

*затверджую*  
Голова Приймальної комісії  
Ректор



Михайло  
ЗГУРОВСЬКИЙ

*28.04.2023*  
дата

## Навчально-науковий інститут аерокосмічних технологій

**ПРОГРАМА**  
**комплексного фахового випробування**  
для вступу на освітньо-професійну програму підготовки магістра  
«Системи керування літальними апаратами та комплексами»

*за спеціальністю 173 Авіоніка*

Програму ухвалено:

Вченою Радою навчально-наукового інституту  
аерокосмічних технологій

Протокол № 3/23 від 27 березня 2023 року

Голова Вченої Ради



Іван КОРОБКО

## ВСТУП

Комплексне фахове випробування спрямоване на перевірку відповідності знань та навичок рівню, необхідному для навчання на другому (магістерському) рівні вищої освіти за освітньою програмою “Системи керування літальними апаратами та комплексами” та вимогам стандарту вищої освіти зі спеціальності 173 Авіоніка.

Програма комплексного фахового випробування визначає форму організації, зміст та особливості проведення вступного випробування на підготовку здобувачів за освітньо-професійною програмою «Системи керування літальними апаратами та комплексами» спеціальності 173 «Авіоніка» другого (магістерського) рівня вищої освіти.

Комплексне фахове випробування проводиться в очній або дистанційній формі з використанням технологій дистанційного навчання «Google» та сервісу відеотелефонного зв'язку «GoogleMeet» із обов'язковою відеофіксацією процесу проведення іспиту.

Порядок проведення екзамену відповідає «Положенню про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/32>) та «Регламентам проведення семестрового контролю та захистів кваліфікаційних робіт та атестаційних екзаменів в дистанційному режимі» (<https://osvita.kpi.ua/node/148>).

## I. ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

### 1.1. Перелік освітніх компонентів, розділи яких входять до програми

До програми комплексного фахового випробування включено теоретичні питання з таких освітніх компонентів бакалаврської освітньої програми:

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.

### 1.2. Зміст програми

1.2.1 Тематика, яка виносить на комплексне фахове випробування з дисципліни «Теорія автоматичного керування»

Передатні функції і частотні характеристики ланок і систем автоматичного керування (САК). Послідовне та паралельне з'єднання ланок САК, структурне перетворення схем САК.

Критерії стійкості САК. Оцінка стійкості замкнених САК. Показники якості перехідних процесів в САК. Методика побудови логарифмічних частотних характеристик САК. Оцінка точності САК. Керованість лінійних САК. Спостережуваність лінійних САК. Метод простору станів. Оптимальні спостерігачі лінійних САК

1.2.2 Тематика, яка вноситься на комплексне фахове випробування з дисципліни «Метрологія, стандартизація та сертифікація»

Методи вимірювань (класифікація). Типова структурна схема компенсаційного вимірювального перетворювача як приклад нульового методу.

Класифікація бортових засобів вимірювань. Визначення, схеми. Адитивні та мультиплікативні похибки вимірювань (графічне зображення для лінійної функції перетворення).

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.

Систематичні та випадкові похибки вимірювань. Співвідношення випадкових похибок одиничного та групового вимірювань.

Характеристики випадкових результатів вимірювань і похибок вимірювань (диференційна функція розподілу, математичне сподівання, дисперсія, середнє квадратичне відхилення). Графічна інтерпретація сумарної похибки однократного виміру.

Організація та проведення стандартизації на виробництві. Порядок розробки стандартів. Види та методи стандартизації.

Допуски та посадки. Основні поняття. Класифікація та позначення допусків відхилення форми. Класифікація та позначення допусків відхилення розташування поверхні.

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

1.2.3 Тематика, яка вноситься на комплексне фахове випробування з дисципліни «Чутливі елементи систем авіоніки»

Гіроскопічний тахометр на двоступеневому гіроскопі. Кінематична схема. Способи організації компенсаційного зворотного зв'язку. Передатна функція, частотні характеристики і вимоги до них.

Диференціальні рівняння руху динамічно налаштованого гіроскопа з одно- та двокільцевим пружним підвісом. Сутність динамічного налаштування. Явище заклинювання ротора. Рух динамічно налаштованого гіроскопа на основі, що рівномірно обертається. Похибки динамічно налаштованого гіроскопа при кутовій вібрації основи.

Передатні функції динамічно налаштовуваного гіроскопа: по кутовій швидкості основи; по збурюючому моменту.

