

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНА
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Затверджую



Голова Приймальної комісії

Ректор

Михайло
ЗГУРОВСЬКИЙ

02.05.2023р
дата

ПРОГРАМА

вступного іспиту із спеціальності

для вступу на освітньо-наукову програму підготовки доктора філософії
«Системи керування літальними апаратами та комплексами»

за спеціальністю 173 Авіоніка

Програму ухвалено:

Науково-методичною комісією за спеціальністю
173 Авіоніка

Протокол № 2 від 25 квітня 2023 р.

Голова НМК

Олександр ЗБРУЦЬКИЙ

Київ – 2023

2

Зміст

1. Загальні відомості.....	3
2. Теми, що виносяться на екзаменаційне випробування.....	4
3. Навчально-методичні матеріали.....	7
4. Рейтингова система оцінювання.....	9
5. Приклад екзаменаційного білету.....	10

I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Вступний іспит на навчання для здобуття наукового ступеня доктор філософії спеціальності 173 «Авіоніка» проводиться для тих вступників, які мають ступень магістра*.

Освітня програма «Авіоніка» відповідає місії та стратегії КПІ ім. Ігоря Сікорського, за якою стратегічним пріоритетом університету є фундаменталізація підготовки фахівців. Особливості освітньої програми враховані шляхом обрання відповідних розділів програми вступного іспиту. Проведення вступного випробування має виявити рівень підготовки вступника з обраної для вступу спеціальності.

Теоретичні питання вступного іспиту можна поділити на чотири розділи:

- 1) Теорія автоматичного керування;
- 2) Чутливі елементи систем авіоніки;
- 3) Системи навігації, орієнтації та стабілізації;
- 4) Системи керування літальних апаратів.

Перші два розділи містять загальні питання, відповідь на які має знати кожен спеціаліст в галузі авіоніки. Останні два розділи є більш орієнтованими на спеціальну підготовку вступника.

Завдання вступного випробування складається з трьох теоретичних питань. До екзаменаційного білету включаються відповідно: перше питання з першого розділу, друге питання – з другого, третє питання – з третього або четвертого.

Тривалість підготовки вступника до відповіді – 2 академічні години.

У наступній частині програми наведені лише ті теми з зазначених розділів, які стосуються виконання завдань вступних випробувань.

Інформація про правила прийому на навчання та вимоги до вступників освітньої програми «Авіоніка» наведено в розділі «Вступ до аспірантури» на веб-сторінці аспірантури та докторантури КПІ ім. Ігоря Сікорського за посиланням <https://aspirantura.kpi.ua/>

*Відповідно доп.2 Розділу XV закону Про вищу освіту вища освіта за освітньо-кваліфікаційним рівнем спеціаліста прирівнюється до вищої освіти ступеня магістра

II. ТЕМИ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ВСТУПНЕ ВИПРОБОВУВАННЯ

1. Теорія автоматичного керування

1. Передатні функції і частотні характеристики ланок і систем автоматичного керування (САК).
2. Послідовне та паралельне з'єднання ланок САК, структурне перетворення схем САК.
3. Критерії стійкості САК. Оцінка стійкості замкнених САК.
4. Показники якості перехідних процесів в САК.
5. Методика побудови логарифмічних частотних характеристик САК.
6. Оцінка точності САК
7. Керованість лінійних САК.
8. Спостережуваність лінійних САК.
9. Інтегральні оцінки якості САК.
10. Використання методу бажаних логарифмічних частотних характеристик для синтезу САК
11. Оптимальний фільтр Калмана. Рівняння. Структурна схема. Властивості.
12. Синтез регулятора методом модального керування.
13. Синтез регулятора, оптимального за квадратичним критерієм якості.
14. Синтез лінійного квадратичного гаусівського регулятора.

