

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНЕ КОСМІЧНЕ АГЕНТСТВО УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ



ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора інституту з наукової роботи

Володимир ПОШИВАЛОВ

2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ОК 2.2 «ДИНАМІКА І КЕРУВАННЯ РУХОМ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ»
(шифр із ОПП і повна назва навчальної дисципліни)

здобувачів освітньо-наукового рівня доктора філософії зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

рівень освіти _____ третій (освітньо-науковий)

галузь знань _____ 15 Автоматизація та приладобудування

спеціальність (ості), напрямок_ 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва)

спеціалізація _____

(шифр і назва)

освітня(-и) програма(-и) _____ Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології в ракетно-космічній техніці

факультет/центр _____ Аспірантура ІТМ НАНУ і ДКАУ, Відділ 9

(назва)

вид дисципліни _____ обов'язкова

(обов'язкова/вибіркова)

Робоча навчальна програма дисципліни «Динаміка і керування рухом літальних апаратів» складена на основі освітньо-кваліфікаційної характеристики та освітньо-професійної програми підготовки аспірантів фахового напрямку «151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Розробник: Хорошилов С.В., д.т.н., проф., пров. наук. спів. відділу системного аналізу та проблем керування.

*Робоча навчальна програма розглянута:
на семінарі відділу 9: протокол № 4 від 06.09.2023*

Завідувач відділу,  Алпатов А.П.

2023

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Навчальна дисципліна «Динаміка і керування рухомими об'єктами» забезпечує підготовку магістрів спеціальності «Прилади і системи орієнтації, навігації і керування рухом у просторі» в галузі дослідження динаміки і керування рухом сучасних рухомих об'єктів різних типів.

Матеріал цієї учбової дисципліни базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні дисциплін "Вища математика", "Фізика", "Теоретична механіка", "Теорія автоматичного керування".

2. РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ

Семестр	Всього	Розподіл за семестрами та видами занять							Семестрова атестація	
		Лекцій	Практичні заняття	Семінари	Лабораторні роботи	Комп'ютерний практикум	Контрольні роботи	СРА		
								Всього		У тому числі на виконання індивідуальних семестрових завдань
3	180	36	–	–	18	–	–	126	25	Іспит
Всього	180	36	–	–	18	–	–	126	25	Іспит

3. МЕТА І ЗАДАЧІ ДИСЦИПЛІНИ

Головна задача дисципліни – дати студентам знання по основах динаміки рухомих об'єктів різних типів і принципам побудови, методам складання математичних моделей і методів аналізу і синтезу бортових систем керування.

У результаті вивчення дисципліни студент повинний знати:

- основи динаміки рухомих об'єктів різних типів;
- устрій і принцип роботи систем керування рухомими об'єктами;
- методи аналізу лінійних і нелінійних систем керування рухомих об'єктів і способи розрахунку їхніх основних характеристик;
- сучасні досягнення науки і техніки в галузі проектування і експлуатації систем керування рухомими об'єктами;
- основні тенденції розвитку науки і техніки в галузі проектування систем керування рухомими об'єктами

і повинний уміти:

- складати математичні моделі рухомих об'єктів і систем їхнього керування;
- аналізувати динаміку рухомих об'єктів і систем їхнього керування;

- пред'являти вимоги що до характеристик розроблювальних систем керування рухом.

4. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

4.1 РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ по темах

Семестр 2						
Найменування розділів і тем	Всього	Лекцій	Практичні (контр. роб)	Лабораторні роботи	Комп'ютерний практи-	СРС
Вступ	4	2		–		-
Розділ 1. Принципи побудови бортових СК	18	4		–		14
Розділ 2. Динаміка та автоматичне керування РО, що рухаються в межах атмосфери	18	4				14
Тема 2.1. Математичні моделі РО як об'єктів керування	18	4				14
Тема 2.2. Основні елементи систем керування	18	4				14
Тема 2.3. Системи керування кутовим рухом	18	4				14
Тема 2.4. Системи керування центром мас	18	4				14
Тема 2.5. Нелінійні системи керування	18	4				14
Контрольна робота з розділів 1,2	(5)					(5)
Розділ 3. Динаміка та керування орієнтацією ШСЗ	38	8		18		12
Контрольна робота з розділу 3	(6)					(6)
Підготовка до екзамену	(5)					(5)
Всього	180	36	–	18	–	126

5. ЛЕКЦІЇ

Модуль №1. Динаміка рухомих об'єктів, що рухаються в межах атмосфери

Вступ.