Похибки незбалансованого динамічно налаштовуваного гіроскопа при постійному прискоренні та при вібрації основи: квадратурна; від різножорсткості підвісу; від незбалансованості підвісу.

Вимоги та синтез контуру компенсаційного зворотного зв'язку датчика кутової швидкості на динамічно налаштовуваному гіроскопі.

Математичні моделі вібраційних гіроскопів: роторного, коріолісового, карданового, камертонного.

Частотні характеристики при гармонічній кутовій вібрації основи вібраційних гіроскопів: роторного, коріолісового, карданового, камертонного. Частоти вільних коливань коріолісового вібраційного гіроскопа, фазові траєкторії при рівномірному обертанні основи. Вимірювання кута повороту.

Принцип дії, призначення, класифікація та нормовані метрологічні характеристики навігаційних лінійних акселерометрів. Класифікація лінійних акселерометрів за точністю. Порівняльний аналіз структурних схем маятникових акселерометрів прямого вимірювання та компенсаційних акселерометрів.

Порівняльний аналіз вимог до основних функціональних вузлів (пружний підвіс чутливого елемента, датчик переміщень, зворотній компенсаційний перетворювач) лінійних акселерометрів прямого вимірювання та компенсаційних. Динамічні характеристики навігаційних лінійних акселерометрів (АЧХ, ФЧХ, передатна функція, смуга пропускання, амплітудна та фазові похибки). Забезпечення допустимих динамічних похибок навігаційних лінійних акселерометрів.

Ємнісний навігаційний лінійний акселерометр прямого вимірювання. Функціональна схема, конструкція, функція перетворення. Компенсаційні навігаційні лінійні акселерометри. Функціональна та структурна схеми, конструкція, функція перетворення. Тензорезисторний навігаційний лінійний акселерометр прямого вимірювання. Функціональна схема, конструкція, функція перетворення, мостова вимірювальна ланка.

Формування частотного вихідного сигналу навігаційного лінійного акселерометра з метою розрахунку швидкості літального апарату (ЛА) без похибок інтегрування. Призначення лазерного гіроскопа та його метрологічні параметри. Склад лазерного гіроскопа. Масштабний множник лазерного гіроскопа. Кутова ціна імпульсу лазерного гіроскопа. Зміщення нуля лазерного гіроскопа.

1.2.4 Тематика, яка вноситься на комплексне фахове випробування з дисципліни «Основи навігації»

Загальна характеристика та класифікація методів навігації. Метод обчислення шляху ЛА. Рівняння похибок і аналіз точності системи обчислення шляху при проектуванні. Рівняння руху і похибок гіровертикалей. Гіроскопічний стабілізатор.

Інерційні вимірювальні модулі (блоки) для ІНС. Інерційні навігаційні системи. Переваги і недоліки. Рівняння інерційної навігації.

Алгоритми роботи горизонтальних каналів інерційної навігаційної системи напіваналітичного типу з географічним опорним тригранником. Особливості роботи вертикального каналу інерційної навігаційної системи напіваналітичного типу.

Алгоритми роботи інерційної навігаційної системи геометричного типу. Алгоритми роботи інерційної навігаційної системи аналітичного типу (два варіанти, коротка характеристика). Алгоритми роботи безплатформових інерційних навігаційних систем на давачах кутової швидкості. Способи і параметри для визначення орієнтації об'єкта відносно інерційної системи координат (коротка характеристика).

Алгоритми роботи безплатформових інерційних навігаційних системи на вільних гіроскопах. Алгоритми роботи акселерометричних безплатформових інерційних навігаційних систем. Алгоритми безплатформової інерційної навігаційної системи. Алгоритм БІНС в інерційній системі координат. Алгоритми безплатформової інерційної навігаційної системи. Алгоритм БІНС в географічному супроводжувачому базисі із узагальненим рівнянням Пуассона. Алгоритми безплатформової інерційної навігаційної системи. Алгоритм БІНС з параметрами Родрига-Гамільтона.

1.2.5 Тематика, яка вноситься на комплексне фахове випробування з дисципліни «Основи будови систем керування літальних апаратів»

Сервоприводи каналів автоматичного керування ЛА. Динамічні характеристики сервоприводу. Критерії оцінки пілотажних властивостей літака. Загальні вимоги до пілотажних характеристик. Основні уявлення про стійкість та керованість літака.

Класифікація каналів автоматичного керування. Структура типового каналу автоматичного керування літака. Особливості апаратурної реалізації каналів керування.

Автоматичне балансування літака. Автомати регулювання управління.

