

Державне підприємство  
"Конструкторське бюро "Південне" імені М.К. Янгеля"

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. Генерального директора  
ДП "КБ "Південне"

Михайло БОНДАР

" 5. " 09 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
**навчальної дисципліни**  
**"Виготовлення та випробування**  
**систем і металічних елементів конструкцій літальних апаратів"**

Рівень вищої освіти третій

Ступінь вищої освіти доктор філософії  
(назва ступеня вищої освіти)

Галузь знань 13 Механічна інженерія  
(шифр та назва галузі знань)

Спеціальність 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Лекції	– 36	Залік – 3 семестр
Практичні роботи	– 18	
Самостійна робота	– 66	
Усього (годин/кредитів ECTS)	– 120/4	

Робоча програма обговорена та схвалена на засіданні науково-методичної ради Центру 2 ДП "КБ "Південне", протокол № 5 від 12.08.2024

Робочу програму навчальної дисципліни "Виготовлення та випробування систем і металічних елементів конструкцій літальних апаратів" розроблено і основі освітньо-наукової програми та навчального плану підготовки здобувач освітнього ступеня доктор філософії за спеціальністю 134 "Авіаційна та ракетно-космічна техніка".

Генеральний конструктор -  
перший заступник  
Генерального директора



Максим ДЕГТЯРЬОВ

Учений секретар -  
начальник Центру 2



Лариса ПОТАПОВИЧ

Завідувач аспірантури



Ніна ЗИКОВА

Розробник програми,  
член групи забезпечення освітнього процесу,  
заступник начальника відділу 77  
ДП "КБ "Південне", к.т.н.



Максим КРАЄВ

## ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	4
1 ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	5
1.1 Мета викладання дисципліни	5
1.2 Задачі вивчення дисципліни	5
2 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	6
2.1 Лекційний курс	6
2.2 Структура дисципліни	8
2.3 Теми практичних занять	8
2.4 Самостійна робота	9
3 НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ.....	10
3.1 Методи навчання	10
3.2 Рекомендована література	10
3.3 Інформаційні ресурси в Інтернеті	10
4 РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ	11

## ВСТУП

Робочу програму (РП) навчальної дисципліни "Виготовлення та випробування систем і металічних елементів конструкцій літальних апаратів" розроблено на основі стандартів освітньої діяльності згідно Закону України "Про вищу освіту" № 1556-VII від 01.07.2014 та інших нормативних документів МОН України.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є здобуття знань у галузі виготовлення та випробування систем і металічних елементів конструкцій літальних апаратів, зокрема, методики та обладнання для проведення випробувань.

Міждисциплінарні зв'язки дисципліни:

- "Основні принципи проектування та конструювання ракет-носіїв, космічних апаратів та їх систем";
- "Сучасні засоби проектування та конструювання ракетно-космічної техніки";
- "Матеріали, технологія виготовлення РН і КА";
- "Дослідницька практика".

# 1 ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

## 1.1 Мета викладання дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є надання здобувачам необхідної сукупності теоретичних знань і практичних навичок щодо сучасних способів та технологій виготовлення металічних елементів конструкцій літальних апаратів, методів стендових випробувань агрегатів та систем літальних апаратів.

## 1.2 Задачі вивчення дисципліни

Задачами вивчення навчальної дисципліни є:

- ознайомлення з технологіями металургійного виробництва металевих виробів;
- ознайомлення з технологіями виготовлення елементів конструкцій літальних апаратів у машинобудуванні;
- вивчення критеріїв якості та способів контролю металевих виробів;
- оволодіння методами випробувань елементів конструкцій літальних апаратів на міцність, герметичність, функціонування в різних кліматичних умовах, впливом транспортувальними навантаженнями, вібрацією, ударними навантаженнями, лінійним прискоренням, акустичного шуму.

У результаті вивчення даної навчальної дисципліни здобувач повинен набути компетентності щодо способів та технологій виготовлення металічних елементів конструкцій літальних апаратів, методів стендових випробувань агрегатів та систем літальних апаратів, їх оформлення і представлення.

## 2 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Лекційні матеріали курсу "Виготовлення та випробування систем і металічних елементів конструкцій літальних апаратів" структуровані за темами, які є логічно завершені та цілісні з навчальної дисципліни, засвоєння яких передбачає проведення заліку.

### 2.1 Лекційний курс

**Тема 1.** Металічні матеріали для ракетобудування, задачі виконання випробувань ракетно-космічної техніки

- Матеріали конструкцій літальних апаратів.
- Марки, хімічний склад та властивості сталей.
- Марки, хімічний склад та властивості нікелевих сплавів.
- Марки, хімічний склад та властивості міді та її сплавів.
- Марки, хімічний склад та властивості алюмінію та його сплавів.
- Фактори космічного польоту, що впливають на стан та працездатність конструкції, обладнання та приладів ракетно-космічної техніки.
- Мета, завдання та критерії ефективності експериментального відпрацювання ракетно-космічної техніки.
- Класифікація випробувань ракетно-космічної техніки.

