



Системи керування повітряних і космічних літальних апаратів

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>17 Електроніка та телекомунікації</i>
Спеціальність	<i>173 Авіоніка</i>
Освітня програма	<i>Системи керування літальними апаратами та комплексами</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 рік, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>8,5 кредити (255 год)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен</i>
Розклад занять	<i>Rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: кандидат технічних наук, доцент Бурнашев Віталій Віталійович, тел. +044-2048224, e-mail: vvvburnashev@gmail.com Практичні: кандидат технічних наук, доцент Бурнашев Віталій Віталійович, тел. +044-2048224, e-mail: vvvburnashev@gmail.com Лабораторні: кандидат технічних наук, доцент Бурнашев Віталій Віталійович, тел. +044-2048224, e-mail: vvvburnashev@gmail.com
Розміщення курсу	<i>Платформа «Сікорський»</i>

Програма навчальної дисципліни

Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна «Системи керування повітряних і космічних літальних апаратів» відноситься до обов'язкових навчальних дисциплін.

Мета та завдання дисципліни

Метою дисципліни є формування у аспірантів наступних здатностей згідно із освітньою програмою:

Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- Здатність проведення досліджень на відповідному рівні (ЗК3);
- Здатність синтезувати і аналізувати оптимальні системи автоматичного керування літальних апаратів (СК 1);
- Здатність проектувати та сертифікувати системи авіоніки та інформаційні системи літальних апаратів і наземних комплексів (СК 2);
- Здатність застосовувати комп'ютерні технології проектування і моделювання динамічних процесів літальних апаратів та систем авіоніки (СК 3);
- Здатність розробляти технологічні процеси виготовлення систем авіоніки та інформаційних систем літальних апаратів і наземних комплексів (СК 4);
- Здатність використовувати передові технології при дослідженні та проектуванні систем керування літальними апаратами, розробці апаратних та програмно-

- алгоритмічних засобів підвищення точності, надійності, живучості, функціонування систем авіоніки (СК 7);
- Здатність приймати ефективні рішення в авіоніці (СК 8);
- Здатність застосовувати класичні та новітні аналітичні методи для одержання інформації про параметри та структуру приладів та систем керування літальних апаратів (СК 11);
- Здатність планувати, оцінювати й реалізовувати апаратні та програмно-алгоритмічні заходи щодо збільшення точності, надійності та інших якостей, а також живучості, ресурсів функціонування систем керування літальними апаратами (СК 12);
- Здатність проектувати системи керування для нових перспективних областей використання сучасних технологій (СК 13);

Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньої програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі знання та уміння:

- Адаптивних та робастних систем керування, принципів Н2-оптимізації, багатокритеріальної оптимізації, ЛКР-задач, розв'язків задач Калмановської, компліментарної та іншої оптимальної фільтрації в галузі авіоніки та робототехніки (РН 2);
- Методів та засобів сучасних інформаційних технологій (РН 3);
- Сучасних методик синтезу функціональних та структурних схем систем автоматичного управління літальними апаратами (РН 4);
- Конструкції та принципів дії приладів і систем авіоніки (РН 5);
- Аналізувати та синтезувати цифрові системи автоматичного керування (РН 14);
- Розробляти алгоритми керування рухом літальних апаратів (РН 15);
- Розробляти і використовувати програмні засоби моделювання в системах авіоніки (РН 16);
- Вміти описувати динамічні процеси літальних апаратів, обирати алгоритми керування рухом літальних апаратів (РН 17);
- застосовувати системи автоматизованого проектування в системах авіоніки (РН 18).

Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліни, що забезпечують початкову підготовку до навчання: ПО 8 «Основи будови систем керування повітряних літальних апаратів і супутників» з ОПП бакалаврського рівня.