2. Чутливі елементи систем авіоніки

1. Гіроскопічний тахометр на двоступеневому гіроскопі. Кінематична схема. Способи організації компенсаційного зворотного зв'язку. Передатна функція, частотні характеристики і вимоги до них.
2. Диференціальні рівняння руху динамічно настроюваного гіроскопа з одно- та двокільцевим пружним підвісом. Сутність динамічного настроювання. Явище заклинювання ротора.
3. Прецесійний рух і нутаційні коливання динамічно настроюваного гіроскопа. Умови застосування прецесійних рівнянь руху.
4. Рух динамічно настроюваного гіроскопа на основі, що рівномірно обертається.
6. Причини і модель похибок динамічно настроюваного гіроскопа при кутовій вібрації основи.
7. Передатні функції динамічно настроюваного гіроскопа: - по кутовій швидкості основи; - по збурюючому моменту.
8. Похибки незбалансованого динамічно настроюваного гіроскопа при постійному прискоренні та при вібрації основи:
 - квадратурна;
 - від різножорсткості підвісу.
9. Вимоги та синтез контуру компенсаційного зворотного зв'язку датчика кутової швидкості на динамічно настроюваному гіроскопі.
10. Математичні моделі вібраційних гіроскопів: роторного, коріолісового, карданового, камер тонного.
11. Частотні характеристики при гармонічній кутовій вібрації основи вібраційних гіроскопів: роторного, коріолісового, карданового, камертонного.

12. Частоти вільних коливань коріолісового вібраційного гіроскопа, фазові траєкторії при рівномірному обертанні основи. Вимірювання кута повороту.

13. Принцип дії, призначення, класифікація та нормовані метрологічні характеристики навігаційних лінійних акселерометрів (НЛА).

14. Класифікація, базові структурні схеми, типові функції перетворення НЛА прямого вимірювання (ПВ).

15. Класифікація лінійних акселерометрів по точності. Порівняльний аналіз структурних схем маятникових акселерометрів прямого вимірювання та компенсаційних акселерометрів.

16. Порівняльний аналіз вимог до основних функціональних вузлів (пружний підвіс чутливого елемента, датчик переміщень, зворотній компенсаційний перетворювач) лінійних акселерометрів прямого вимірювання та компенсаційних.

17. Динамічні характеристики НЛА (АЧХ, ФЧХ, передатна функція, смуга пропускання, амплітудна та фазові похибки). Забезпечення допустимих динамічний похибок НЛА.

18. Ємнісний НЛА прямого вимірювання. Функціональна схема, конструкція, функція перетворення.

19. Загальна модель основної похибки лінійного акселерометра. Модель додаткових кінематичних та температурних похибок акселерометра.

20. Функція перетворення та загальна модель похибок лінійного акселерометра. Моделі систематичних та випадкових похибок зміщення нуля.

21. Компенсаційні НЛА. Функціональна та структурна схеми, конструкція, функція перетворення.

22. Тензорезисторний НЛА прямого вимірювання. Функціональна схема, конструкція, функція перетворення, мостова вимірювальна ланка.

23. Формування частотного вихідного сигналу НЛА з метою розрахунку швидкості ЛА без похибок інтегрування.

24. Струнний НЛА прямого вимірювання. Функціональна схема, конструкція, функція перетворення.

25. Призначення лазерного гіроскопа та його метрологічні параметри.

26. Склад лазерного гіроскопа.

27. Масштабний множник лазерного гіроскопа.

28. Кутова ціна імпульсу лазерного гіроскопа.

29. Зміщення нуля лазерного гіроскопа.

30. Частотна характеристика повільно обертового віброуючого лазерного гіроскопа із зашумленням амплітуди коливань.

3. Системи навігації, орієнтації та стабілізації

1. Фігура Землі. Види вертикалей та широт

2. Будова і принцип дії силового гіростабілізатора. Відмінності у поведінці безпосереднього і силового стабілізаторів.

3. Будова і принцип дії індикаторного гіростабілізатора. Індикаторно-силовий гіростабілізатор.

4. Особливості вимірювання прискорення об'єкту за допомогою акселерометрів. Принципи счислення координат об'єкту в інерціальній системі координат.

