

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА КІБЕРНЕТИКИ

Кафедра моделювання складних систем

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи

_____ Кашпур О.Ф.

«___» _____ 2018 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Управління динамічними системами».

для студентів

галузь знань **12 «Інформаційні технології»**
(шифр і назва)
спеціальність **121 «Інженерія програмного забезпечення»**
(шифр і назва спеціальності)
освітній рівень **бакалавр**
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
освітня програма **«Програмна інженерія»**
(назва освітньої програми)

вид дисципліни **обов'язкова**

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2018/2019
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	6
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	екзамен

Викладачі: **к.ф.-м.н., доц. Шатирко А.В.** (лекції, лабораторні)

д.ф.-м.н., доц. Пічкур В.В. (лабораторні)

к.ф.-м.н., доц. Матвієнко В.Т. (лабораторні)

к.т.н., доц. Харченко І.І. (лабораторні)

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» ____ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» ____ 20__ р.

(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2018

Розробник: Шатирко Андрій Володимирович, к.ф.-м.н., доцент кафедри «Моделювання складних систем»

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри «Моделювання складних систем»

_____ (Гарашенко Ф.Г.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № ____ від « ____ » _____ 20 ____ р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Протокол від « ____ » _____ 20 ____ року № ____

Голова науково-методичної комісії _____ (Хусайнов Д.Я.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 20 ____ року

1. Мета дисципліни – ознайомлення з методами розв’язання різних типів звичайних диференціальних рівнянь, рівнянь з частинними похідними, систем диференціальних рівнянь, постановкою та розв’язуванням задач Коші; засвоєння основних теоретичних положень теорії керування, принципів і методів вирішення проблем, пов’язаних з керуванням складними системами та оволодіння практичними навичками розв’язування задач керування.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. *Знати:* відомості з математичного аналізу, дискретної математики, алгебри, методів оптимізації, аналітичної геометрії, фізики, механіки, основи програмування

2. *Вміти:* знаходити похідні, обчислювати інтеграли, розв’язувати системи лінійних алгебраїчних рівнянь з параметрами, володіти методами матричної алгебри, користуватись основними законами фізики, користуватися пакетами математичних програм

3. *Володіти навичками:* самостійної та колективної роботи при розв’язанні поставлених математичних задач.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна „Управління динамічними системами ” є складовою освітньо-професійної програми підготовки фахівців за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти галузі знань 12 „Інформаційні технології” зі спеціальності 121“Інженерія програмного забезпечення”, освітньо-наукової програми “Програмна інженерія”

Дана дисципліна є обов’язковою навчальною дисципліною за програмою “*Програмна інженерія*”.

Викладається у 3 семестрі в **обсязі – 180 год.**

(**6 кредитів ECTS**) зокрема: *лекції – 42 год., лабораторні – 44 год., консультації – 2 год., самостійна робота – 92 год.* У курсі передбачено **2 модуля, 2 змістових модуля** та **2 модульних контрольних роботи**, завершується дисципліна – **іспитом.**

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

знати: основні означення, класифікацію, теореми, типи диференціальних рівнянь та систем рівнянь; основні означення, класифікацію, методи та підходи розв’язання задач теорії оптимального керування.

вміти: розв’язувати аналітично основні класи звичайних диференціальних рівнянь першого та вищих порядків, шукати розв’язки систем лінійних однорідних та неоднорідних диференціальних рівнянь, розв’язувати однорідні диференціальні рівняння в частинних похідних; досліджувати на керованість та спостережуваність лінійні моделі задач теорії керування, розв’язувати задачі стабілізації руху, розв’язувати задачі теорії керування в лінійній постановці методами варіаційного числення, динамічного програмування та завдяки принципу максимуму; застосовувати пакети математичних програм у випадках коли задачі неможливо розв’язати аналітично; спілкуватися з колегами з питань проектування та розробки програм, складати письмові звіти.

Для засвоєння дисципліни „ Управління динамічними системами ” освітньо-професійної програми «Програмна інженерія» студент повинен опанувати компетентності та результати навчання, які надають дисципліни: „Математичний аналіз”, „Алгебра та геометрія”, „Основи програмування”. Дисципліна „ Управління динамічними системами” є базовою для засвоєння дисциплін «Моделювання систем», та інших дисциплін спеціалізації та вільного вибору студента прикладного математичного спрямування освітньо-наукової програми «Програмна інженерія».

