

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського»
ІНСТИТУТ АЕРОКОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова Атестаційної комісії
Інституту аерокосмічних технологій

Директор

Іван КОРОБКО

« ____ » « _____ » 2021 р.

м.п.

ПРОГРАМА

комплексного фахового випробування

для вступу на освітню програму підготовки магістра
«Системи керування літальними апаратами та комплексами»

за спеціальністю 173 Авіоніка

Програму рекомендовано

кафедрою систем керування літальними апаратами

Протокол № ____ від « ____ » « _____ » 2021 р.

В. о. зав. каф. _____ Олександр ЗБРУЦЬКИЙ

ВСТУП

Комплексне фахове випробування для вступу на *освітню програму підготовки магістра «Системи керування літальними апаратами та комплексами» за спеціальністю 173 Авіоніка* проводиться за матеріалами 6-ти дисциплін навчального плану підготовки бакалаврів, які відносяться до циклу дисциплін базової підготовки:

1. Теорія автоматичного керування.
2. Метрологія, стандартизація та сертифікація.
3. Чутливі елементи систем авіоніки.
4. Основи навігації.
5. Основи будови систем керування літальних апаратів.
6. Інформаційно-вимірювальні пристрої.

Екзаменаційний білет Комплексного фахового вступного випробування складається з трьох теоретичних питань (вибірково з трьох різних розділів зі всіх шести розділів). Час виконання Комплексного фахового випробування обмежено 3 академічними годинами (135 хв.).

ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ВИНЕСЕНИХ НА ВИПРОБУВАННЯ

РОЗДІЛ 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. Метод простору станів.
10. Оптимальні спостерігачі лінійних САК

РОЗДІЛ 2. МЕТРОЛОГІЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ

1. Методи вимірювань (класифікація). Типова структурна схема компенсаційного вимірювального перетворювача як приклад нульового методу.
2. Класифікація бортових засобів вимірювань. Визначення, схеми. Адитивні та мультиплікативні похибки вимірювань (графічне зображення для лінійної функції перетворення).
3. Похибки вимірювань (ПВ) і похибки засобів вимірювань. Класифікація (схема). Форми запису ПВ. Інструментальні та методичні похибки вимірювань. Сумарна ПВ. Основні та додаткові ПВ. Приклад запису додаткової систематичної температурної похибки вимірювального перетворювача.
4. Систематичні та випадкові похибки вимірювань. Співвідношення випадкових похибок одиничного та групового вимірювань.
5. Характеристики випадкових результатів вимірювань і похибок вимірювань (диференційна функція розподілу, математичне сподівання, дисперсія, середнє квадратичне відхилення). Графічна інтерпретація сумарної похибки однократного виміру Δ_i із зазначенням Δ_c , Δ_i , σ_x , σ_x ГР та співвідношень між ними.
6. Організація та проведення стандартизації на виробництві. Порядок розробки стандартів. Види та методи стандартизації.
7. Допуски та посадки. Основні поняття. Класифікація та позначення допусків відхилення форми. Класифікація та позначення допусків відхилення розташування поверхні.

8. Система допусків та посадок для деталей типу "вал". Система допусків та посадок для деталей типу "отвір".

РОЗДІЛ 3. ЧУТЛИВІ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ

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. Рух динамічно настроюваного гіроскопа на основі, що рівномірно обертається.
4. Похибки динамічно настроюваного гіроскопа при кутовій вібрації основи.
5. Передатні функції динамічно настроюваного гіроскопа:
 - по кутовій швидкості основи;
 - по збурюючому моменту.
6. Похибки незбалансованого динамічно настроюваного гіроскопа при постійному прискоренні та при вібрації основи:
 - квадратурна;
 - від різножорсткості підвісу;
 - від незбалансованості підвісу.
7. Вимоги та синтез контуру компенсаційного зворотного зв'язку датчика кутової швидкості на динамічно настроюваному гіроскопі.
8. Математичні моделі вібраційних гіроскопів: роторного, коріолісового, карданового, камер тонного.
9. Частотні характеристики при гармонічній кутовій вібрації основи вібраційних гіроскопів: роторного, коріолісового, карданового, камертонного.
10. Частоти вільних коливань коріолісового вібраційного гіроскопа, фазові траєкторії при рівномірному обертанні основи. Вимірювання кута повороту.