5. Алгоритми роботи горизонтальних каналів ІНС напіваналітичного типу з географічним опорним тригранником.

6. Алгоритми роботи безплатформних ІНС на давачах кутової швидкості. Способи визначення орієнтації об'єкта відносно інерціальної системи координат.

7. Класифікація похибок ІНС та причини їх виникнення.

4. Системи керування літальних апаратів

1. Сервоприводи каналів автоматичного керування ЛА. Динамічні характеристики приводу.

2. Рівняння руху літака.

3. Критерії оцінки пілотажних властивостей літака. Стійкість та керованість літака.

4. Класифікація каналів автоматичного керування. Структура типового каналу автоматичного керування літака. Особливості апаратної реалізації каналів керування.

5. Демпфери кутових коливань літака. Демпфер тангажу.

6. Демпфери кутових коливань літака. Демпфер рискання.

7. Автоматичне керування кутом крену. Структурні схеми та закони керування.

8. Автоматичне керування кутом тангажу. Структурні схеми та закони керування.

9. Аналіз статичних і динамічних характеристик процесів керування висотою польоту з використанням контуру тангажу.

10. Керування висотою польоту через контур перевантаження.

11. Керування висотою польоту через автопілот тангажу з ізодромним зворотним зв'язком.

12. Аналіз статичних та динамічних характеристик керування боковим рухом центра мас через контур рискання.

13. Автоматичне керування польотом по маршруту

14. Статичні та динамічні характеристики керування боковим рухом центра мас через контур крену.

15. Автоматичне керування посадкою літака

16. Математичні моделі вітру

17. Лінеаризовані рівняння руху літака

18. Системи координат, що використовуються для дослідження руху літальних апаратів

III. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Література до 1-го розділу

1. Самотокін Б.Б. Теорія автоматичного керування. Підручник. К.: Вища школа, 2004. - 348 с.
2. Skogestad S., Postlethwaite I. Multivariable Feedback Control: Analysis and Design, 2nd Edition, New York: Wiley. – 2005. – 569 p.
3. Kwakernaak H. H2 optimisation - Theory and applications to robust control design. 2007. – 56 P. Режим доступу:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1367578802800104>

Література до 2-го розділу

4. Павловський М.А., Збруцький О.В. Динаміка роторних вібраційних гіроскопів. - Вища школа, 1984. - 244 с.
5. Павловський М.А. Теорія гіроскопів. – К.: Вища школа, 1986. - 304 с.
6. Одінецов А.О. Теорія і розрахунок гіроскопичних приладів. - К.: Вища школа, 1985. - 392 с.
7. Магнус К. Гіроскоп. Теорія и застосування. - М.: Мир, 1974. - 626 с.
8. Apostolyuk V. Coriolis vibratory gyroscopes. Theory and design. Springer – 2016. – 117p.
9. Збруцький О.В., Довгополий А.С., Нестеренко О.І Гірокомпаси для навігації і наведення. – К.: КПІ, 2017. -199с.
- 10 Збруцький О.В., Маляров С.П., Янкелевич Г.Є. Двовимірні гіроскопічні системи керування з симетрією. - К.: КПІ, 2019. -120с.

Література до 3-го розділу

- 11.Збруцький О.В., Довгополий А.С., Нестеренко О.І Гірокомпаси для навігації і наведення. – К.: КПІ, 2017. -199с.
12. Збруцький О.В., Маляров С.П., Янкелевич Г.Є. Двовимірні гіроскопічні системи керування з симетрією // Київ, “Політехніка”. – 2019. -120с.
13. Бондар П.М., Степанковський Ю.В. Фізичні основи орієнтації та навігації: навчальний посібник. Ч. 2, Ч. 3. - Кіровоград: ПОЛІМЕД-Сервіс, 2009. - 204 с.
14. Мелешко В.В. Інерціальні навігаційні системи. Початкова виставка. - К.: Корнійчук, 2000. - 160 с.
15. Навігаційні прилади і системи / Б.Б. Самотокін, В.В. Мелешко, Ю.В. Степанковський. - К.: Вища школа, 1986. - 343 с.
- 16.Корольов В.М, Збруцький та ін. Основи та засоби навігації наземних рухомих об'єктів. - Львів.: ЛІСВ, 2008, 227с.
17. Titterton, D. H., & Weston, J. L. Strapdown inertial navigation technology (2nd ed.). Institution of Engineering and Technology. – 2004. – 552 p.
Режим доступу: <http://docshare04.docshare.tips/files/23602/236021451.pdf>