4. Завдання (навчальні цілі):

набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні новітніх досягнень теорії оптимального керування та основ диференціальних рівнянь, відповідно до кваліфікації бакалавр з програмної інженерії. Зокрема, розвивати:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт;
- здатність проектувати та розробляти структурні, математичні та функціональні моделі при застосуванні різних парадигм функціонування системи;
- здатність до абстрактного та алгоритмічного мислення.

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			
PH1.1	<i>Знати основні означення, класифікацію, теореми, типи диференціальних рівнянь та систем рівнянь, методи та підходи їх аналітичного та чисельного розв'язання</i>	<i>Лекція, лабораторні заняття, самостійна робота</i>	<i>Поточне оцінювання, модульна контрольна робота 1</i>	10%
PH1.2	<i>Знати основні положення, методи та підходи аналізу, синтезу, та розв'язання задач теорії оптимального керування</i>	<i>Лекція, лабораторні заняття, самостійна робота</i>	<i>Поточне оцінювання, модульна контрольна робота 2</i>	10%
PH2.1	<i>Вміти правильно класифікувати диференціальні рівняння та системи рівнянь й отримувати їх аналітичні розв'язки. Вміти застосовувати відповідні чисельні алгоритми (пакети програм) у випадку неможливості аналітичного розв'язання</i>	<i>Лабораторна робота, самостійна робота</i>	<i>Поточне оцінювання, модульна контрольна робота 1</i>	15%
PH2.2	<i>Вміти застосовувати різні методи до аналізу (дослідження на керованість, спостережуваність, стійкість) та синтезу (будувати керування та відповідну траєкторію) в задачах оптимального керування</i>	<i>Лабораторна робота, самостійна робота</i>	<i>Поточне оцінювання, модульна контрольна робота 21</i>	15%
PH3.1	<i>Обґрунтовувати власний погляд на задачу, спілкуватися з колегами з питань проектування та розробки моделей, розв'язування задач.</i>	<i>Лекція, лабораторна робота, самостійна робота</i>	<i>Поточне оцінювання</i>	5%
PH4.1	<i>Приймати кваліфіковані рішення, спираючись на застосування методів математичного моделювання.</i>	<i>Лабораторна робота, самостійна робота</i>	<i>Поточне оцінювання, контрольна робота</i>	5%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни Програмні результати навчання	РН 1.1	РН 1.2	РН 2.1	РН 2.2	РН 3.1	РН 4.1
<i>(з опису освітньої програми)</i>						
ПР-2. Знати кодекс професійної етики, розуміти соціальну значимість та культурні аспекти інженерії програмного забезпечення і дотримуватись їх в професійній діяльності.					+	+
ПР-10. Проводити передпроектне обстеження предметної області, системний аналіз об'єкта проектування.	+	+	+	+		
ВПР-1. Уміння використовувати інформаційні та комунікативні технології при спілкуванні, обміні, зборі, аналізі, обробці інформації.					+	
ВПР-2. Аналізувати, оцінювати і вибирати інструментальні та обчислювальні засоби, технології, алгоритмічні і програмні рішення для розв'язання завдань інженерії програмного забезпечення.	+	+	+	+		+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Контрольна робота 1: РН 1.1., РН2.1, РН3.1, РН4.1 — 20/5 балів.

2. Контрольна робота 2: РН 1.2, РН2.2, РН3.1, РН4.1 — 20/5 балів.

3. Поточне опитування на лабораторних роботах: РН1.1, РН1.2, РН2.1, РН2.2, РН3.1, РН4.1 – 20/10 балів

- підсумкове оцінювання у формі екзамену:

- максимальна кількість балів які можуть бути отримані студентом: 40 балів;

- результати навчання, які будуть оцінюватись: РН1.1, РН1.2, РН2.1, РН2.2, РН3.1, РН4.1;

- форма проведення і види завдань: письмова.

Види завдань: 6 письмових завдання.