Л1. Класифікація рухомих об'єктів (РО) і задачі їх систем керування. Задачі курсу. Короткі історичні відомості.

Література: [1].

Розділ 1. Принципи побудови бортових систем керування

Л2. Принципи побудови і класифікація бортових систем керування (БСК). Узагальнені функціональні схеми БСК рухомих об'єктів. Особливості БСК об'єктів різних типів.

Література: [2].

Розділ 2. Динаміка та автоматичне керування рухомими об'єктами, що рухаються в межах атмосфери

Тема 2.1. Математичні моделі РО як об'єктів керування

Л3. Основні аеродинамічні схеми літальних апаратів (ЛА). Основні системи координат, геометричні і кінематичні співвідношення. Сили і моменти, що діють на ЛА. Методи створення керуючих сил і моментів.

Л4. Диференціальні рівняння руху ЛА (загальний випадок). Умови незалежності подовжнього і бічного рухів. Диференціальні рівняння подовжніх рухів ЛА. Лінеаризація рівнянь.

Л5. Динамічні характеристики ЛА в подовжньому русі. Передатні функції ЛА по параметрах подовжніх рухів. Диференціальні рівняння бічних рухів ЛА. Лінеаризація рівнянь. Динамічні характеристики ЛА в бічному русі. Передатні функції ЛА по параметрах бічних рухів.

Література: [1].

Завдання на СРС: відновлення навичок аналізу систем автоматичного керування, підготовка до контрольної роботи.

Тема 2.2. Основні елементи систем керування

Л6. Коротка характеристика вимірників параметрів руху РО. Бортові цифрові обчислювальні машини (БЦОМ). Основні характеристики керуючих БЦОМ. Задачі, розв'язувані БЦОМ. Методи дослідження дискретних систем автоматичного керування. Виконавчі пристрої.

Література: [2].

Завдання на СРС: відновлення навичок аналізу дискретних систем автоматичного керування.

Тема 2.3. Системи керування кутовим рухом

Л7. Основні схеми і закони регулювання. Вплив закону регулювання і динамічних похибок регулятора на систему керування. Керування кутами тангажу і крену.

Л8. Автоматичне керування бічним рухом ЛА. Координоване керування.

Л9. Загальні питання побудови БСК. Вибір передаточних чисел, оптимальне проектування регуляторів.

Література: [1]

Завдання на СРС: відновлення навичок побудови структурних схем систем автоматичного керування, підготовка до контрольної роботи, виконання розрахунково - графічної роботи.

Тема 2.4. Системи керування центром мас

Л10. Загальні відомості. Кінематичні рівняння. Керування висотою польоту. Керування бічним рухом. Автоматичне керування швидкістю польоту.

Література: [1]

Завдання на СРС: поглиблене вивчення координованого управління рухом.

Тема 2.5. Нелінійні системи керування

Л11. Керування подовжнім рухом ЛА за допомогою нелінійного автопілоту.
Література: [1].

Модуль №2. Динаміка штучних супутників Землі

Розділ 3. Динаміка та керування орієнтацією штучних супутників Землі

Л12. Задача керування орієнтацією. Класифікація систем орієнтації. Склад системи орієнтації. Базисні системи відліку.

Л13. Датчики орієнтації.

Л14. Виконавчі органи. Реактивні двигуни орієнтації. Гіроскопічні силові стабілізатори. Моментний магнітопривід.

Л15. Рівняння кутового руху ШСЗ, не утримуючих мас, що рухаються.

Л16. Рівняння кутового руху ШСЗ, що містить маси, що рухаються.

Л17. Зовнішні моменти, що діють на ШСЗ. Гравітаційних, аеродинамічні, сил світлового тиску і моменти іншої природи.