**Тема 2.** Металургійне та машинобудівне виробництво та їх вплив на якість продукції ракетобудування

- Чорна металургія, виробництво чавуну, сталі і прокату.
- Кольорова металургія, виплавка металів, виготовлення прокату.
- Контроль якості металургійної продукції, дефекти та їх наслідки.
- Ковальсько-штампувальне виробництво.
- Металорізальна обробка.
- Зварювання та паяння.
- Термічна обробка.
- Контроль якості машинобудівної продукції, дефекти та їх наслідки.

**Тема 3.** Випробування агрегатів та систем літальних апаратів на міцність та герметичність

- Визначення запасу міцності.
- Визначення герметичності методом спада тиску.
- Визначення герметичності методом омилування.
- Визначення герметичності методом акваріума.
- Визначення герметичності методом мундштука.
- Визначення герметичності методом ротаметра.
- Визначення герметичності за допомогою контрольного протікання.
- Визначення герметичності акустичним методом.
- Визначення герметичності мас-спектрометричним методом.

**Тема 4.** Визначення функціональних показників роботи агрегатів та систем літальних апаратів

- Функціональні випробування піромеханізмів.
- Визначення тяги супутникового мікродвигуна.
- Визначення внутрішнього об'єму агрегатів та систем.
- Визначення ресурсу роботи.

**Тема 5.** Випробування агрегатів та систем літальних апаратів на функціонування в різних кліматичних умовах

- Випробування при крайніх підвищених та знижених температурах навколишнього середовища.
- Випробування на вологостійкість.
- Випробування в умовах зниженого атмосферного тиску.

**Тема 6.** Вібраційні та ударні випробування агрегатів та систем літальних апаратів

- Випробування на транспортувальні навантаження.
- Випробування на вібраційну міцність.
- Випробування на вібраційну стійкість.
- Випробування на вплив ударних навантажень.
- Випробування на вплив лінійних прискорень.

**Тема 7.** Комбіновані випробування агрегатів та систем літальних апаратів

- Випробування на спільну дію механічних коливань та поперечної сили.
- Випробування на спільну дію механічних коливань, поперечної сили і температури.
- Випробування на спільну дію зниженого атмосферного тиску та змінної температури.

## 2.2 Структура дисципліни

№ пор.	Назва теми	Обсяг навчальних занять (год.)			
		Усього	Лекції	Практич.	СР
1	<b>Тема 1.</b> Металічні матеріали для ракетобудування, задачі виконання випробувань ракетно-космічної техніки	6	2	-	4
2	<b>Тема 2.</b> Металургійне та машинобудівне виробництво та їх вплив на якість продукції ракетобудування	12	4	-	8
3	<b>Тема 3.</b> Випробування агрегатів та систем літальних апаратів на міцність та герметичність	22	6	4	12
4	<b>Тема 4.</b> Визначення функціональних показників роботи агрегатів та систем літальних апаратів	22	6	6	10
5	<b>Тема 5.</b> Випробування агрегатів та систем літальних апаратів на функціонування в різних кліматичних умовах	18	6	2	10
6	<b>Тема 6.</b> Вібраційні та ударні випробування агрегатів та систем літальних апаратів	26	8	6	12
7	<b>Тема 7.</b> Комбіновані випробування агрегатів та систем літальних апаратів	14	4	-	8
	Залік	2	-	-	2
	<b>Усього за навчальною дисципліною</b>	<b>120</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>66</b>

## 2.3 Теми практичних занять

№ пор.	Назва теми	Кількість аудиторних годин
1	Дослідження мікроструктури металічних виробів	2
2	Визначення величини негерметичності виробів	6
3	Визначення резонансних частот виробів	6
4	Робота обладнання для випробувань в умовах зниженого атмосферного тиску	4
	<b>Усього практичних занять</b>	<b>18</b>



## 2.4 Самостійна робота

№ пор.	Назва теми	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу за темою 1	4
2	Опрацювання лекційного матеріалу за темою 2	4
3	Опрацювання лекційного матеріалу за темою 3	6
4	Опрацювання лекційного матеріалу за темою 4	8
5	Опрацювання лекційного матеріалу за темою 5	8
6	Опрацювання лекційного матеріалу за темою 6	8
7	Опрацювання лекційного матеріалу за темою 7	6
2	Опрацювання додаткового навчального матеріалу за темою виготовлення металічних виробів	6
	Опрацювання додаткового навчального матеріалу за темою випробувань агрегатів та систем літальних апаратів	6
3	Підготовка звіту з самостійної роботи	10
<b>Усього самостійної роботи</b>		<b>66</b>

## 3 НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ

### 3.1 Методи навчання

Для більш ефективного засвоєння навчального матеріалу під час вивчення дисципліни з метою активізації навчально-пізнавальної діяльності здобувачів може бути застосоване опитування по матеріалам лекцій, розробка і презентація здобувачами матеріалів навчальної дисципліни, демонстрація на лекціях слайдів та відео, застосування діалогу між викладачем та здобувачами під час лекцій, використання принципу індивідуального підходу до здобувачів.