11. Принцип дії, призначення, класифікація та нормовані метрологічні характеристики навігаційних лінійних акселерометрів навігаційних лінійних акселерометрів.
12. Класифікація лінійних акселерометрів по точності. Порівняльний аналіз структурних схем маятникових акселерометрів прямого вимірювання та компенсаційних акселерометрів.
13. Порівняльний аналіз вимог до основних функціональних вузлів (пружний підвіс чутливого елемента, датчик переміщень, зворотній компенсаційний перетворювач) лінійних акселерометрів прямого вимірювання та компенсаційних.
14. Динамічні характеристики навігаційних лінійних акселерометрів (АЧХ, ФЧХ, передатна функція, смуга пропускання, амплітудна та фазові похибки). Забезпечення допустимих динамічних похибок навігаційних лінійних акселерометрів.
15. Ємнісний навігаційний лінійний акселерометр прямого вимірювання. Функціональна схема, конструкція, функція перетворення.
16. Компенсаційні навігаційні лінійні акселерометри. Функціональна та структурна схеми, конструкція, функція перетворення.
17. Тензорезисторний навігаційний лінійний акселерометр прямого вимірювання. Функціональна схема, конструкція, функція перетворення, мостова вимірювальна ланка.
18. Формування частотного вихідного сигналу навігаційного лінійного акселерометра з метою розрахунку швидкості літального апарату без похибок інтегрування.
19. Призначення лазерного гіроскопа та його метрологічні параметри.
20. Склад лазерного гіроскопа.
21. Масштабний множник лазерного гіроскопа.
22. Кутова ціна імпульсу лазерного гіроскопа. Зміщення нуля лазерного гіроскопа.

РОЗДІЛ 4. ОСНОВИ НАВІГАЦІЇ

1. Загальна характеристика та класифікація методів навігації.
2. Способи врахування гравітаційного прискорення.
3. Алгоритми роботи горизонтальних каналів інерціальної навігаційної системи напіваналітичного типу з географічним опорним тригранником.
4. Особливості роботи вертикального каналу інерціальної навігаційної системи напіваналітичного типу.
5. Алгоритми роботи інерціальної навігаційної системи напіваналітичного типу з вільною в азимуті платформою.
6. Алгоритми роботи інерціальної навігаційної системи геометричного типу.
7. Алгоритми роботи інерціальної навігаційної системи аналітичного типу (два варіанти, коротка характеристика).
8. Алгоритми роботи безплатформних інерціальних навігаційних систем на давачах кутової швидкості. Способи визначення орієнтації об'єкта відносно інерціальної системи координат (коротка характеристика).
9. Алгоритми роботи безплатформних інерціальних навігаційних системи на вільних гіроскопах.
10. Алгоритми роботи акселерометричних безплатформних інерціальних навігаційних систем.

РОЗДІЛ 5. ОСНОВИ БУДОВИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

1. Сервоприводи каналів автоматичного керування літальних апаратів. Динамічні характеристики сервоприводу.
2. Критерії оцінки пілотажних властивостей літака. Загальні вимоги до пілотажних характеристик. Основні уявлення про стійкість та керованість літака.
3. Класифікація каналів автоматичного керування. Структура типового каналу автоматичного керування літака. Особливості апаратної реалізації каналів керування.
4. Автоматичне балансування літака.

5. Автомати регулювання управління.
6. Математичні моделі руху літака. Системи координат, що використовуються в системах керування літальними апаратами. Вивід рівнянь руху літака. Лінеаризовані рівняння руху літака. Передатні функції літака.