Л18. Методи і системи пасивної стабілізації.

Література: [4, 12].

Завдання на СРС: самостійне вивчення методу зв'язування схованого кінетичного моменту з корпусом космічного апарата, поглиблене вивчення магнітних систем корекції кінетичного моменту.

6. САМОСТІЙНА РОБОТА

Метою самостійної роботи є поглиблене вивчення і розуміння поведінки рухомих об'єктів шляхом моделювання їх динаміки на ЕОМ, а також вивчення впливу законів керування і параметрів елементів регулятора на відповідні характеристики.

Розділ 2. Тема 2.1.

Роб.1. «Дослідження динаміки руху некерованого літака». Розділ 2.

Тема 2.3.

Роб.2. «Дослідження динаміки подовжнього руху літака, керованого статичним автопілотом при різних законах регулювання».

Роб.3. «Дослідження динаміки подовжнього руху літака, керованого астатичним автопілотом при різних законах регулювання».

Роб.4. «Дослідження динаміки бічного руху літака, керованого статичним автопілотом при різних законах регулювання».

Роб.5. «Дослідження динаміки бічного руху літака, керованого астатичним автопілотом при різних законах регулювання».

Роб.6. «Дослідження електричних кермових приводів літальних апаратів.

Розділ 3.

Роб.7. «Дослідження динаміки ШСЗ при різній орієнтації, керованого реактивними двигунами».

7. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

Роб.1. «Дослідження динаміки ШСЗ при різній орієнтації, керованого силовими гіроскопічними органами та реактивними двигунами».

Роб.2. «Дослідження динаміки ШСЗ, керовано-

го силовими гіроскопічними органами та моментовим магніториводом».

8. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Мета самостійної роботи – придбати уміння і навички самостійного рішення сучасних задач аналізу і синтезу сучасних систем керування рухомими об'єктами. Самостійна робота спрямована в основному на виконання розрахунково - графічної роботи. Тема розрахунково - графічної роботи являє собою, як правило, аналіз керованого руху рухомого об'єкта (у першу чергу літального апарата) в одній із площин. При цьому потрібно по заданій математичній моделі об'єкта і заданому закону керування побудувати і проаналізувати схему замкненої системи керування.

Завдання на розрахунково - графічну роботу наведені в Додатку 1.

Обсяг затрачуваного на виконання роботи часу регламентується навчальним планом і складає 20 годин.

9. МОДУЛЬНІ КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

Метою модульних контрольних робіт є перевірка знань студентів після вивчення відповідних розділів і забезпечення більш рівномірного вивчення матеріалу. Планується проведення двох контрольних робіт. Питання для контрольних робіт приведені в Додатку 2.

10. НАВЧАЛЬНО - МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Основні

1. Синєглазов В.М. Автоматизовані системи управління повітряних суден: Підручник / В.М. Синєглазов, М.К. Філяшкін – К.: НАУ, 2003. – 502 с.
2. Ігдалов Й.М., Кучма Л.Д., Поляков М.В., Шептун Ю.Д. Динамічне проектування ракет. Задачі динаміки ракет і їх космічних ступенів. Дніпропетровськ : ДНУ, 2010. – 276 с.
3. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: Підручник. — 2-ге вид., перероб. і доп. — К.: Либідь, 2007. — 656 с.
4. Markley FL, Crassidis JL. Fundamentals of Spacecraft Attitude Determination and Control. New York: Springer-Verlag, 2014, p.152.
5. Pratt, Roger W. Flight Control Systems - Practical Issues in Design and Implementation. — Institution of Engineering and Technology, 2010, p.412.
6. Павловський М.А., Горбулін В.П., Клименко О.М. Системи керування обертальним рухом космічних апаратів. Київ: Наукова думка, 1997.– 199с.

Додаткові

7. Knowles G. An Introduction to Applied Optimal Control. New York: Academic Press, 1981, p.35.
8. Zhou K, Doyle JC, Glover K. Robust and Optimal Control. New York: Prentice-Hall, 1996, p. 616.
9. Алпатов А. П. Динаміка космічних літальних апаратів /А. П. Алпатов//Київ: Наукова думка, 2016. - 487 с.