### 3.2 Рекомендована література

- Животовська К.А., Животовський М.О., Мамлюк О.В., Носовський І.Г., Терещенко Ю.М. Авіаційні матеріали та їх обробка // За ред. Ю.М. Терещенка. – К.: Вища освіта, 2003. – 320 с.
- Матеріали в техніці: навч. посіб. / Ю. В. Дзядичевич. - Т. : Економічна думка, 2009. - 204 с.
- Carbon Steel Handbook. EPRI, Palo Alto, CA: 2007. 1014670
- Sharma, A., Duriagina, Z., & Kumar, S. (Eds.). (2020). Engineering Steels and High Entropy-Alloys. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.84991
- Александров В.Г., Базанов Б.И. Справочник по авиационным материалам и технологии их применения. – М.: Транспорт, 1979. – 263 с.
- Марочник сталей и сплавов. / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др. Под общей ред. В.Г. Сорокина – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
- Дуплищева О.М., Порубаймех В.И., Сокол Г.И. Экспериментальная отработка агрегатов автоматики и систем летательных аппаратов. Днепропетровск: АРТ-ПРЕСС, 2013. – 208 с.
- Логвиненко А.И., Порубаймех В.И., Дуплищева О.М. Современные методы испытаний систем и элементов конструкций летательных аппаратов. Днепр: ГК "КБЮ", 2018. – 419 с.
- Вакуумная техника: Справочник. /Фролов Е. С., Минайчев В.Е. и др. / Под общей ред. Е.С. Фролова, В.Е. Минайчева. – М.: Машиностроение, 1975, – 360 с.
- Испытательная техника / Под ред. В.В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1982. – 238 с.
- Space Systems. General Test Methods for Space Craft, Subsystems and Units. (2004). Великобритания: B S I Standards.
- Spacecraft Structures, Materials and Mechanical Testing. (2013). Швейцария: Trans Tech Publications Limited.
- Dunn, B. D. (1997). Metallurgical Assessment of Spacecraft Parts, Materials, and Processes. Великобритания: Wiley.

### 3.3 Інформаційні ресурси в Інтернеті

- <https://www.laboratuar.com/en/sektorel/havacilik-ve-uzay/>
- <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:19683:dis:ed-1:v1:en:fig:1>
- <https://www.ralspace.stfc.ac.uk/Pages/Large-scale-test-facilities.aspx>

## 4 РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

4.1 Оцінювання окремих видів виконаної здобувачем навчальної роботи здійснюється в балах відповідно до табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Вид навчальної роботи	Максимальна кількість балів
Опитування по матеріалам лекцій	75
<b>Для допуску до заліку здобувач має набрати не менше 50 балів</b>	
Залік	25
<b>Усього за дисципліною</b>	<b>100</b>

4.2 Підсумкова семестрова рейтингова оцінка в балах, за національною шкалою та шкалою ECTS заноситься до заліково-екзаменаційної відомості, навчальної картки здобувача відповідно до табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Відповідність підсумкової семестрової рейтингової оцінки в балах оцінці за національною шкалою та шкалою ECTS

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
		Оцінка	Пояснення
<b>90-100</b>	<b>Відмінно</b>	<b>A</b>	<b>Відмінно</b> (відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок)
<b>82-89</b>	<b>Добре</b>	<b>B</b>	<b>Дуже добре</b> (вище середнього рівня з кількома помилками)
<b>75-81</b>		<b>C</b>	<b>Добре</b> (в загальному вірне виконання з певною кількістю суттєвих помилок)
<b>67-74</b>	<b>Задовільно</b>	<b>D</b>	<b>Задовільно</b> (непогано, але зі значною кількістю недоліків)
<b>60-66</b>		<b>E</b>	<b>Достатньо</b> (виконання задовольняє мінімальним критеріям)
<b>35-59</b>	<b>Незадовільно</b>	<b>FX</b>	<b>Незадовільно</b> (з можливістю повторного складання)
<b>1-34</b>		<b>F</b>	<b>Незадовільно</b> (з обов'язковим повторним курсом)

4.3 Підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни дорівнює підсумковій семестровій рейтинговій оцінці. Зазначена підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни заноситься до Додатку до диплома.

4.4 Дисципліна включає викладення матеріалу на лекціях, практичні роботи, самостійну роботу здобувачів, підготовку звіту з самостійної роботи з оформленням матеріалів за встановленими стандартами і їх захисту у формі відповіді на питання викладача.

Якщо аспірант має більше 50% пропусків без поважних причин і здає поточні завдання з порушенням встановлених термінів, то викладач має право знизити оцінку знань до 5 балів.