Дисципліна формує базу для підготовки магістерської дисертації

Зміст навчальної дисципліни

Таблиця 1

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні	Лабораторні	СРС
Розділ 1. Автоматичне управління рухом центра мас літака.	99	30		18	51
Тема 1.1. Автоматичне управління позовжнім рухом центра мас літака	36	12		6	18

Тема 1.2 Автоматичне керування боковим рухом центра мас	30	8		6	16
Тема 1.3 Автоматичне управління швидкістю польоту	22	4		6	12
Тема 1.4 Напівавтоматичне управління рухом центра мас літака.	11	6			5
Розділ 2. Автоматичне управління рухом вертольоту	21	13			8
Тема 2.1 Математичні моделі руху вертольота	8	4			4
Тема 2.2 Автоматичне управління рухом вертольота	14	9			5
Розділ 3. Основні поняття космічного польоту					
Тема 3.1. Космічний політ та задачі навігації і керування	6	2	2	-	2
Розділ 4. Управління КА у полі тяжіння Землі					
Тема 4.1. Керування КА на етапі його запуску	11	2	3	-	6
Тема 4.2. Керування при зближенні КА	13	4	3	-	6
Тема 4.3. Автоматичне керування при маневрі КА поза атмосферою	12	4	2	-	6
Тема 4.4. Керування обертальним рухом КА	14	6	2	-	6
Тема 4.5. Керування при зниженні в атмосфері	14	6	2	-	6
Тема 4.6. Керування великими космічними конструкціями	14	6	2	-	6
Розділ 5. Управління міжпланетними КА					
Тема 5.1. Керування КА при міжпланетних польотах	12	4	2	-	6
МКР	4	2			2
Екзамен	30				30
Всього годин	255	72	18	18	147

Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1.1 Красовский А.А. Вавилов Ю.А. Сучков А.И. Системы автоматического управления летательных аппаратов . М. ВВИА им.Н.Е. Жуковского , 1986.

1.2. Асланян А.Э. Системы автоматического управления полетом летательных аппаратов . К. КВВИАУ, 1984 чІ .

1.3 Есаулов С.Ю. Бахов О.П. Дмитриев И.С. Вертолет как объект управления. М. Машиностроение , 1977.

1.4. Вавилов Ю.А. Кашин Г.Н. Козлов М.С. Системы автоматического управления самолетами и ракетными комплексами. М. ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1969.

1.5. Лебедев А.А. Чернобровкин Л.С. Динамика полета беспилотных летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1973.

1.6 Кузовков Н.Т. Системы стабилизации летательных аппаратов. М. Высшая школа. 1976.

1.7. Пономарев В.М. Теория управления движением космических аппаратов. – М.: Наука. 1965. – 456 с.

1.8 Пономарев В.М. Теория управления движением космических аппаратов. – М.: Наука. 1965. – 456 с.

1.9. Шебшаевич В.С. Введение в теорию космической навигации. – М. Советское радио. 1971. – 296 с.

1.10. Боднер В.А. Теория автоматического управления полетом. – М.: Наука. 1964. – 700 с.

1.11. Алексеев К.Б., Бебенин Г.Г., Ярошевский В.А. Маневрирование космических аппаратов. – М.: Машиностроение. 1970. – 416 с.

1.12. Охоцимский Д.Е., Голубев Ю.Ф., Сихарулидзе Ю.Г. Алгоритмы управления космическим аппаратом при входе в атмосферу. – М. Наука. 1975. – 400 с.

1.13. Павловский М.А., Горбулин В.П., Клименко О.М. Системы керування обертальним рухом космічних апаратів. – К.: Наукова думка. 1997. – 200 с.

1.14. Згуровский М.З., Бидюк П.И. Анализ и управление большими космическими конструкциями. – К.: Наукова думка. 1997. – 452 с.

1.15. Кузовков Н.Т. Системы стабилизации летательных аппаратов. М. Высшая школа. 1976.

Допоміжна література

2.1 Лысенко Н.М. Динамика полета. М. ВВИА им. Н.Е. Жуковского. 1967.

2.2 Михалев И.Л. Окоёмов Б.Н. и др. Системы автоматического управления самолетом. М. Машиностроение. 1971.

2.3 Пашковский И.М. Динамика и управляемость самолета. М. Машиностроение. 1987

2.4 Блейклок Дж. Г. Автоматическое управление самолетами и ракетами. М. Машиностроение. 1969.