10. Alpatov A.P., Khoroshylov S.V, Maslova A.I. Contactless de-orbiting of space debris by the ion beam. Dynamics and control // Kyiv: Akadempriodyka, 2019. - 170 p.
11. Brogan W. L. Modern Control Theory. Third Edition. // University of Nevada, Las Vegas. Prentice, 1991. - 674 p.
- 12 De Ruiter, Anton H. J. Spacecraft dynamics and control: an introduction // J. Wiley & Sons, 2013. - 563 p.

Розробник програми д.т.н., проф., пров. наук. співр. системного аналізу та проблем керування Хорошилов С.В.

(Хорошилов С.В.)

11. МОВА

Усі розділи можуть бути прочитані українською або англійською мовою.

12. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ СТУДЕНТОМ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом

СЕМЕСТР	Всього	Розподіл за семестрами та видами занять							Семестрова атестація	
		Лекцій	Практичні заняття	Семінари	Лабораторні роботи	Комп'ютерний практикум	Контрольні роботи	СРА		
								Всього		У тому числі на виконання індивідуальних семестрових завдань
3	180	36	-	-	18	-	-	126	25	Іспит
Всього	180	36	-	-	18	-	-	126	25	Іспит

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за

- виконанні та захисті лабораторних робіт;
- домашні завдання;
- модульну контрольну роботу, що поділяється на дві короткі контрольні роботи;
- екзамен.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Лабораторні роботи

Ваговий бал – 4. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює $4 \cdot 9 = 36$ бала

- повна відповідь

- 3 бала

- неповна відповідь - 2 бала
- задовільна відповідь - 1 бал
- підготовка та виконання лабораторної роботи - 1 бал
- не підготовленість до роботи - 0 балів

2. Модульний контроль

Ваговий бал – 1, якість роботи – 0...8.

За всю МКР за семестр, тобто за 2 ККР

Максимальний бал $8 \cdot 2 = 16$.

3. Виконання РГР

Ваговий бал – 1, якість роботи: 0...8 балів.

Максимальний бал $8 \cdot 1 = 8$.

4. Залік

Якість роботи: 0...40 балів

Сума вагових балів контрольних заходів складає:

$$R_C = R_D = 9 \cdot 4 + 8 \cdot 2 + 8 \cdot 1 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

Для отримання студентами відповідних оцінок (ESTS та за національною шкалою) його рейтингова оцінка R_D переводиться згідно таблиці:

Значення рейтингу з дисципліни	Оцінка ESTS та визначення	Оцінка за національною шкалою
95 ... 100	A – відмінно	відмінно
85 ... 94	B – дуже добре	добре
75 ... 84	C – добре	
65 ... 74	D – задовільно	задовільно
60 ... 64	E – достатньо (задовольняє мінімуму критерію)	
51 < 60	FX – незадовільно	незадовільно
< 50	F – незадовільно (потрібна додаткова робота)	

Відповідність екзаменаційної рейтингової оцінки в балах оцінці за національною шкалою

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою
38-40	Відмінно
26-37	Добре
24-25	Задовільно
менше 24	Незадовільно

ДОДАТКИ

Додаток 1

Завдання на розрахунково - графічну роботу

1. Дослідження впливу застосовуваного методу інтегрування диференціальних рівнянь на результати математичного моделювання.
2. Дослідження впливу кроку інтегрування на результати математичного моделювання.
3. Одержання аналітичних залежностей для коефіцієнтів літака, що залежать від швидкості і висоти польоту.
4. Дослідження подовжнього руху літака, керованого автопілотом, при наборі висоти і зниженні.
5. Дослідження бічного руху літака, керованого автопілотом, при наборі висоти і зниженні.
6. Дослідження досяжної точності орієнтації ШСЗ при використанні пасивної гравітаційної системи стабілізації.
7. Дослідження впливу початкових умов по відхиленню на досягну точність орієнтації ШСЗ при використанні пасивної гравітаційної системи стабілізації.
8. Дослідження впливу необхідної точності орієнтації ШСЗ на витрату палива при використанні реактивних двигунів орієнтації.
9. Дослідження впливу висоти орбіти ШСЗ на точність орієнтації при використанні пасивної гравітаційної системи стабілізації.
10. Дослідження впливу висоти орбіти ШСЗ на точність орієнтації при використанні моментним магнітопривода.
11. Порівняльний аналіз по масогабаритних показниках різних виконавчих органів моментного магнітопривода.
12. Дослідження динаміки ШСЗ, орієнтованого гіроскопічними стабілізаторами, що розвантажуються реактивними двигунами.
13. Дослідження динаміки ШСЗ, орієнтованого гіроскопічними стабілізаторами, що розвантажуються моментним магнітоприводом при різних законах його функціонування.