РОЗДІЛ 6. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ

1. Вимірювальні перетворювачі (ВП) прямого виміру та компенсаційні ВП (метод вимірювання, структурні схеми, рівняння ідеальної роботи).
2. Класифікація похибок вимірювальних перетворювачів (ВП) та систем (класифікаційна таблиця та пояснення термінів). Метрологічна модель похибок ВП з поліноміальною функцією перетворення (в одиницях вхідної та вихідної величин).
3. Структура нормованих метрологічних характеристик вимірювальних перетворювачів (ВП) та систем. Характеристики типу вимірювань. Скалярний та векторний ВП.
4. Прямі та зворотні функції перетворення (ФП) інформаційно-вимірювальних пристроїв (ІВП). Форми запису прямої та зворотної ФП для скалярного та векторного ІВП. Переваги зворотної ФП.
5. Динамічні метрологічні характеристики інформаційно-вимірювальних пристроїв та систем. Забезпечення потрібних діапазону робочих частот, амплітудної та фазової динамічних похибок вимірювального перетворювача (ВП). Вплив цих вимог на статичні характеристики ВП.
6. Аналіз розімкненої структурної схеми інформаційно-вимірювальних пристроїв та систем з послідовним з'єднанням ланок (коефіцієнт перетворення, адитивна похибка, мультиплікативна похибка).
7. Аналіз розімкненої структурної схеми інформаційно-вимірювальних пристроїв та систем з паралельним з'єднанням ланок (коефіцієнт перетворення, адитивна похибка, мультиплікативна похибка).

8. Аналіз замкненої структурної схеми інформаційно-вимірювальних пристроїв та систем зі зворотнім від'ємним зв'язком (коефіцієнт перетворення, адитивна похибка, мультиплікативна похибка).

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

На Комплексному фаховому випробуванні за змістом завдань немає потреби користування допоміжними матеріалами.

На Комплексному фаховому випробуванні вступник отримує екзаменаційний білет, який включає 3 теоретичних питання з переліку зазначених вище тем і розділів навчальних дисциплін. Вступник дає письмові відповіді на всі 3 поставлених питання.

Критерії оцінювання стосуються лише змісту письмової відповіді вступника на питання Комплексного фахового випробування, тобто оцінюється лише письмова робота вступника.

Відповідь на кожне питання оцінюється за 100-бальною шкалою:

- повна відповідь з выводами формул, схемами, поясненнями, прикладами, розрахунками (не менше 95 % потрібної інформації) - 100...95 балів;
- повна відповідь з неprincipовими неточностями (не менше 85 % потрібної інформації) - 94...85 балів;
- повна принципово правильна відповідь зі скороченим набором схем, пояснень, прикладів, розрахунків (не менше 75 % потрібної інформації) - 84...75 балів;
- повна принципово правильна відповідь зі скороченим набором схем, пояснень, прикладів, розрахунків та (або) з неточностями у формулюваннях (не менше 65 % потрібної інформації) - 74...65 балів;
- неповна відповідь, в якій відсутні принципові неточності (не менше 60 % потрібної інформації) - 60...65 балів;
- неповна відповідь з грубими помилками та (або) принциповими неточностями (менше 60 % потрібної інформації) або відсутність відповіді – 0 балів.

Загальна оцінка за Комплексне фахове випробування обчислюється як середнє арифметичне значення балів трьох відповідей. Таким чином, за результатами Комплексного фахового випробування вступник може набрати від 0 до 100 балів. Чисельний еквівалент оцінки в балах:

$$Q = (Q_1 + Q_2 + Q_3) / 3,$$

де Q_1 , Q_2 , Q_3 – оцінка за перше, друге та третє запитання відповідно.

Таким чином, за результатами Комплексного фахового випробування вступник може набрати від 0 до 100 балів.

Залежно від загальної суми отриманих балів Q вступнику, згідно критеріїв ECTS, виставляється традиційна оцінка:

Сума набраних балів	Оцінка ECTS
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
59 і менше	Незадовільно

При обчисленні конкурсного бала застосовується шкала оцінювання ЄВІ 100...200 балів. Перерахунок оцінки рейтингової системи оцінювання, згідно критеріїв ECTS в шкалу оцінювання ЄВІ здійснюється відповідно до наведеної нижче таблиці.

Таблиця відповідності оцінок PCO (60...100 балів) оцінкам ЄВІ (100...200 балів)

Оцінка PCO	Оцінка ЄВІ	Оцінка PCO	Оцінка ЄВІ	Оцінка PCO	Оцінка ЄВІ	Оцінка PCO	Оцінка ЄВІ
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

Приклад типового завдання фахового випробування

Форма № Н-5.05

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Спеціальність 173 Авіоніка
Освітня програма Системи керування літальними апаратами
(назва)
Вступний іспит до магістратури
(назва)

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № _____

1. Передатні функції і частотні характеристики ланок і систем автоматичного керування (САК).
2. Алгоритми роботи горизонтальних каналів інерціальної навігаційної системи напіваналітичного типу.
3. Структура нормованих метрологічних характеристик вимірювальних перетворювачів (ВП) та систем. Характеристики типу вимірювань. Скалярний та векторний ВП.