Математичні моделі руху літака. Системи координат, що використовуються в системах керування ЛА. Вивід рівнянь руху літака. Лінеаризовані рівняння руху літака. Передатні функції літака.

1.2.6 Тематика, яка виноситься на комплексне фахове випробування з дисципліни «Інформаційно-вимірювальні пристрої»

Вимірювальні перетворювачі (ВП) прямого виміру та компенсаційні ВП (метод вимірювання, структурні схеми, рівняння ідеальної роботи).

Класифікація похибок ВП та систем (класифікаційна таблиця та пояснення термінів). Метрологічна модель похибок ВП з поліноміальною функцією перетворення (в одиницях вхідної та вихідної величин).

Структура нормованих метрологічних характеристик ВП та систем. Характеристики типу вимірювань. Скалярний та векторний ВП.

Пряма та зворотна функції перетворення (ФП) інформаційно-вимірювальних пристроїв (ІВП). Форми запису прямої та зворотної ФП для скалярного та векторного ІВП. Переваги зворотної ФП.

Динамічні метрологічні характеристики інформаційно-вимірювальних пристроїв та систем. Забезпечення потрібних діапазону робочих частот, амплітудної та фазової динамічних похибок ВП. Вплив цих вимог на статичні характеристики ВП.

Аналіз розімкненої структурної схеми інформаційно-вимірювальних пристроїв та систем з послідовним з'єднанням ланок (коефіцієнт перетворення, адитивна похибка, мультиплікативна похибка).

Аналіз розімкненої структурної схеми інформаційно-вимірювальних пристроїв та систем з паралельним з'єднанням ланок (коефіцієнт перетворення, адитивна похибка, мультиплікативна похибка).

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

### **1.3. Допоміжні матеріали для складання комплексного фахового випробування**

Під час складання комплексного фахового випробування заборонено використання допоміжної літератури та інших допоміжних матеріалів та засобів.

### **1.4. Опис завдання комплексного фахового випробування**

На комплексному фаховому випробуванні вступники виконують письмову екзаменаційну роботу за індивідуальними варіантами.

Кожен варіант завдання містить три теоретичні питання за матеріалами освітніх компонентів, зазначених в п. 1.1.

## 1.5. Критерії оцінювання комплексного фахового випробування

Рейтингову систему оцінювання комплексного атестаційного екзамену складено відповідно до вимог чинної редакції «Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/37>).

Критерії оцінювання стосуються лише змісту письмової відповіді здобувача на питання КФВ, тобто оцінюється лише письмова робота здобувача.

Здобувач отримує білет, який містить три питання з переліку зазначених вище тем і розділів навчальних дисциплін. Відповідь на кожне питання оцінюється за 100-бальною шкалою:

– повна відповідь з виводами 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 бали;

– 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;

– не повна 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 КФВ обчислюється як середнє арифметичне значення балів трьох відповідей. Таким чином, за результатами атестаційного екзамену здобувач може набрати від 0 до 100 балів. Чисельний еквівалент оцінки в балах:

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

При відповідності загальної оцінки градації  $Q$  менше 60 балів вступник виключається з конкурсного відбору.

З метою обчислення конкурсного балу вступника в Єдиній державній електронній базі з питань освіти сумарний бал, отриманий вступником за РСО (60...100 балів), має бути переведений на бали шкали ЄДЕБО (100...200 балів) згідно з Таблицею відповідності:

Таблиця відповідності оцінок PCO (60...100 балів)  
оцінкам 200-бальної шкали (100...200 балів)

шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200
60	100	70	140	80	160	90	180
61	105	71	142	81	162	91	182
62	110	72	144	82	164	92	184
63	115	73	146	83	166	93	186
64	120	74	148	84	168	94	188
65	125	75	150	85	170	95	190
66	128	76	152	86	172	96	192
67	131	77	154	87	174	97	194
68	134	78	156	88	176	98	196
69	137	79	158	89	178	99	198
						100	200

### 1.6. Приклад типового завдання комплексного фахового випробування

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

Спеціальність 173 Авіоніка  
Освітня програма Системи керування літальними апаратами та комплексами

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 5**

*комплексного фахового вибування  
на підготовку фахівців другого (магістерського) рівня вищої освіти*

1. Передатні функції і частотні характеристики ланок і систем автоматичного керування.
2. Алгоритми роботи горизонтальних каналів інерційної 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 СКЛА,  
протокол № \_\_ від \_\_.\_\_.2023 р.