Додаток 2.

Контрольні питання для 1-й контрольної роботи.

1. Назвіть основні типи літальних апаратів, а також особливості їхніх траєкторій і режимів польоту.
2. Які загальні вимоги пред'являються до автопілотів?
3. Укажіть характерні випадки використання автопілотів на літальних апаратах. Зобразіть структурні схеми, що відповідають цим випадкам.
4. Яке призначення контуру управління і контуру стабілізації?
5. Які основні способи створення керуючих зусиль?
6. Вкажіть основні типи вибуруювань, що діють на літальний апарат
7. Ціною яких припущень, що спрощують, обурений рух літального апарата може бути приблизно підрозділене на подовжній і бічний?

8. Для якої аеродинамічної схеми такий підрозділ найбільш точно має місце при дійсному русі?
9. При якій аеродинамічній схемі літального апарата має місце найкраща його керованість?
10. Як зв'язані властивості власної стійкості і керованості літального апарата?
11. Чим обмежується можливість підвищення власної стійкості літального апарата?
12. Чим обмежується можливість підвищення керованості?
13. При яких умовах, вивчаючи обурений рух літального апарата, можна приблизно не брати до уваги вплив сили ваги?
14. Від яких умов залежить статичність і астатичність літального апарата у відношенні кутових відхилень (стосовно впливів, що обурюють)?
15. Перелічіть основні регульовані параметри літального апарата як об'єкта регулювання.
16. Перелічіть можливі регулюючі параметри.
17. Які характерні риси логарифмічних частотних характеристик подовжнього руху літального апарата звичайної схеми стосовно: а) впливів, що обурюють; б) керуючим впливам?
18. Як змінюються логарифмічні частотні характеристики літального апарата при урахуванні мінливості швидкості його руху?
19. Як змінюються логарифмічні частотні характеристики літального апарата зі збільшенням швидкості його руху (у межах 0,8...0,9 М)?
20. Які характерні риси логарифмічних частотних характеристик для руху крену?
21. Чим відрізняються логарифмічні частотні характеристики стосовно обурюючим і керуючим впливам: для руху рискання; подовжнього руху; руху крену?
22. Як за допомогою частотних характеристик вирішити питання про стійкість незбуреного руху літального апарата з закріпленими рулями?
23. Приведіть структурні схеми літального апарата як об'єкта регулювання для різних складових його обуреного руху.
24. З яких основних елементів складається автопілот? Зобразіть взаємодію цих елементів у виді структурної схеми.
25. Які вимоги пред'являються до динамічних характеристик вимірювальних елементів автопілоту?
26. Перелічіть основні типи чутливих елементів, застосовуваних у системах автоматичної стабілізації.
27. Які прилади можна застосовувати для виміру кутового відхилення літального апарата? Укажіть їхні особливості і вимоги, пропоновані до них.
28. Приведіть можливі варіанти розташування приладів на літальному апараті.
29. Як зменшити динамічні похибки датчика кутової швидкості? Зобразіть частотні характеристики приладу.
30. Напишіть рівняння гіроскопічного датчика кутової швидкості.

