

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Механіко-математичний факультет

Кафедра механіки суцільних середовищ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник декана
з навчальної роботи
математичний
факультет
Харитонов О.М.
« 0 9 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ПРИКЛАДНІ ЗАДАЧІ ТЕОРІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ
МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

для студентів

галузь знань	11 «Математика та статистика»
спеціальність	113 «Прикладна математика»
освітній рівень	другий (магістерський)
освітньо-наукова програма	«Комп'ютерна механіка»
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2020/2021
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладачі: Харитонов Олексій Михайлович, кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри механіки суцільних середовищ

Пролонговано: на 20 21/2022 н.р. О. Харитонов О.М. «31» серпня 20 21 р.
на 20 /20 н.р. () « » 20 р.

КИЇВ – 2020

Розробник: Харитонов Олексій Михайлович, кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри механіки суцільних середовищ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри
механіки суцільних середовищ

 (Лимарченко О.С.)

Протокол № 1 від 26 серпня 2020 року

Схвалено науково-методичною комісією механіко-математичного факультету

Протокол № 1 від «31» серпня 2020 року

Голова науково-методичної комісії  (проф. Олійник А.С.)

«31» серпня 2020 року

ВСТУП

1. Мета дисципліни – Метою курсу «**Прикладні задачі теорії оптимізації механічних систем**» є ознайомлення студентів із прикладними задачами варіаційного числення, теорії оптимального керування теорії оптимізації та їх застосуваннями в механіці. Розглядаються приклади застосування чисельних методів скінченновимірної оптимізації при їх застосуванні до розв'язання оптимізаційних задач механіки космічного польоту.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. *Знати* дисципліни професійної та практичної підготовки фахівців-механіків, зокрема основні поняття і методи теоретичної механіки, варіаційного числення, теорії оптимального керування.
2. *Вміти*: виконувати постановку та розв'язувати задачі оптимального керування, застосовувати чисельні методи.
3. *Володіти елементарними навичками*: застосування методів обчислювальної математики, математичної фізики та теорії диференціальних рівнянь.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «**Спеціальні питання термомеханіки**» є складовою освітньої програми підготовки фахівців за освітнім рівнем «**магістр**» галузі знань **11 Математика та статистика** спеціальності **113 Прикладна математика** освітньої програми **Комп'ютерна механіка**

Дана дисципліна входить до групи дисциплін вільного вибору студента, вибору блоками, блоку «Комп'ютерна механіка суцільних середовищ».

Викладається у **3 семестрі в обсязі – 120 год. (4 кредити ECTS)** зокрема: *лекції – 20 год., лабораторні – 14 год., консультації 6 – год, самостійна робота – 80 год.* У курсі передбачено **2 змістових модулі** та *підсумкова модульна контрольна робота.* Завершується дисципліна – **іспитом.**

У програмі дисципліни вивчаються основи механіки космічного польоту. Розглядаються інтеграли задачі двох тіл, їх застосування. Робиться огляд сучасних космічних рушійних систем великої та малої тяги, методів їх моделювання. Розглядається постановка задач механіки космічного польоту з двигунами великої тяги, малої тяги та їх комбінуванням.

4. Завдання (навчальні цілі) – Досягнення складової інтегральної компетентності – здатності розв'язувати складні задачі та практичні проблеми у профільній діяльності, пов'язаній з основними проблемами прикладних оптимізаційних задач в механіці, насамперед – в механіці космічного польоту основних *загальних (ЗК) і фахових (ФК) компетентностей*, зокрема:

1. Здатність учитися, здобувати нові знання, уміння, у тому числі в галузях, відмінних від прикладної математики (ЗК-1);
2. Здатність використовувати у професійній діяльності знання з галузей математичних, природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук (ЗК-2);
3. Здатність вирішувати проблеми у професійній діяльності на основі абстрактного мислення, аналізу, синтезу та прогнозу (ЗК-3);
4. Здатність спілкуватися державною мовою і усно, і письмово (ЗК-8);
5. Здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування (ЗК-10);
6. Здатність критично оцінювати та переосмислювати власний і чужий досвід, аналізувати свою професійну й соціальну діяльність (ЗК-11);

7. Знання на рівні новітніх досягнень, необхідні для дослідницької та/або інноваційної діяльності у сфері прикладної математики і комп'ютерної механіки та їх практичних застосувань (ФК-1);
8. Спроможність розуміти проблеми та виділяти їхні суттєві риси (ФК-4);
9. Спроможність розробляти математичну модель ситуації з реального світу та переносити математичні знання у нематематичні контексти (ФК-5);
10. Здатність доводити знання та власні висновки до фахівців та нефахівців (ФК-6);
11. Здатність до розвитку нових та удосконалення існуючих методів аналізу, моделювання, прогнозування, розв'язування нових проблем у нових галузях знань (ФК-8);
12. Здатність до самоосвіти та підвищення кваліфікації на основі інноваційних підходів у сфері прикладної математики (ФК-10);
13. Володіння знаннями та здатність ініціювати й проводити наукові дослідження у спеціалізованій області прикладної математики (ФК-12).