2.5 Брага В.Г. и др. Практическая аэродинамика самолетов с турбореактивными двигателями. М. МО. 1969.

2.6 Остаславский И.В. Стражева И.В. Динамика полета. М. Машиностроение. 1969.

2.7 Красовский А.А. Лебедев А.В. Невструев В.В. Теоретические основы илотажно-навигационных комплексов. ВВИА им. Н.Е. Жуковского

Інформаційні ресурси

1. <http://dpla.ru>

2. <http://rutaba-rc.com>

3. model.exponenta.ru

Навчальний контент

Лекційні заняття

Таблиця 2

№ з/п	Назва теми лекції
1	Лекція 1. Автоматичне управління кутом крену. Автопілоти крену. Процеси, що відбуваються в контурах автоматичного управління кутом крену. Література: [1.1] стор 143-160. Завдання на СРС. Вимірювачі кута крену літака

2	Лекція 2. Автопілот крену з жорстким зворотним зв'язком. Автопілот крену з ізодромним зворотним зв'язком Література: [1.1] стор 165-169.
3	Лекція 3. Автоматичне управління кутом ризику. Способи управління кутом ризику. Процеси, що відбуваються в контурах автоматичного управління кутом ризику Література: [1.1] 170-175. Завдання на СРС. Вимірювачі кута ризику літака
4	Лекція 4. Аналіз статичних та динамічних характеристик контурів управління кутом ризику. Автопілот ризику з жорстким зворотним зв'язком Література: [1.1] 170-175. Література: [1.1] 170-175.
5	Лекція 5. Аналіз статичних та динамічних характеристик контурів управління кутом ризику. Автопілот ризику з ізодромеим зворотним зв'язком Література: [1.1] 170-175. Література: [1.1] 170-175.
6	Лекція 6. Автоматичне управління кутом тангажу Особливості контурів управління кутом тангажу. Автопілот тангажу з жорстким зворотним зв'язком. Автопілот тангажу з ізодромним зворотним зв'язком Література: [1.1] 170-175. Завдання на СРС. Вимірювачі кута тангажу літака
7	Лекція 7. Особливості процесів, що протікають у контурах автоматичного управління висотою польоту. Парирування основних збурень. Аналіз статичних і динамічних характеристик процесів управління висотою польоту з використанням контуру тангажу. Література: [1.1] стор 243-261. Завдання на СРС. Вимірювачі висоти польоту літака
8	Лекція 8. Управління висотою польоту через автопілот тангажу з жорстким зворотним зв'язком. Література: [1.1] стор 265-269.
9	Лекція 9. Управління висотою польоту через автопілот тангажу з ізодромним зворотним зв'язком. Література: [1.1] стор 265-269.
10	Лекція 10. Управління висотою польоту через контур нормального перевантаження Література: [1.1] стор 265-269.
11	Лекція 11. Особливості процесів, що протікають у контурах автоматичного керування боковим рухом центра мас. Аналіз статичних та динамічних характеристик керування боковим рухом центра мас через контур ризику. Література: [1.1] стор. 269-275. Завдання на СРС. Автоматичне керування на етапі польоту за маршрутом
12	Лекція 12. Особливості статичних та динамічних характеристик керування боковим рухом центра мас через контур крену. Література: [1.1] стор 275-278. Завдання на СРС. Автоматичне керування на етапі зльоту
13	Лекція 13. Автоматичне управління швидкістю польоту Література: [1.1] стор. 297-300, 305-312.