Критерії оцінювання на екзамені

Завдання	Тема завдання	Максимальний відсоток	Всього відсотків
Завдання 1	Письмова відповідь на теоретичне питання з Модуля 1 «Основи диференціальних рівнянь»	5%	5%
Завдання 2	Письмова відповідь на теоретичне питання з Модуля 2 «Теорія керування»	5%	5%
Завдання 3	Тестове завдання з Модуля 1: знайти загальний розв'язок диференціального рівняння	7%	7%
Завдання 4	Тестове завдання з Модуля 1: знайти загальний розв'язок системи диференціальних рівнянь	8%	8%
Завдання 5	Тестове завдання з Модуля 2: дослідити систему на керованість, спостережуваність	7%	7%
Завдання 6	Тестове завдання з Модуля 2: розв'язати задачу теорії керування одним з запропонованих методів (варіаційного числення, динамічного програмування, принцип максимуму)	8%	8%
			40%

Запитання для підготовки до екзамену

1. Поняття загального розв'язку ДР першого порядку. Загальний інтеграл. Частинний та особливий розв'язки ДР першого порядку.
2. Питання існування та єдиності розв'язку задач Коші ДР першого порядку. Теорема про достатні умови існування та єдиності розв'язку задач Коші (без доведення).
3. Геометрична інтерпретація звичайних ДР та їх розв'язків.
4. Інтегровані типи ДР першого порядку. Неповні рівняння. Рівняння з відокремлюваними змінними. Побудова загального розв'язку.
5. Однорідні ДР та звідні до них. Лінійні рівняння та звідні до них.

6. Метод варіації довільної сталої (метод Лагранжа).
7. Рівняння в повних диференціалах. Необхідні і достатні умови для перевірки того, що рівняння є повним диференціалом.
8. ДР першого порядку, не розв'язані відносно похідної. Основні поняття та означення. Рівняння Лагранжа і Клеро. Застосування методу параметризації.
9. Звичайні ДР вищих порядків. Основні поняття та означення.
10. Методи інтегрування та пониження порядку деяких ДР з вищими похідними.
11. Однорідні лінійні ДР n -го порядку. Властивості розв'язків.
12. Фундаментальна система розв'язків ДР n -го порядку. Існування фундаментальної системи. Загальний розв'язок. Число лінійно незалежних розв'язків.
13. Лінійні ДР n -го порядку з постійними коефіцієнтами. Побудова загального розв'язку однорідних рівнянь.
14. Знаходження частинного розв'язку неоднорідних рівнянь методом невизначених коефіцієнтів.
15. Метод варіації довільної сталої для знаходження розв'язків для неоднорідних рівнянь.
16. Знаходження частинного розв'язку лінійного неоднорідного рівняння методом Коші.
17. Системи звичайних ДР. Основні поняття і означення. Постановка задачі Коші.
18. Теореми про достатні умови існування і єдиності розв'язку задачі Коші для систем звичайних ДР. Геометрична інтерпретація.
19. Поняття загального, часткового та особливого розв'язків, а також інтеграла, першого та загального інтегралів. Число незалежних інтегралів. Пониження порядку системи за допомогою перших інтегралів.
20. Теореми про лінійно незалежні та залежні розв'язки. Фундаментальні системи розв'язків. Загальний розв'язок системи.
21. Визначник Вронського. Формула Якобі. Фундаментальна матриця.
22. Лінійні системи ДР. Запис систем ДР у векторно-матричній формі.
23. Однорідні лінійні системи ДР зі сталими коефіцієнтами. Випадки інтегрованості в квадратах.
24. Інтегрування однорідних лінійних систем методом Ейлера.
25. Неоднорідні системи лінійних ДР. Структура загального розв'язку. Метод варіації довільної сталої.
26. Особливі точки ДР на площині. Поведінка розв'язків ДР в околі особливих точок на площині.
27. Основні поняття і означення стійкості та асимптотичної стійкості розв'язків ДР.
28. Лінійні однорідні ДР першого порядку з частинними похідними, їх зв'язок з системами звичайних ДР в симетричній формі. Загальний розв'язок ДР першого порядку з частинними похідними.
29. Постановка та алгоритм розв'язування задачі Коші для ДР першого порядку з частинними похідними.
30. Неоднорідні лінійні ДР першого порядку з частинними похідними
31. Постановка задач оптимального керування. Приклади систем керування та їх математичних моделей.
32. Структурні схеми для опису систем керування.
33. Математична постановка задачі оптимального керування в загальному вигляді. Основні означення та терміни.
34. Постановка та дослідження задач керованості для лінійних систем. Нестационарні системи. Теорема про необхідну і достатню умову цілком керованості.
35. Постановка та дослідження задач керованості для лінійних систем. Стационарні системи. Теорема про необхідну і достатню умову цілком керованості.
36. Цілком керованість на заданому проміжку. Теорема про достатню умову цілком керованості на заданому проміжку.