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1, знати; 2, вміти; 3, комунікація; 4, автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1	студент повинен знати :			до 50
1.1	Постановка обмеженої задачі двох тіл. Інтеграл цієї задачі.	<i>Лекція, лабораторне заняття,</i>	<i>Активна робота на лекціях, усні відповіді, іспит</i>	5%
1.2	Основні типи космічних рушійних систем великої та малої тяги. Методи математичного моделювання робочих процесів в цих рушійних системах.			6%
1.3	Постановка задач механіки космічного польоту з двигунами малої тяги. Модель ідеального двигуна обмеженої потужності			5%
1.4	Постановка задач механіки космічного польоту з двигунами великої тяги. Модель ідеального двигуна обмеженої швидкості витікання. Імпульсна апроксимація активних ділянок. Формула Ціолковського			6%
1.5	Моделювання ядерних ракетних двигунів як двигунів обмеженої потужності і обмеженої швидкості витікання.			6%
1.6	Основи класичного варіаційного числення. Рівняння Ейлера, їх застосування до оптимізації маневрів космічних апаратів з двигунами малої тяги.			6%
1.7	Метод сфер впливу розрахунку міжпланетних траєкторій.			5%
1.8	Принцип максимуму Понтрягіна і його застосування при дослідженні оптимальних траєкторій космічних апаратів з двигунами великої тяги.			6%
1.9	Основні методи скінченновимірної оптимізації			5%
2	студент повинен вміти :			
2.1	вільно володіти основними поняття-	<i>Лекція, лабораторне</i>	<i>Модульна контрольні</i>	5%

	ми механіки космічного польоту	<i>заняття, самостійна робота</i>	<i>робота (60% правильних відповідей), оцінювання виконання завдань для самостійної роботи, іспит</i>	
2.2	ставити задачу оптимального керування рухом космічного апарату			5%
2.3	вільно володіти і оперувати методами класичного варіаційного числення при їх застосуванні до задач механіки космічного польоту			5%
2.4	вільно володіти і оперувати методами теорії оптимального керування при їх застосуванні до задач механіки космічного польоту			5%
2.5	вміти зводити задачу оптимального керування до двоточкової крайової задачі			5%
2.6	застосовувати метод транспортуючої траєкторії та його модифікації			5%
2.7	Застосовувати методи скінченновимірної оптимізації при розв'язанні двоточкових крайових задач			5%
3	комунікація			
3.1	здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування	<i>Лекція, лабораторне заняття,</i>	<i>Активна робота на лекціях та практичних заняттях, усні відповіді</i>	5%
4	автономність та відповідальність			до 10
4.1	продемонструвати розуміння особистої/персональної відповідальності за професійні та/або управлінські рішення, які базуються на використанні математичних методів	<i>Самостійна робота</i>	<i>Оцінювання виконання завдань для самостійної роботи</i>	5%
4.2	самостійно шукати та критично опрацьовувати літературу із відповідних досліджень, вільно володіти методами обробки, аналізу та синтезу наукової інформації			5%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін, які не входять до блоків спеціалізації)

Результати навчання дисципліни (код)	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	3.1	4.1	4.2
	Програмні результати навчання (назва)																		
Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій фундаментальної та прикладної математики і використовувати їх на практиці (ПРН-КС-1)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Володіти основами правових, етичних відносин і психологічних особливостей поведінки (ПРН-КС-2)																	+	+	+
Формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формулювати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів (ПРН-КС-3)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Поєднувати методи математичного та комп'ютерного моделювання з неформальними процедурами експертного аналізу для пошуку оптимальних рішень (ПРН-КС-4)		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Будувати ефективні щодо точності обчислень, стійкості, швидкодії та витрат системних ресурсів алгоритми для чисельного дослідження математичних моделей та розв'язання практичних задач (ПРН-КС-5)		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Вибирати раціональні методи та алгоритми розв'язання математичних задач оптимізації, дослідження операцій, оптимального керування і прийняття рішень, аналізу даних (ПРН-КС-6)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Уміти застосовувати сучасні технології програмування та розроблення програмного забезпечення, програмної реалізації чисельних і символьних алгоритмів. (ПРН-КС-7)		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Розв'язувати окремі задачі механіки та задачі в міждисциплінарних галузях — соціології, економіці, екології та медицині. (ПРН-КС-8)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Використовувати в практичній роботі спеціалізовані програмні продукти та програмні системи комп'ютерної механіки. (ПРН-КС-9)										+	+	+	+	+	+	+			
Виявляти здатність до самонавчання та професійного розвитку (ПРН-ЦМС-1)														+	+				+
Бути наполегливим у досягненні мети під час вирішення												+	+	+			+	+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1. Форми оцінювання студентів:

- оцінювання впродовж навчального періоду:

1. Активна робота на лекції, усні відповіді: РН1.1–РН1.9, РН3.1 – 10 балів/5 балів;
 2. Активна робота на практичних заняття: РН2.1– РН2.7, РН3.1 – 10 балів/6 балів;
 3. Виконання завдань, винесених на самостійну роботу: РН2.1– РН2.7, РН4.1, РН4.2 – 20 балів/12 бали;
 4. Підсумкова контрольна РН2.1–РН2.7 – 20 балів/12 балів;
- Разом має бути 60 балів/35 балів;

- підсумкове оцінювання: іспит.

- максимальна кількість балів, які можуть бути отримані: 40 балів;
- результати навчання, які будуть оцінюватись: РН1.1–РН1.9, РН2.1–РН2.7.
- форма проведення і види завдань: письмово-усна робота.

7.2. Організація оцінювання:

Критично-розрахунковий мінімум балів за навчання становить **20** балів, рекомендований мінімум, розрахований з урахуванням специфіки дисципліни становить **35** балів. Студенти, які протягом навчання набрали сумарно меншу кількість балів ніж рекомендований мінімум **35** балів для підвищення балів отримують можливість написати додаткову контрольну роботу та доскласти домашні завдання. Студенти, які набрали впродовж навчання та за рахунок додаткових етапів оцінювання сумарно меншу кількість балів ніж критично-розрахунковий мінімум – **20** балів, до складання іспиту не допускаються.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі форм контролю здійснюються у відповідності до „Положення про організацію освітнього процесу в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка” (2018), <http://www.univ.kiev.ua/pdfs/official/Organization-of-the-educational-process.pdf>.

Форма іспиту – письмова. Екзаменаційний білет складається із 4 завдань. Кожне завдання оцінюється від 0 до 10 балів. Всього за іспит можна отримати від 0 до 40 балів. Мінімальна кількість балів, які додаються до отриманих під час навчання – 24 бали.

Терміни проведення форм оцінювання:

1. Модульна контрольна робота №1: на 6-му тижні 1 семестру.
2. Модульна контрольна робота №2: на 12-му тижні 1 семестру
3. Оцінювання завдань самостійної роботи за РН2.1, РН2.2 на 6 тижні, за РН2.3 на 12 тижні 1 семестру

7.3. Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№ п/п	Назва теми	У тому числі		
		Лекції	Лабораторні заняття	Самостійна робота
Змістовий модуль 1				
1	Задача двох тіл. Інтеграл.	2	2	14
2	Постановка задач оптимізації в механіці космічного польоту. Фізичні принципи роботи космічних рушійних систем	2	2	14
3	Математичні моделі космічних рушійних систем великої та малої тяги.	6	2	12
Змістовий модуль 2				
4	Розв'язання задач оптимізації маневрів космічних апаратів з двигунами великої тяги	2	2	14
5	Розв'язання задач оптимізації маневрів космічних апаратів з двигунами малої тяги	4	2	14
6	Розв'язання задач оптимізації маневрів космічних апаратів з комбінуванням участі двигунів великої та малої тяги	4	4	12
Всього		20	8	80

Загальний обсяг **90 год.**, в тому числі:

Лекцій – **20 год.**

Лабораторні заняття – **14 год**

Консультації – **2 год.**

Самостійна робота – **80 год.**

9. Рекомендовані джерела:

Основні:

1. Кифоренко Б.Н. Сингулярные оптимальные управления в механике космического полета. – К.: Наук. думка, 2017. – 191с.
2. P.A. Czysz, C. Bruno, B. Chudoba Future Spacecraft Propulsion Systems and Integration: Enabling Technologies for Space Exploration. – Springer, 2017. –463 P.
3. Д.Е. Охоцимский, Ю.Г. Сихарулидзе Основы механики космического полета – М.:Наука, 1990. –445с.
4. Гродзовский Г.Л., Иванов Ю.Н., Токарев В.В. Механика космического полета. Проблемы оптимизации. – М.:Наука, 1975. –702с.

Додаткові:

1. Malcolm Macdonald, Viorel Badescu The International Handbook of Space Technology. – Springer, 2014. –731 P.
2. Летов А.М. Динамика полета и управление. –М.: Наука, 1969. –360с.