14	Лекція 14. Особливості взаємодії льотчика з системою автоматичного управління. Льотчик у контурі управління польотом літака. Сумісне управління польотом літака. Література: [1.1]стор.278-281.
15	Лекція 15. Директорне управління польотом літака . Комбіноване управління польотом літака Література: [1.1]стор.348-353 Завдання на СРС. Автоматичне керування на етапі посадки
16	Лекція 16. Рівняння руху вертольота одnogвинтової схеми. Література: [1.1]стор.360-362.
17	Лекція 17. Параметри рівнянь руху вертольота. Аеродинамічні характеристики. Література: [1.1]стор.362-369.
18	Лекція 18. Лінеарізована математична модель руху вертольота. Література: [1.1]стор.369-374.
19	Лекція 19. Автопілот АП-34Б. Склад, характеристики і принцип дії. Автоматичне управління висотою польоту вертольота Література: [1.1]стор.378-382.
20	Лекція 20. Автоматичне управління кутовими рухами вертольота. Література: [1.1]стор.382-391.
21	Лекція 21. Структура апаратури керування легких безпілотних літаків Література: [1.2]стор.10-26. Завдання на СРС. Технічні характеристики авіоніки сучасних малих літаків
22	Лекція 22. Автоматичне керування рухом мультироторних літальних апаратів Література: [1.3]стор.30-67 Завдання на СРС. Рульовий привід малих безпілотних літальних апаратів
23	Модульна контрольна робота (перша частина)
23	Лекція 23. <u>Керування рухом космічних апаратів.</u> Особливості руху космічних апаратів. Рівняння руху космічного апарату. Особливі випадки руху космічних апаратів. Види керованого руху космічних апаратів. Системи управління рухом космічних апаратів. Способи створення керуючих сил. Закони орбітального руху. Орбітальний рух в полі земного тяжіння. Література: [1.8] стор. 13-110; [1.9] стор. 6-21, 65-88; [1.11] стор. 30-42. Завдання на СРС №1. Алгоритм оптимального керування рухом космічного апарату. Література: [1.8] стор. 13-110; 1.9) стор. 6-21, 65-88.
24	Лекція 24. Задачі і особливості навігації космічних апаратів. Класифікація методів вимірювання, що застосовуються в навігації космічних апаратів. Технічні засоби космічної навігації. Навігаційні функції та їх геометричні властивості. Література: [1.8] стор. 13-110; [1.9] стор. 6-21, 65-88; [1.11] стор. 30-42.
25	Лекція 25. . <u>Керування КА на етапі запуску.</u> Вимоги до точності керування на етапі запуску. Автоматичне керування у вертикальній площині. Автоматичне керування боковим рухом. Література: [1.8] стор. 521-523; [1.10] стор. 511-520. Завдання на СРС №2. Алгоритми обчислення керування боковим рухом КА.
26	Лекції 26 . <u>Керування КА при зустрічі на орбіті.</u> Зустріч космічних апаратів на орбіті. Маневри, що забезпечують вихід корабля на

	<p>орбіту зустрічі. Наведення на кінцевій ділянці зустрічі. Література: [1.11] стор. 109-163; [1.10] стор.164-191, 514-624. Завдання на СРС №3. Алгоритми керування швидкістю при зустрічі. Література: [1.10] стор.164-191, 514-624.</p>
27	<p>Лекції 27 . <u>Методи керування КА при зближенні.</u> Ручне керування кораблем при наведенні на кінцевій ділянці. Особливості автоматичного керування при зближенні. Формування і похибки закону управління. Література: [1.11] стор. 109-163; [1.10] стор.164-191, 514-624. Завдання на СРС №3. Алгоритми керування швидкістю при зустрічі. Література: [1.10] стор.164-191, 514-624.</p>
28	<p>Лекції 28. . <u>Особливості керування КА поза атмосферою.</u> Способи створення керуючих моментів і сил. Прилади для вимірювання координат космічних апаратів. Література: [1.10] стор. 524-579. Завдання на СРС № 4. Автоматичне керування рухом космічного апарату при слідуванні за ціллю. Література: [1.10] стор. 568-579.</p>
29	<p>Лекції 29. . <u>Автоматичне керування рухом КА поза атмосферою.</u> Автоматичне керування рухом центра мас космічного апарату. Автоматичне керування рухом космічного апарату при орбітальних маневрах. Література: [1.10] стор. 524-579. Завдання на СРС № 4. Автоматичне керування рухом космічного апарату при слідуванні за ціллю. Література: [1.10] стор. 568-579.</p>
30	<p>Лекції 30. Орієнтація космічних апаратів як процес керування. Сучасний стан задачі стабілізації орієнтації мікросупутників (МС). Проектування МС. Склад та етапи функціонування системи керування орієнтацією та стабілізацією МС. Література: [1.13] стор. 5-16, [1.15] стор. 6-86; Завдання на СРС № 5. Алгоритм адитивного оновленням оцінки кватерніону орієнтації космічного апарату з використанням фільтра Калмана. Література: [1.13] стор. 5-16, [1.15] стор. 41-50.</p>
31	<p>Лекції 31. Задача навігаційного забезпечення МС. Приладовий склад системи орієнтації та основні режими її роботи. Математичні моделі полів, використовуваних при побудові систем керування МС. Виконавчі органи СОС МС: гіроскопічні силові стабілізатори, магнітні котушки. Математична модель орбітального руху МС: визначення і основи алгебри кватерніонів, способи параметризації кутового руху твердого тіла, повні рівняння руху МС, лінеаризовані рівняння руху МС. Література: [1.13] стор. 5-16, [1.15] стор. 6-86; Завдання на СРС № 5. Алгоритм адитивного оновленням оцінки кватерніону орієнтації космічного апарату з використанням фільтра Калмана. Література: [1.13] стор. 5-16, [1.15] стор. 41-50.</p>
33	<p>Лекції 32.Параметризація кутової орієнтації, її особливості. Визначення кутової орієнтації з векторних вимірювань. Алгоритми комплексування сигналів позиційних датчиків та датчика кутової швидкості. оцінки кватерніону орієнтації.</p>