37. Спостережуваність в лінійних системах керування. Теорема про достатню умову існування розв'язку задачі спостережуваності.
38. Спостережуваність в лінійних системах керування. Теорема про достатню умову, що виражається через розв'язок інтегрального рівняння, існування розв'язку задачі спостережуваності.
39. Теореми про зв'язок між спостережуваністю та керованістю.
40. Ідентифікація в системах керування.
41. Керованість, спостережуваність, ідентифікація дискретних лінійних систем.
42. Стійкість за Ляпуновим програмних рухів систем керування.
43. Аналітичне конструювання регуляторів систем керування.
44. Системи першого наближення і другий метод Ляпунова для дослідження стійкості програмних рухів.
45. Постановка задачі оптимального керування як задачі варіаційного числення. Постановка задач Лагранжа, Майера, Больца.
46. Необхідні умови знаходження оптимальних траєкторій методами варіаційного числення.
47. Умова Якобі та достатні умови екстремуму функціоналів
48. Необхідні і достатні умови для функціоналів вищих порядків
49. Загальна задача Лагранжа.
50. Задача з обмеженнями на керування.
51. Постановка задачі на метод динамічного програмування. Принцип оптимальності Беллмана.
52. Рівняння Беллмана для задачі оптимального керування з дискретним часом.
53. Метод динамічного програмування (дискретний час).
54. Задача синтезу оптимального керування в методі динамічного програмування. Висновки: переваги та недоліки методу динамічного програмування.
55. Задача синтезу оптимального керування в методі динамічного програмування.
56. Принцип максимуму Понтрягіна. Постановка задачі. Теорема про необхідну умову оптимальності (закріплені кінці траєкторії, фіксований час). Без доведення .
57. Принцип максимуму Понтрягіна. Теорема про необхідну умову оптимальності (кінці траєкторії не закріплені – вільні або рухомі, початковий і кінцевий моменти часу – фіксовані). Без доведення.
58. Лінійна задача оптимальної швидкодії. На прикладі системи керування, що описується системою 2-х диф.рівнянь із застосуванням принципу максимуму Понтрягіна.

Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше ніж 20 балів.

7.2 Організація оцінювання:

Терміни проведення форм оцінювання:

1. *Контрольна робота 1: до 7 тижня семестру.*
2. *Контрольна робота 2: до 15 тижня семестру*

Студент має право на одне перескладання кожної контрольної роботи із можливістю отримання максимально 80% початково визначених за цю контрольну роботу балів. Термін перескладання визначається викладачем.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі контрольних робіт здійснюються у відповідності до „Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу” від 1 жовтня 2010 року.

7.3 Шкала відповідності оцінок

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

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і лабораторних занять

№ п/п	Назва лекції (теми)	Кількість годин		
		Лекц.	Лабораторні заняття	Самост. роб.
Модуль 1.				
Основи диференціальних рівнянь				
1	Вступ Приклади застосування ДР та принципи побудови динамічних математичних моделей. Проблеми математичного моделювання, системного аналізу та інформатики, їх зв'язок з методами та теорією ДР. Приклади використання ДР в задачах механіки, біології, економіки, керування	2	2	4
2	ТЕМА 1. ДР першого порядку, розв'язні та нерозв'язні відносно похідної.	4	6	12
3	ТЕМА 2. Звичайні ДР вищих порядків. Лінійні ДР.	4	6	14
4	ТЕМА 3. Системи диференціальних рівнянь	4	4	4
5	ТЕМА 4. Якісна теорія диференціальних рівнянь	2	2	4
6	ТЕМА 5. Диференціальні рівняння з частинними похідними.	2	2	4
Модульна контрольна робота 1			2	
Модуль 2.				
Теорія керування				
1	Вступ Постановка задач оптимального керування, приклади задач оптимального керування	2		
2	Тема 1. Керованість, спостережуваність та ідентифікація систем керування	6	2	13
3	Тема 2. Стійкість руху та аналітичне конструювання регуляторів систем керування.	4	4	10
4	Тема 3. Методи варіаційного числення для вирішення задач оптимального керування.	4	4	5
5	Тема 4. Метод динамічного програмування.	4	4	10
6	Тема 5. Принцип максимуму Понтрягіна для систем з неперервним часом	4	4	10
Модульна контрольна робота 2			2	
Консультація		4		
Екзамен				
ВСЬОГО		42	44	90

Загальний обсяг 180 год., в тому числі:

лекцій – **42 год.**

лабораторні – **44 год.**

консультації – **4 год.**

самостійна робота - **90 год.**

Теми, винесені на самостійне вивчення:

Застосування операційного числення до розв'язання диференціальних рівнянь. Пряме та обернене перетворення Лапласа.