В.о. завідувача кафедри СКЛА

Сергій ПОНОМАРЕНКО



## II. ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

### Порядок проведення комплексного фахового випробування

Комплексне фахове випробування проводиться в очній або дистанційній формі з використанням технологій дистанційного навчання «Google» та сервісу відеотелефонного зв'язку «GoogleMeet» із обов'язковою відеофіксацією процесу проведення іспиту.

Порядок проведення екзамену відповідає «Положенню про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/32>) та «Регламентам проведення семестрового контролю та захистів кваліфікаційних робіт та атестаційних екзаменів в дистанційному режимі» (<https://osvita.kpi.ua/node/148>).

Фахове випробування складається вступниками згідно із затвердженим розкладом. Відхилення від розкладу випробувань неприпустимо.

У разі проведення випробування в дистанційній формі посилення на відеоконференцію для проведення комплексного фахового випробування створюється попередні та розсилається всім учасникам (екзаменаторам та вступникам) через відповідні інформаційні канали – електронну пошту, мережі «Viber», «Telegram».

Екзаменаційна комісія зобов'язана забезпечити надійну ідентифікацію (встановлення особи) вступника. В іншому разі, вступник вважається таким, що не з'явився на фахове випробування. Ідентифікація вступника може здійснюватися, наприклад, шляхом демонстрації екзаменаторові через засоби відеозв'язку свого паспорту або іншого документу, що посвідчує особу.

На комплексному фаховому випробуванні вступники виконують письмову контрольну роботу. Номери індивідуальних екзаменаційних білетів розподіляються між вступниками в через сервер випадкових чисел і оголошуються за списком вступників через засоби відеозв'язку.

Для уникнення завчасної підготовки відповідей вступниками порядок проведення комплексного фахового випробування передбачає написання на кожному аркуші екзаменаційної роботи певного кодового слова, яке вступникам повідомляють під час проведення випробування.

Загальний час, який виділяється на рукописне виконання завдань екзаменаційного білету, складає 90 хвилин. Час початку та час завершення випробування оголошується екзаменатором. Протягом всього часу підготовки відповідей на питання екзаменаційного білету у здобувача має бути постійно увімкнена камера пристрою, за допомогою якого здійснюється відеозв'язок із екзаменатором.

За 3...5 хвилин до закінчення випробування вступник повинен підписати кожний аркуш своєї екзаменаційної роботи, зробити їх фотокопію та переслати її до встановленого часу на електронну пошту екзаменаційної комісії або в інший встановлений екзаменаційною комісією спосіб (мережі «Viber», «Telegram»).

Після отримання всіх фотокопій письмових робіт екзаменаційна комісія розпочинає їх перевірку. Оцінювання робіт здійснюється відповідно до рейтингової системи оцінювання (п. 1.5).

## 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. Kwakernaak H.. H2 optimisation - Theory and applications to robust control design. 2007. – 56 P.
4. Apostolyuk V. Coriolis vibratory gyroscopes. Theory and design. Springer – 2016. –117p.
5. Zbrutsky O.V, Dovgopoly A.S, Nesterenklo O.N, Grigoriev V.M. Gyrocompasses for navigation and guidance. - K.: Polytechnika – 2017. -220p.
6. Skogestad S., Postlethwaite I.. Multivariable Feedback Control: Analysis and Design, 2nd Edition, New York: Wiley. – 2005. – 569 p.
7. Scorletti G., Fromion V. Automatique fréquentielle avancée. Polycopie. Ecole Centrale de Lyon, 2008. – 110 p.
8. <https://gorky.media/books-collection/5-knig-o-tom-chto-takoe-inertsialnaya-navigatsiya/>.
9. <https://www.intechopen.com/books/new-approach-of-indoor-and-outdoor-localization-systems/inertial-navigation-systems-and-its-practical-applications>.
10. [https://www.skybrary.aero/index.php/Inertial\\_Reference\\_System\\_\(IRS\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Inertial_Reference_System_(IRS)).
11. [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-vbXuDk6hqv5FHbXybWfbmwsgh\\_FYY-W6ru-fQaAoMeEALw\\_wcB](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-vbXuDk6hqv5FHbXybWfbmwsgh_FYY-W6ru-fQaAoMeEALw_wcB).
12. <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=14356>.

Розробник програми:

в.о. завідувача кафедри систем керування літальними апаратами,

гарант освітньої програми



Сергій ПОНОМАРЕНКО

Програму рекомендовано:

кафедрою систем керування літальними апаратами

Протокол №13/1 від 15 березня 2023 року

В.о. завідувача кафедри



Сергій ПОНОМАРЕНКО