31. Яким шляхом можна одержати сигнали, пропорційні кутовому прискоренню літального апарата?
32. Сформулюйте вимоги, що пред'являються до підсилювачів і проміжних елементів автопілоту.
33. Дайте характеристику підсилювачам, застосовуваним у схемах автоматичної стабілізації.
34. Які вимоги пред'являються до виконавчих елементів автопілоту?
35. Вкажіть область застосування електричних кермових машинок.
36. Як зворотні зв'язки і шарнірний момент впливають на динамічні характеристики кермових машинок?
37. Укажіть характерні риси гідравлічних і пневматичних кермових машинок?
38. Чим складаються принципи і правила побудови структурної схеми системи літальний апарат – автопілот?
39. Приведіть приклади структурних схем для випадків стабілізації подовженого і бічного руху літального апарата?
40. Яке співвідношення називається рівнянням автопілоту.
41. У якому випадку автопілот називається лінійним?
42. У чому складається особливість рівняння «ідеального» автопілоту?
43. Який автопілот називається статичним?
44. Який автопілот називається астатичним?
45. Приведіть приклади структурних схем статичного й астатичного автопілотів.
46. Напишіть вираження для передатних функцій одноконтурної замкнутої системи стабілізації.
47. У чому особливість рівняння автопілоту, що впливає на кілька органів керування? Який вид має структурна схема такого автопілоту?
48. Що таке частотні характеристики системи літальний апарат – автопілот стосовно обурюючих і керуючих впливів? Як вони зв'язані з характеристиками літального апарата й автопілоту?
49. У чому особливості визначення частотних характеристик системи при наявності в автопілоті перехресних зворотних зв'язків?
50. Для яких цілей і яким образом використовуються номограми замикання?
51. Які основні показники якості роботи системи стабілізації руху літального апарата?
52. Які з цих показників і яким образом можуть бути визначені за допомогою логарифмічних частотних характеристик системи?
53. Що називається статичною характеристикою системи стосовно якого-небудь впливу (що обурює або керуючого)?
54. Які основні етапи аналізу динамічної точності системи при дії невідповідних вибурувань?
55. Яка методика оцінки погрешностей системи стабілізації при дії випадкових стаціонарних вибурувань?
56. Як зв'язані обрані критерії якості стабілізації з характером впливів, що обурюють, прийнятих в уважність?

57. Як може бути поставлена задача розрахунку системи стабілізації, якщо і керуючі і впливи, що обурюють, є випадковими стаціонарними функціями часу?

58. Як впливає введення в закон регулювання похідних на динамічні характеристики подовжнього руху літака з автопілотом?

59. Як впливають постійні часу автопілоту на стійкість руху системи літальний апарат – автопілот?

60. Яким шляхом можна досягти збільшення критичного коефіцієнта підсилення системи?

61. Як впливає введення похідних у закон регулювання на сприйнятливність системи до швидкозмінюючихся збурювань?

62. Як впливає введення зворотного зв'язку (жорстко і гнучкої) на статичні характеристики системи?

63. Для чого необхідна автоматична стабілізація крену літального апарата?

64. Які вимоги пред'являються до смуги пропущення системи стабілізації крену?

65. Яким образом можна уникнути необхідності в автоматичній стабілізації руху крену?

66. У яких цілях використовується стабілізація руху літального апарата при координованому керуванні рулями?

67. Приведіть структурну схему стабілізації бічного руху літального апарата при координованому керуванні.

68. Як впливає на динамічні характеристики бічного руху введення в канал керування кермом повороту сигналу, що залежить від крену?

69. Як впливає на динамічні характеристики бічного руху введення в канал керування елеронами сигналу, що залежить від курсових відхилень літального апарата?

70. При якому законі регулювання і при яких умовах система стабілізації може бути зроблена стійкої при будь-яких коефіцієнтах підсилення?

71. Покажіть залежність швидкості загасання довго – періодичних і коротко – періодичних коливань літального апарата від коефіцієнта підсилення ідеального автопілоту.

72. Як впливає на динамічні і статичні характеристики системи введення в закон регулювання сигналу, що залежить від бічного відхилення центра мас літального апарата?

73. У чому складаються достоїнства і недоліки стабілізації бічного руху центра мас шляхом уведення сигналу, що залежить від бічного прискорення?

74. У чому складається особливість задачі стабілізації висоти польоту (у порівнянні зі стабілізацією бічного руху)?

75. Приведіть можливі структурні схеми стабілізації висоти польоту.