Розв'язок задач диференціальних рівнянь та теорії керування в середовищах пакетів програм MATLAB, MAPLE, МАТЕМАТИКА, PYTHON.

9. Рекомендовані джерела:

Основні

1. Гаращенко Ф.Г., Матвієнко В.Т. Харченко І.І. Диференціальні рівняння для інформатиків.: Підручник. – К.: ВПЦ "Київський університет" 2008. .
2. Гаращенко Ф.Г., Харченко І.І. Збірник задач і вправ з диференціальних рівнянь. – К.: ВПЦ "Київський університет" 2004. – 162 с.
3. Гудименко Ф.С., Павлюк І.А, Волкова В.О. Збірник задач з диференціальних рівнянь.– К. Вища школа, 1972. –156 с.
4. Егоров А. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения с приложениями. 2-е изд., испр. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 384 с.
5. Боярчук А.К., Головач Г.П. Справочное пособие по высшей математике. Том 5. Дифференциальные уравнения в примерах и задачах. – М.: Изд-во "УРСС". 1998. – 384 с.
6. Краснов М.Л., Киселев А.И., Макаренко Г.И. Сборник задач по обыкновенным дифференциальным уравнениям: Учебное пособие для вузов. – М.: Высш. Школа, 1978. – 287 с.
7. Перестюк М.О., Свіщук М.Я. Збірник задач з диференціальних рівнянь: Навчальний посібник. – К.: Либідь, 1997. – 192 с.
8. Филиппов А.Ф. Сборник задач по дифференциальным уравнениям. – М.: Наука, 1992. – 128 с.
9. Хусайнов Д. Я., Бичков О.С. Диференціальні рівняння: Навчальний посібник. – К.: ВПЦ "Київський університет" 2001. – 132 с.
10. Моклячук М.П. Варіаційне числення. Екстремальні задачі. – К.: Либідь, 1994. – 328с.
11. Самойленко А.М., Кривошея С.А., Перестюк М.О. Диференціальні рівняння в задачах. – К.: Либідь, 2003. 502 с
12. Эдварс Ч.Г., Пенни Д.Э. Дифференциальные уравнения и краевые задачи: моделирование и вычисление с помощью Mathematica Maple и MATLAB. 3-е издание.: Пер. с англ. – М.: ООО» И.Д.Вильямс», 2008. – 1104 с.
13. Бублик Б.Н., Кириченко Н.Ф. Основы теории управления. – К.: Вища школа, 1975. – 328 с.
14. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. – М.: Наука, 1980.- 520 с.
15. Мойсеев Н.Н. Элементы теории оптимальных систем. – М.: Наука, 1975.-538 с.
16. Флеминг У., Ришел Р. Оптимальное управление детерминированными и стохастическими системами. – М.: Мир, 1978.-320 с.
17. Острем К. Введение в стохастическую теорию оптимального управления.– М.: Мир, 1973.-324 с.
18. Крак Ю.В., Шатирко А.В. Теорія керування для інформатиків. Підручник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2015. – 175 с.
19. Атанс М., Фалб П. Оптимальное управление. –М.: Машиностроение, 1968.-764 с.
20. Брайсон А., Хо Ю-ши. Прикладная теория оптимального управления. Оптимизация, оценки, управление. –М.: Мир, 1972.-544 с.
21. Сейдж З.П., Уайт, Ш Ч.С. Оптимальное управление системами. –М.: Радио и связь, 1982.-392 с.

Додаткові:

22. Ляшко І.І., Боярчук О.К, Гай Я.Г., Калайда О.Ф. Диференціальні рівняння. – К.: Вища школа, 1981. 504 с.
23. Матвеев Н.М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. – Минск: Высшейшая школа, 1974. 766 с

24. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. – М.: Наука, 1969. 424 с.
25. Кирин Н.Е. Вычислительные методы теории оптимального управления. –Л.: изд. ЛГУ, 1968.-144с.
26. Зубов В.И. Лекции по управлению. – М.: Наука, 1975.-496 с.