	Література: [1.13] стор. 5-16, [1.15] стор. 6-86; Завдання на СРС № 5. Алгоритм адитивного оновленням оцінки кватерніону орієнтації космічного апарату з використанням фільтра Калмана. Література: [1.13] стор. 5-16, [1.15] стор. 41-50.
34	Лекції 33. Фізичні умови при русі космічного апарату при спуску в атмосфері. Вимоги до алгоритму керування. Література: [1.13] стор. 41-48; [1.15] стор. 49-109. Завдання на СРС № 6. Націлюючий алгоритми формування командного кута крену. Література: [1.13] стор. 41-48; [1.15] стор. 49-109.
35	Лекції 34. Крайові умови при керуванні зниженням в атмосфері. Алгоритми формування командного кута крену: алгоритм прямого наведення, націлюючий алгоритм. Література: [1.12] стор. 41-48; [1.15] стор. 49-109. Завдання на СРС № 6. Націлюючий алгоритми формування командного кута крену. Література: [1.12] стор. 41-48; [1.15] стор. 49-109.
36	Модульна контрольна робота

Практичні заняття

Метою практичних занять є закріплення на практиці теоретичних знань, отриманих на лекціях. Передбачені наступні теми занять.

Практичні заняття № 1. Розрахунок геометричних і кінематичних параметрів руху ЛА при дії вітру

Практичні заняття № 2. Розрахунок геометричних і кінематичних параметрів руху ЛА при дії вітру

Практичне заняття № 3. регулятор контуру керування кутом тангажу

Практичне заняття № 4. П, ПІ, ПІІД регулятор контуру керування висотою

Практичне заняття № 5. Моделювання поздовжнього руху літака в просторі станів

Практичне заняття № 6. Моделювання бокового руху літака в просторі станів

Практичне заняття № 7. . регулятор контуру керування кутом рискання

Практичне заняття № 9. . П, ПІ, ПІІД регулятор контуру керування боковою координатою

Лабораторні роботи

Основні завдання циклу лабораторних робіт. Цикл занять направлений на отримання студентами вмінь та досвіду синтезу та аналізу регуляторів БПЛА за допомогою пакетів математичних програм, а також імітації керованого руху БПЛА.

№	Назва лабораторних робіт	Кількість годин	Номер теми
1	Синтез та дослідження лінійного спостерігача безпілотного літака	6	1.1
2	Синтез і аналіз стаціонарного регулятора для безпілотного літака	6	1.2
3	Розробка і дослідження робастного регулятора безпілотного літака	6	1.3

Політика та контроль

Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (СРС) полягає в підготовці до аудиторних занять, ознайомлення з тематичною літературою, виконанням самостійних робіт. Об'єм та тематика самостійної роботи наведені в Табл. 1, 2.

Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика виставлення оцінок (пропущені заняття, відпрацювання пропусків): кожна оцінка виставляється відповідно до розроблених викладачем та заздалегідь оголошених критеріїв, а також мотивується в індивідуальному порядку на вимогу студента.

Політика академічної поведінки та доброчесності (плагіат, поведінка в аудиторії): конфліктні ситуації мають відкрито обговорюватись в академічних групах з викладачем, необхідно бути взаємно толерантним, поважати думку іншого. Плагіат та інші форми нечесної роботи неприпустимі. Недопустимі підказки і списування у ході занять, контрольних роботах, на екзамені.

Норми академічної етики: дисциплінованість; дотримання субординації; чесність; відповідальність; робота в аудиторії з відключеними мобільними телефонами.

Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, що отримуються за: лабораторні роботи; модульну контрольну роботу; практичні заняття, екзамен.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання:

1. Лабораторні роботи

Ваговий бал – 6. Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 6;
- виконання, але теоретичні знання недостатні або виконане з помилками – 3...5;
- робота не виконувалась – 0.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює $3 \times 7 = 21$ бал.

2. Модульний контроль (одна МКР)

Ваговий бал – 10 за кожну з двох частин контрольної роботи.

Критерії оцінювання кожної з двох частин роботи:

- “відмінно” (не менше 90% потрібної інформації) – 9..10;
- “добре” (не менше 75% потрібної інформації) – 7..8;
- “задовільно” (не менше 60% потрібної інформації) – 5..6.
- “незадовільно” або робота не виконувалась – 0.

Максимальна кількість балів за МКР дорівнює $10 \times 2 = 20$ бали.

3. Практичні заняття

Ваговий бал – 9. Критерії оцінювання:

- повне виконання всіх завдань – 8..9;
- неповне виконання завдань – 5..7;
- завдання не виконувались або виконано менше 60 % – 0.

Максимальна кількість балів за виконання всіх завдань на практичних заняттях $1 \times 9 = 9$ балів.

4. Штрафні та заохочувальні бали за:

- Несвоєчасне виконання лабораторної роботи – 2 бала;

Сума штрафних та заохочувальних балів не повинна перевищувати 5.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає

$$R_C = 21 + 20 + 9 = 50 \text{ балів.}$$

Умови позитивної проміжної атестації. Для отримання “зараховано” з проміжної атестації (8 тижень) студент матиме не менше ніж 20 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів “ідеальний” студент має отримати 20 балів).

Для отримання “зараховано” з проміжної атестації (14 тижень) студент матиме не менше ніж 16 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів “ідеальний” студент має отримати 32 бали).

Екзаменаційна складова шкали дорівнює 50 % від R, а саме: $R_A = R_C \frac{0,5}{1-0,5} = 50$ балів.

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає $R = R_C + R_E = 100$ балів. Необхідною умовою допуску до екзамену є зарахування обох частин модульної контрольної роботи, зарахування всіх лабораторних робіт, а також стартовий рейтинг (r_C) не менше 40 % від R_C , тобто 20 балів.

Критерії оцінювання екзамену

Білет містить два запитання. Відповідь на запитання оцінюється, в залежності від повноти і правильності:

- “відмінно”, повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації)..... 23 – 25 балів;
- “добре”, достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності)19 – 22 бали;
- “задовільно”, неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки).....15 – 18 балів;
- “незадовільно”, незадовільна відповідь.....0 балів.

Бали, отримані за кожне питання додаються.

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка RD переводиться згідно з таблицею:

$RD = r_C + r_E$	Оцінка за університетською шкалою
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
$RD \leq 60$	Незадовільно
$R_C < 20$ або не виконані інші умови допуску до екзамену	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом, к.т.н. Бурнашевим Віталієм Віталійовичем

Ухвалено кафедрою СКЛА (протокол № від . .2021 р.)

Погоджено Методичною комісією ІАТ (протокол № 16 від 12 . 05 . 2021 р.)