Література до 4-го розділу

Література до 4-го розділу

- 18.Казак В.Н., Тунік А.А., Салимон В.І. Системи автоматичного і напівавтоматичного керування польотом. – Київ: НАУ, 2001. – 200 с.
19. Асланян А.Э. Системи автоматичного керування польотом літальних апаратів. – Київ: КВАІУ, 1984. – 436 с.
20. Roger W. Pratt. Flight Control Systems. Practical issues in design and implementation. - The Institution of Engineering and Technology. – 2011. – 412 p.

IV. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

1. Початковий рейтинг абітурієнта за екзамен розраховується виходячи із 100-бальної шкали. При визначенні загального рейтингу вступника початковий рейтинг за екзамен перераховується у 200-бальну шкалу за відповідною таблицею (п.4).

2. На екзамені абітурієнти готуються до усної відповіді на завдання екзаменаційного білету.

Кожне завдання вступного іспиту містить три теоретичні питання. Перші два питання є загальними за галуззю авіоніки. Останнє питання орієнтоване на спеціальну підготовку вступника.

Кожне з перших двох питань оцінюється у 30 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації – 27-30 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації (припустимі незначні неточності) – 23-26 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (відповідь містить певні недоліки) – 18-22 бали;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Третє питання оцінюється у 40 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації – 36-40 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації (припустимі незначні неточності) – 30-35 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (відповідь містить певні недоліки) – 24-29 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

3. Сума балів за відповіді на екзамені переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

4. Сума балів за відповіді на екзамені переводиться до 200- бальної шкали згідно з таблицею:

Таблиця відповідності оцінок рейтингової системи оцінювання (PCO, 60...100) балам 200-бальної шкали (100...200)

Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200
60	100,0	70	125,0	80	150,0	90	175,0
61	102,5	71	127,5	81	152,5	91	177,5
62	105,0	72	130,0	82	155,0	92	180,0
63	107,5	73	132,5	83	157,5	93	182,5
64	110,0	74	135,0	84	160,0	94	185,0
65	112,5	75	137,5	85	162,5	95	187,5
66	115,0	76	140,0	86	165,0	96	190,0
67	117,5	77	142,5	87	167,5	97	192,5
68	120,0	78	145,0	88	170,0	98	195,0
69	122,5	79	147,5	89	172,5	99	197,5
						100	200,0

V. ПРИКЛАД ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТУ

Форма № Н-5.05

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітній ступінь доктор філософії

Спеціальність 173 Авіоніка

(назва)

Навчальна дисципліна Вступний іспит

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 1

1. Лінійний оптимальний спостерігач. Властивості. Дискретний алгоритм

2. Мікромеханічний гіроскоп LL-типу. Принцип роботи. Рівняння руху

3. Автоматичне керування висотою польоту літака через контур тангажа. Структурна схема. Закони керування.

«Затверджено»

Гарант освітньої програми _____ Олександр ЗБРУЦЬКИЙ

РОЗРОБНИКИ:

Збруцький Олександр Васильович, д.т.н., проф., професор кафедри систем керування літальними апаратами

Бурнашев Віталій Віталійович, к.т.н., доцент кафедри систем керування літальними апаратами

Черняк Микола Григорович, к.т.н., доц., доцент кафедри систем керування літальними апаратами