76. Які переваги стабілізації висоти польоту при одночасному керуванні кермом висоти і силою тяги двигуна?

77. Приведіть структурну схему системи стабілізації бічного руху центра мас при одночасному впливі на кермо повороту й елерони.

78. Як позначається на якості стабілізації висоти польоту наявність стабілізації величини швидкості руху?

79. Яким способом може бути досягнута астатичність регулювання висоти польоту стосовно усіх впливів, що обурюють? У чому складаються недоліки такої схеми?
80. Яким шляхом можна досягти підвищення стійкості стабілізації висоти польоту?
81. У яких випадках необхідна стабілізація величини швидкості польоту літального апарата?
82. Приведіть можливі структурні схеми систем стабілізації швидкості польоту.
83. Які особливості мають фазові траєкторії системи стабілізації з запізнюванням?
84. Як визначити амплітуду і період автоколивань у системі стабілізації з запізнюванням?
85. Порівняйте області стійкості лінійної і нелінійної системи стабілізації.
86. Зобразите протікання оптимального процесу стабілізації.
87. Чи існує область стійкості для системи стабілізації, що містить релейний підсилювач з гістерезисною характеристикою?
88. Зобразите області стійкості системи стабілізації з зоною нечутливості і насиченням. Порівняйте результат з областями стійкості лінійної системи.
89. Які питання повинні бути висвітлені в завданні на вибір схеми і визначення основних параметрів автопілоту?
90. Які вихідні дані повинні бути відомі для розрахунку статичної точності стабілізації літального апарата?
91. Які вихідні дані повинні бути відомі для розрахунку динамічної точності при регулярних і випадкових вибуруваннях?
92. Якими розуміннями визначається вибір закону регулювання?
93. Якими розуміннями може визначатися вибір типу кермових машинок?
94. Які можливі методи і яка мета побудови перехідних процесів?
95. Які вимоги звичайно пред'являються до ЛАХ розімкнутої системи?
96. Якими розуміннями визначається смуга пропущення замкнутої системи стабілізації?
97. Які вимоги звичайно пред'являються до ЛАХ замкнутої системи стабілізації?
98. Укажіть можливу послідовність рішення задачі вибору основних параметрів автопілоту.
99. Які типові вихідні вимоги, пропоновані до якості системи стабілізації?
100. Якими даними визначається необхідна потужність кермової машинки?
101. Якими даними визначається вибір комплектації, схеми, розташування

на літальному апараті й основні параметри вимірників?

102. При яких умовах можливе застосування програмної зміни параметрів автопілоту?

Контрольні питання для 2-й контрольної роботи .

1. У чому складаються особливості задачі стабілізації руху космічного літального апарату?
2. Які основні системи координат використовуються при вивченні руху космічного літального апарату?
3. Приведіть класифікацію систем орієнтації штучних супутників Землі.
4. Перелічіть основні типи чуттєвих елементів, застосовуваних у системах стабілізації космічних літальних апаратів.
5. Які основні особливості роботи інерціальних датчиків орієнтації?
6. Поясніть роботу інфрачервоної вертикалі.
7. Поясніть роботу гіроскопічної орбіти.
8. Які датчики потрібні для побудови орбітальної системи координат?
9. Які датчики потрібні для побудови інерціальної системи координат?
10. Перелічіть основні виконавчі органи, застосовувані для створення керуючих впливів на космічний літальний апарат.
11. Укажіть характерні риси реактивних двигунів орієнтації.
12. Укажіть характерні риси гіроскопічних виконавчих органів.
13. У чому складається суть створення керуючих моментів інерційними виконавчими органами? Чому при їхній роботі потрібно другий контур системи керування?
14. Які можливі схеми побудови інерційних виконавчих органів?
15. Укажіть характерні риси моментного магнітопривода.
16. Чому моментовим магнітоприводом не можна створити керуючий момент щодо трьох осей супутника?
17. Зобразіть функціональну схему моментового магнітопривода.
18. Вкажіть основні типи вибурювань і їхні характеристики, що діють на штучний супутник Землі.
19. Яким образом спрямовуються осі зв'язаної системи координат космічного літального апарата? З чим зв'язаний такий вибір напрямлень?
20. Які основні відмінності динаміки космічного літального апарату, орієнтованого в орбітальній і інерційній системах координат?
21. Яким образом здійснюється демпфірування коливань космічного літального апарата?
22. Які особливості кутового руху космічного апарата, що не містить мас, що рухаються?
23. Які особливості кутового руху космічного апарата, що містить маси, що рухаються?
24. Перелічіть методи пасивної стабілізації штучних супутників Землі.

