> </ul>
<p><b>Опис дисципліни</b></p>	
<p>Попередні умови, необхідні для вивчення дисципліни</p>	<p>Вивчення загальноосвітніх та інженерних дисциплін: вищої математики, фізики, теоретичної механіки.</p>
<p>Теми аудиторних занять та самостійної роботи</p>	<p>Обсяг – 6 кредити ЄКТС, 180 год. з них 36 години лекцій, 18 годин практичних занять.</p> <p><b>Основні теми лекцій (по 2 години на тему):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основні поняття механіки та загальні теореми динаміки</li> <li>2. Визначення положення твердого тіла у просторі (кути поворотів, кінцевий поворот, кватерніони).</li> <li>3. Загальні підходи до виведення рівнянь збуреного руху космічних систем.</li> <li>4. Методика виведення рівнянь збуреного руху системи, що містить пружно приєднану масу.</li> <li>5. Основна математична модель динаміки космічних тросових систем (КТС).</li> <li>6. Основні закономірності руху КТС в обмеженій постановці задачі на основі рівнянь першого наближення.</li> <li>7. Постановка задачі досліджень впливу дисипації енергії в матеріалі нитки на еволюцію ротаційного руху космічних тросових систем.</li> <li>8. Поступально-обертальний рух КТС.</li> <li>9. Постановка задачі досліджень хаотичних режимів руху в динаміці КТС.</li> <li>10. Попередній аналіз руху орбітального маятника.</li> <li>11. Аналітичні дослідження хаотичних режимів руху. Побудова механічного образу явищ.</li> <li>12. Аналіз проблеми імовірнісного опису нестійких рухів механічних систем.</li> </ol>

13. Постановка задачі ймовірного описання нестійкого руху механічної системи для модельної задачі (падіння паралелепіпеда на абсолютно непружну поверхню). Поняття сепаратриси.
14. Аналіз і оцінки короткоперіодичних змін щільності атмосфери, що виникають при орбітальному русі супутників.
15. Рівняння малих коливань супутника у площині орбіти з урахуванням впливу аеродинамічного моменту.
16. Методика дослідження властивостей розв'язків рівнянь типу Хілла при дослідженнях динаміки супутників.
17. Основні збуджуючі прискорення, що діють на супутник.
18. Рівняння руху двох тіл на орбіті. Відносний рух в спільній площині

#### **Основні теми практичних занять:**

1. Побудова різних форм кінематичних рівнянь при дослідженнях динаміки супутника (2 години)
2. Побудова рівнянь збуреного кеплерового руху при використанні нових повільних змінних (4 години)
3. Побудова рівнянь першого наближення для поздовжніх коливань космічних тросових систем (КТС) (2 години)
4. Аналіз руху КТС в обмеженій постановці задач (4 години)
5. Побудова оцінок зміни енергії маятникових рухів КТС (2 години)
6. Розрахунки нестійких рухів найпростіших механічних систем (2 години)
7. Взаємовплив аеродинамічних сил та еліптичності орбіти на орієнтацію супутника з гравітаційною системою стабілізації (2 години)

#### **Самостійна робота**

Підготовка до лекційних та практичних занять.

Опрацювання наступних тем:

1. Закони Ньютона як метод моделювання (Закони механіки Галілея-Ньютона. Диференціальні рівняння руху матеріальної точки. Механічна система і сили, що діють на її складові. Диференціальні рівняння руху механічної системи. Кінетична енергія і робота. Теореми про зміну кінетичної енергії. Закон збереження механічної енергії).
2. Кінематика (Способи задання руху точки. Швидкість і прискорення точки. Кінематика твердого тіла. Складання рухів точки і твердого тіла. Складний рух точки).
3. Метод оскулюючих елементів в задачах динаміки космічних систем (Метод осереднення).
4. Динаміка космічних тросових систем, стабілізованих обертанням (Визначення космічних тросових систем та історія їх створення/дослідження. Проекти використання обертючих космічних тросових систем. Взаємозв'язок поступального і обертального рухів КТС).
5. Поступально-обертальний рух тросової системи та управління ним зміною довжини нитки (Поступально-обертальний рух КТС. Управління відносним рухом. Управління орбітальним рухом).
6. Визначення впливу дисипації енергії в матеріалі нитки на еволюцію ротаційного руху космічних тросових систем (Основні результати досліджень впливу дисипації енергії в матеріалі нитки на еволюцію ротаційного руху КТС).