Затверджено на засіданні
кафедри систем керування літальними апаратами
Протокол № _____ від « _____ » « _____ » 2021 р.

В.о. зав. каф. _____ Олександр ЗБРУЦЬКИЙ
(підпис)

Голова підкомісії АК _____ Олександр ЗБРУЦЬКИЙ
(підпис)

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Збруцький О.В., Маляров С.П., Янкелевич Г.Є. Двовимірні гіроскопічні системи керування з симетрією // Київ, "Політехніка". – 2019. -120с.)
2. Навігація. Основи визначення місцеположення та скеровування / Б. Гофманн-Велленгоф, К. Легат, М. Візер ; пер. з англ. за ред. : Я. С. Яцківа ; літ. ред.: О. Є. Смолінська. – Л.: ЛНУ ім. І. Франка, 2006. – 449 с.
3. Пупков К. А. Методы классической и современной теории автоматического управления. Теория оптимизации автоматического управления. / К. А. Пупков, Н. Д. Егупов //– М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – Т. 4.– 744 с.
4. Бесекерский В. А. Теория систем автоматического управления. СПб.: Профессия, 2003. – 752 с.
5. Пельпор Д. С., Михалев И. А., Бауман В. А. и др. Гироскопические системы / Под ред. Д. С. Пельпора. – М.: Высшая школа, 1988. – 424 с.
6. Павловский М.А. Теория гироскопов.– К.: Вища школа, 1986. – 280 с. – 360 с.
7. Асланян А. Э. Системы автоматического управления полетом летательных аппаратов. – К.: КВВИАУ, 1984. ч I. Есаулов С. Ю., Бахов О. П., Дмитриев И. С. Вертолет как объект управления. – М.: Машиностроение, 1977.
8. Орнатский П.П. Теоретические основы информационно-измерительной техники.–К.: Вища шк. Головное издательство, 1985. – 455 с.
9. Рудзит Я.А., Плуталов В.Н. Основы метрологии, точность и надежность в приборостроении: Учеб. пособие для студентов приборостроительных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 1991. – 304 с.
10. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т.2. / В. И. Анурьев. – 8-е изд., перераб. и доп.; под ред. И. Н. Жестковой. – М. : Машиностроение, 2001. – 912 с.
11. Kwakernaak H.. H2 optimisation - Theory and applications to robust control design. 2007. – 56 P.
12. Apostolyuk V. Coriolis vibratory gyroscopes. Theory and design. Springer – 2016. –117p.

13. Zbrutsky O.V, Dovgopoly A.S, Nesterenklo O.N, Grigoriev V.M. Gyrocompasses for navigation and guidance. - K.: Polytechnika – 2017. -220p.
14. Skogestad S., Postlethwaite I.. Multivariable Feedback Control: Analysis and Design, 2nd Edition, New York: Wiley. – 2005. – 569 p.
15. Scorletti G., Fromion V. Automatique fréquentielle avancée. Polycopie. Ecole Centrale de Lyon, 2008. – 110 p.
16. <https://gorky.media/books-collection/5-knig-o-tom-cto-takoe-inertsialnaya-navigatsiya/>
17. <https://www.intechopen.com/books/new-approach-of-indoor-and-outdoor-localization-systems/inertial-navigation-systems-and-its-practical-applications>
18. [https://www.skybrary.aero/index.php/Inertial_Reference_System_\(IRS\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Inertial_Reference_System_(IRS))
19. https://www.imar-navigation.de/en/news-en/news-en/item/what-is-an-inertial-navigation-system-or-inertial-measurement-system?gclid=Cj0KCQiA-aGCBhCwARIsAHD15x-tidwyXJqGs3Jt3-vbXuDk6hqy5FHbXybWfbmwsgH_FYY-W6ru-fQaAoMeEALw_wcB
20. <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=14356>

Розробники програми:

доцент каф. СКЛА

Віталій БУРНАШЕВ