Питання для іспиту

Додаток 3

1. Основні аеродинамічні схеми літальних апаратів.

2. Використовувані системи координат. Сили і моменти, що діють на літальний апарат. Методи створення керуючих зусиль.
3. Особливості динаміки і керування водотонажних об'єктів.
Диференціальні рівняння подовжнього руху літака як об'єкта керування. Методика лінеаризації рівнянь подовжнього руху літака. Регульовані параметри і регулюючі фактори.
4. Диференціальні рівняння бічного руху літака як об'єкта керування. Регульовані параметри і регулюючі фактори.
5. Особливості динаміки літальних апаратів при польоті в порожнечі.
6. Передатні функції літака як об'єкта керування стосовно кутів атаки, тангажу і швидкості руху при горизонтальному польоті.
7. Передатні функції літака як об'єкта керування стосовно кутів нищпорення і крену при горизонтальному польоті.
8. Призначення автопілотів літальних апаратів різних типів.
Узагальнена схема автопілоту.
9. Узагальнена структурна схема системи літак – автопілот.
Використовувані закони регулювання. Склад автопілоту.
10. Вплив структури автопілоту, використовуваних законів регулювання і постійних часу на основні показники якості керування.
11. Автоматичне керування кутом нищпорення.
12. Поведінка літака по куті нищпорення при русі без крену.
13. Поведінка літака по кутах крену і нищпорення при русі без ковзання.
14. Статична система керування кутом тангажу з керуванням по куту і кутовій швидкості. Вплив динамічних характеристик автопілоту.
15. Закони керування автопілотом при стабілізації бічного руху центромас.
16. Основні структурні схеми і закони регулювання при стабілізації висоти польоту.
17. Основні структурні схеми і закони регулювання при стабілізації швидкості польоту.
18. Поперечна стабілізація літака з релейним автопілотом при різних зонах керування.
19. Автопілоти зі зміною параметрів у залежності від умов польоту.
20. Особливості автоматичного керування літаком при використанні бортових цифрових обчислювачів.
21. Елементи орбіти космічного літального апарата, використовувані базові системи координат.
22. Особливості керування орієнтацією космічного літального апарата.
23. Склад активної системи орієнтації. Коротка характеристика основних елементів.
24. Зовнішні моменти, що діють на космічний літальний апарат.
25. Пасивна гравітаційна стабілізація штучного супутника Землі.
26. Гіроскопічна орбіта.
27. Інфрачервона вертикаль.
28. Зоряні датчики орієнтації.
29. Радіотехнічні й іонні вимірювальні пристрої.

30. Підсилювально-перетворюючі пристрої.
31. Гіросилови стабілізатори. Класифікація, принцип дії, гідності недоліки.
32. Реактивні двигуни систем орієнтації КЛА.
33. Моментовий магнітопривод.
34. Рівняння руху космічного літального апарата щодо центра мас в інер-ційній системі координат з урахуванням рухомих мас.
35. Рівняння руху космічного літального апарата щодо центра мас в орбі-тальній системі координат з урахуванням рухомих мас.
36. Рівняння руху космічного літального апарата щодо центра мас в інер-ційній системі координат без урахування мас, що рухаються.
37. Рівняння руху космічного літального апарата щодо центра мас в орбі-тальній системі координат без урахування мас, що рухаються.
38. Система орієнтації космічного літального апарата з реактивними дви-гунами орієнтації в релейному режимі.
39. Характерні динамічні риси систем орієнтації з гіроскопічними сило-вими стабілізаторами.
40. Принцип дії пасивної гравітаційної системи стабілізації.