

**Національний технічний університет Україна  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Голова Предметної комісії  
Гарант освітньої програми  
Олександр ЗБРУЦЬКИЙ

ПОГОДЖЕНО:

Проректор з навчальної роботи  
Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » « \_\_\_\_\_ » 2021 р.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ м.п.  
« \_\_\_\_ » « \_\_\_\_\_ » 2021 р.

**ПРОГРАМА**  
**ДОДАТКОВОГО ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ**  
**для здобуття наукового ступеня доктор філософії**  
*за спеціальністю 173 Авіоніка*

*Програму рекомендовано вченою радою інституту аерокосмічних технологій*

## **Зміст**

1. Загальні відомості.....	3
2. Теми, що виносяться на екзаменаційне випробування.....	4
3. Навчально-методичні матеріали.....	6
4. Рейтингова система оцінювання.....	8
5. Приклад екзаменаційного білету.....	9

## I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Додаткове вступне випробування на навчання для здобуття наукового ступеня доктор філософії спеціальності 173 «Авіоніка» проводиться для тих вступників, які мають не мають ступень магістра за спеціальністю 173 «Авіоніка», але мають ступінь магістра\* за іншою спеціальністю.

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.

Завдання вступного випробування складається з двох теоретичних питань (по одному з будь-яких двох розділів).

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 одного та двох пружних підвіс. 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.

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

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

13. Порівняльний аналіз вимог до основних функціональних вузлів лінійних акселерометрів прямого вимірювання та компенсаційних.

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

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

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

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

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

19. Призначення лазерного гіроскопа та його метрологічні параметри.

20. Склад лазерного гіроскопа.

21. Масштабний множник лазерного гіроскопа.

22. Кутова ціна імпульсу лазерного гіроскопа.

23. Зміщення нуля лазерного гіроскопа.

24. 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. Автоматичне керування кутом крену. Структурні схеми та закони керування.
6. Автоматичне керування кутом тангажу. Структурні схеми та закони керування.
7. Аналіз статичних і динамічних характеристик процесів керування висотою польоту з використанням контуру тангажу.
8. Керування висотою польоту через контур перевантаження.
9. Керування висотою польоту через автопілот тангажу з ізодромним зворотним зв'язком.
10. Аналіз статичних та динамічних характеристик керування боковим рухом центра мас через контур рискання.
11. Автоматичне керування польотом по маршруту
12. Статичні та динамічні характеристики керування боковим рухом центра мас через контур крену.
13. Автоматичне керування посадкою літака
14. Математичні моделі вітру
15. Лінеаризовані рівняння руху літака
16. Системи координат, що використовуються для дослідження руху літальних апаратів

### **III. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ**

#### **Література до 1-го розділу**

1. Пупков К. А., Егупов Н.Д. Методы классической и современной теории автоматического управления. Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – Т. 1.– 656 с.
2. Пупков К. А., Егупов Н.Д. Методы классической и современной теории автоматического управления. Теория оптимизации автоматического управления. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – Т. 4.– 744 с.
4. Бесекерский В. А. Теория систем автоматического управления. СПб.: Профессия, 2004. – 752 с.
5. Кузовков Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства. - М.: Машиностроение, 1976. - 185 с.
6. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. – СПб.: Питер, 2005. – 336 с.
7. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы. – СПб.: Питер, 2006. – 272 с.

8. Skogestad S., Postlethwaite I. Multivariable Feedback Control: Analysis and Design, 2nd Edition, New York: Wiley. – 2005. – 569 p.
9. 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**

10. Лукьянов Д.П., Распопов В.Я., Филатов Ю.В. Прикладная теория гироскопов. – СПб.: ЦНИИ «Электроприбор». – 2015. – 316 с.
11. Павловский М.А. Теория гироскопов. – К.: Вища школа, 1986. - 303 с.
12. Одинцов А.А, Теория и расчет гироскопических приборов. - К.: Вища школа, 1985. - 392 с.
13. Булгаков Б.В. Прикладная теория гироскопов. - М.: МГУ, 1976. - 400 с.
14. Ишлинский А.Ю. и др. Лекции по теории гироскопов. - М.: МГУ, 1983. - 243 с.
15. Магнус К. Гироскоп. Теория и применение. - М.: Мир, 1974. - 626 с.
16. Гироскопические системы, ч. 1 и 2 /Под ред. Д.С. Пельпора. - М.: Высшая школа, 1971.
17. Apostolyuk V. Coriolis vibratory gyroscopes. Theory and design. Springer – 2016. –117p.
18. Apostolyuk V, Logeeswaran V. J. and Tay F. Efficient design of micromechanical gyroscopes // Journal of Micromechanics and Microengineering. – 2002. - № 12 pp. 948-954. Режим доступу:  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0960-1317/12/6/327>