	<p>7. Хаотичні режими руху в динаміці космічних тросових систем (Аналіз окремої траєкторії. Аналіз майже періодичного характеру траєкторії. Аналіз сімейств траєкторій. Нелінійні резонанси. Образ хаотичних рухів).</p> <p>8. Імовірнісний опис нестійких рухів механічних систем (Визначення ймовірності випадання боку пластини. Залежність частоти випадання боку прямокутника від ступеня похибки задання початкових умов).</p> <p>9. Динаміка гравітаційно стабілізованих супутників відносно центру мас (Рівняння руху гравітаційно стабілізованих супутників відносно центру мас. Умови стійкості відносного положення рівноваги гравітаційно стабілізованих супутників. Коливання у площині орбіти. Рівняння малих просторових коливань під дією аеродинамічних і гравітаційних моментів).</p> <p>10. Аеродинамічні впливи на супутник (Традиційні моделі аеродинамічного моменту для дослідження руху супутника. Особливості моделювання аеродинамічних впливів в динаміці розріджених газів. Моделі щільності верхньої атмосфери Землі).</p> <p>11. Вплив аеродинамічних сил на орієнтацію супутника з гравітаційною системою стабілізації (Апроксимація моменту аеродинамічних сил, що діє на супутник з гравітаційною системою стабілізації. Закономірності руху супутника відносно центру мас у площині майже колових орбіт. Просторові коливання осесиметричного КА відносно центру мас під дією гравітаційного і аеродинамічного моментів).</p> <p>12. Рівняння поступально-обертального руху супутника на майже кругових орбітах (Вплив другої зональної гармоніки на рух супутників на майже кругових орбітах. Модель руху відносно центру мас).</p>
Мова викладання	українська
Рекомендована література	<p style="text-align: center;"><b>Основна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Павловський М.А. Теоретична механіка. Київ, 2002</li> <li>2. Лурье А. И. Аналитическая механика / А. И. Лурье. – М. : Физматгиз, 1961. – 824 с.</li> <li>3. Белецкий В.В. Движение искусственного спутника относительно центра масс. — М.: Наука, 1965. — 416 с.</li> <li>4. Белецкий В.В. Движение спутника относительно центра масс в гравитационном поле. — М.: Изд-во МГУ, 1975. — 307 с.</li> <li>5. Кильчевский Н. А. Курс теоретической механики в 2-х т. / Н. А. Кильчевский. – М. : «Наука», 1972.</li> <li>6. Рустамов С.И., Турбин В.И. Теоретическая механика. Киев, Вищ.шк., 1992</li> <li>7. Цывильский В.Л. Теоретическая механика. Москва, 2001</li> <li>8. Заславский Г.М., Сагдеев Р.З. Введение в нелинейную физику: От маятника до турбулентности и хаоса. – М.: Наука, 1986. – 368 с.</li> <li>9. Белецкий В.В., Левин Е.М. Динамика космических тросовых систем. — М.: Наука, 1990. — 329 с.</li> <li>10. Виттенбург Й. Динамика систем твердых тел. — М.: Мир, 1980. — 289 с.</li> <li>11. Ротационное движение космических тросовых систем / А. П. Алпатов, В. В. Белецкий, В. И. Драновский, А. Е. Закржевский, А. В. Пироженко, Г. Трогер, В. С. Хорошилов; НАН Украины. Нац. косм. агентство Украины. Ин-т техн. механики. – Д.; Вена; К.; М., 2001. – 404 с. – Библиогр.: 143 назв.</li> <li>12. Математические методы классической механики / В. И. Арнольд, В. В. Козлов, А. И. Нейштадт. – М. : Наука, 1989. – 472 с.</li> </ol>

13. Кузнецов С.П. Динамический хаос. Изд-во Москва: Физматлит, 2001. - 296с.
14. Пуанкаре А. О науке : пер. с франц / А. Пуанкаре. – М. : Наука. Главная редакция физ.-мат. литературы, 1983 – 560 с.
15. Сарычев В. А. Вопросы ориентации искусственных спутников / В. А. Сарычев // Итоги науки и техники : исследование космического пространства. – М. : ВИНТИ, 1978. – 223 с.
16. Ковтуненко В. М. Аэродинамика орбитальных космических аппаратов / В. М. Ковтуненко, В. Ф. Камеко, Э. П. Яскевич. – Киев : Наукова думка, 1977. – 156 с.
17. Vallado D. A. Fundamentals of astrodynamics and applications 4th Ed. / D. A. Vallado. – Space Technology Library, 2013. – 1108 p.
18. Montenbruck O., Gill E. Satellite Orbits: Models, Methods, and Applications. – 2000. – 369 p.

**Додаткова:**

1. Справочное руководство по небесной механике и аэродинамике / Под ред. Г.Н. Дубошина. – М.: Наука, 1976. – 864 с.
2. Белецкий В.В., Яншин А.М. Влияние аэродинамических сил на вращательное движение искусственных спутников. – Киев: Наукова Думка, 1984. – 187 с.
3. Парс Л. Аналитическая динамика. – М.: Наука, 1971. – 635 с.
4. Пуанкаре А. Избранные труды. Т.1. – М.: Наука, 1971. – 771 с.
5. Гребенников Е.А. Метод усреднения в прикладных задачах. – М.: Наука, 1986. – 255 с.
6. Бранец В. Н. Применение кватернионов в задачах ориентации твердого тела / В. Н. Бранец, И. П. Шмыглевский. – М. : Наука, 1973. – 319 с.
7. Лихтенберг А., Либерман М. Регулярная и стохастическая динамика. – М.: Мир, 1984. – 528 с.
8. Челомей В.Н. Избранные труды. – М.: Машиностроение, 1989. – 336 с.
9. Лихтенберг А., Либерман М. Регулярная и стохастическая динамика. – М.: Мир, 1984. – 528 с.
10. Нейштадт А. И. Вероятностные явления в возмущенных динамических системах [Эл. ресурс] – Режим доступа : <http://www.iki.rssi.ru/seminar/200001/abstract.htm>.
11. Харламов П. В. Очерки об основах механики / П. В. Харламов. – Киев : Наук. думка, 1995. – 407 с.
12. Аксенов Е. П. Теория движения искусственных спутников Земли / Е. П. Аксенов. – М. : Наука, 1977. – 360 с.
13. Коган Н. М. Динамика разреженного газа / Н. М. Коган. – М. : Наука, 1967. – 440 с.
14. Иванов Н. М. Баллистика и навигация космических аппаратов / Н. М. Иванов, Л.Н. Лысенко. – М. : «Дрофа», 2004. – 544 с.
15. 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.
16. Управление и навигация искусственных спутников Земли на околокруговых орбитах / М. Ф. Решетнев и др. – М. : Машиностроение, 1988. – 336 с.
17. Раушенбах Б. В. Управление ориентацией космических аппаратов / Б. В. Раушенбах, Е. Н. Токарь. – М. : Наука, 1974. – 598 с.