### **Література до 3-го розділу**

19. Збруцький О.В., Маляров С.П., Янкелевич Г.Є. Двовимірні гіроскопічні системи керування з симетрією // Київ, “Політехніка”. – 2019. -120с.
20. Бондар П.М., Степанковський Ю.В. Фізичні основи орієнтації та навігації: навчальний посібник. Ч. 2, Ч. 3. - Кіровоград: ПОЛІМЕД-Сервіс, 2009. - 204 с.
21. Вовасов В.Е., Герко С.А. Комплексирование радиотехнических систем управления с другими информационными датчиками: учебное пособие для вузов. – М.: МАИ. – 2020. – 242 с.
22. Бесекерский В.А., Фабрикант Е.А. Динамический синтез систем гироскопической стабилизации. - Л.: Судостроение, 1968.
23. Климов Д.М. Инерциальная навигация на море. - М.:Наука, 1984.
24. Бромберг П.В. Теория инерциальных навигационных систем. - М.: Машиностроение, 1979.
25. Мелешко В.В. Инерциальные навигационные системы. Начальная выставка. - К.: Корнейчук, 2000. - 160 с.
26. Лукьянов Д.П., Мочалов А.В., Одинцов А.А., Вайсгант Н.Б. Инерциальные навигационные системы морских объектов. - Л.: Судостроение, 1989.
27. Навигационные приборы и системы / Б.Б. Самотокин, В.В. Мелешко, Ю.В. Степанковский. - К.: Вища школа, 1986. - 343 с.

28. 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

29. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий/ Под редакцией Г.Г. Себрякова. -М.: Физматлит., 2005.

30. Воробьёв В.В., Киселёв А.М., Поляков В.В. Системы управления летательных аппаратов. — М.: ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 2008. — 203 с.

31. Системы автоматического управления полетом. Самолет как объект управления. – М. : ИД Академии Жуковского, 2018. – 52 с.

32. Казак В.Н., Туник А.А., Салимон В.И. Системы автоматического и полуавтоматического управления полетом. – Киев: изд. НАУ, 2001. – 200 с.

33. Асланян А.Э. Системы автоматического управления полётом летательных аппаратов. – Киев: ВВАИУ, 1984. – 436 с.

34. Красовский А. А. Системы автоматического управления полетом и их аналитическое конструирование. - М: Наука, 1973.

35. Михалёв И.А., Окоёмов Б.Н., Чукулаев М.С. Системы автоматического управления самолетом. – М.: Машиностроение. – 1987. –240 с.

36. Roger W. Pratt. Flight Control Systems. Practical issues in design and implementation. - The Institution of Engineering and Technology. – 2011. – 412 p.

37. Sadraey M. Automatic Flight Control Systems // Synthesis Lectures on Mechanical Engineering, February 2020, Vol. 4, No. 1 , Pages 1-173. Режим доступу:

<https://www.morganclaypool.com/doi/abs/10.2200/S00968ED1V01Y201911MEC023>

#### IV. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

1. Оцінка абітурієнта за екзамен розраховується виходячи із 100-бальної шкали.

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

Кожне завдання додаткового вступного випробування містить два теоретичні питання. Кожне з двох питань оцінюється у 50 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації – 45-50 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації (припустимі незначні неточності) – 37-44 бали;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (відповідь містить певні недоліки) – 30-36 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

3. Сума балів за відповіді на два питання білету переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	Оцінка
------	--------



100...95	Зараховано
94...85	
84...75	
74...65	
64...60	
Менше 60	Не зараховано

## 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 Додаткове вступне випробування

### ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 5

1. Необхідна і достатня умова стійкості лінійних систем. Критерій стійкості Гурвіца.
2. Астатичний контур керування боковим відхиленням центра мас літака за допомогою сервоприводу з ізодромним зворотнім зв'язком. Динамічні характеристики. Парування основних збурень.

Затверджено

Гарант освітньої програми \_\_\_\_\_ Олександр ЗБРУЦЬКИЙ

Київ 2021

## **РОЗРОБНИКИ:**

*Збруцький Олександр Васильович, д.т.н., проф., завідувач 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*

**Програму рекомендовано:**

Вченою радою інституту аерокосмічних технологій

Голова вченої ради

\_\_\_\_\_Іван КОРОБКО

протокол № \_\_\_\_\_

від « \_\_\_\_\_ » « \_\_\_\_\_ » 2021 р.