

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

**Національний університет «Запорізька політехніка»**

(повне найменування закладу вищої освіти)

**Кафедра Фізичного матеріалознавства**

(найменування кафедри, яка відповідає за дисципліну)



**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Ректор (перший проректор)

1909 2020 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

ППВ01

Авіаційні матеріали

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність

173 Авіоніка,

(код і назва спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) Електротехнічні комплекси та системи літальних апаратів

(назва спеціалізації)

інститут, факультет Фізико-технічний інститут, Електротехнічний факультет

(назва інституту, факультету)

мова навчання українська

2020 рік

Робоча програма Авіаційні матеріали для студентів  
(назва навчальної дисципліни)  
спеціальності 173 – Авіоніка  
освітня програма (спеціалізація) Електротехнічні комплекси та системи літальних  
апаратів  
(назва освітньої програми (спеціалізації))  
„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2020 року - \_\_\_ с.

Розробники: Лисиця О.В., старший викладач кафедри фізичного  
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)  
матеріалознавства

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри Фізичне матеріалознавство

Протокол від “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2020 року №\_\_\_

Завідувач кафедри Фізичного матеріалознавства  
(найменування кафедри)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ року \_\_\_\_\_ (Ольшанецький В.Ю.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено науково-методичною комісією \_\_\_\_\_ ЕТФ \_\_\_\_\_ факультету \_\_\_\_\_  
Електротехнічний  
(найменування факультету)

Протокол від “\_17\_” вересня \_\_\_\_\_ 2020 року №\_1\_

«\_17\_» вересня 2020 року Голова \_\_\_\_\_ (Антонов М.Л.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Узгоджено групою забезпечення освітньої програми\*

\_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ року Керівник групи \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

\*Якщо дисципліна викладається невідпусковою кафедрою

### Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань <b>17 «Електроніка телекомунікації»</b> (шифр і найменування)	обов'язкова (вибіркова)	
Модулів – 1	Спеціальність (освітня програма, спеціалізація) <b>173 «Авіоніка»</b> <b>(«Електротехнічні комплекси та системи літальних апаратів»)</b> (код і найменування)	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 2		2-й	2-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання <u>відсутнє</u> (назва)		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин – 90/90		3-й	3-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента - 4	Освітній ступінь: бакалавр	<b>Лекції</b>	
		14 год.	4 год.
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		- год.	- год.
		<b>Лабораторні</b>	
		14 год.	4 год.
		<b>Самостійна робота</b>	
		60 год.	82 год.
<b>Індивідуальні завдання:</b> - год.			
Вид контролю: <b>екзамен</b>			

#### Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання - 32%/68%

для заочної форми навчання – 5%/95%

## 1. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** вивчення природи та властивостей матеріалів, які використовуються в газотурбобудуванні, також методів їх зміцнення для найбільш ефективного використання в техніці.

**Завдання:** вивчити фізичну сутність явищ, що проходять в матеріалах під дією різних факторів в умовах виробництва і експлуатації та їх вплив на властивості матеріалів. Встановити якісні і кількісні залежності між хімічним складом, будовою і властивостями матеріалів. Вивчити теорію та практику термічної і хіміко-термічної обробки та інших способів зміцнення матеріалів, які забезпечують високу надійність та довговічність виробів. Вивчити основні групи сучасних машинобудівних матеріалів (сталі, Ni-сплави, Al-сплави, Mg-сплави, Ti-сплави), їх властивості та області використання.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

### загальні компетентності:

ЗК 01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК 02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації;

ЗК 03. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми;

ЗК 04. Знання та розуміння предметної області та розуміння професії.

Розуміти фізичну сутність явищ, що відбуваються в матеріалах в процесі виготовлення виробів, під час експлуатації; вплив технологічних факторів на властивості матеріалів; основні групи матеріалів і їх властивості.

### фахові компетентності:

ФК 01. Здатність здійснювати професійну діяльність автономно і відповідально, дотримуючись законодавчої та нормативно-правової бази, а також державних та міжнародних вимог.

Вміти правильно обирати матеріал для конкретних виробів з урахуванням умов їх експлуатації; обґрунтовано призначати технологію обробки виробів для отримання необхідного комплексу властивостей із забезпеченням оптимальної структури, що дозволяє досягти високих показників надійності і довговічності виробів.

### очікувані програмні результати навчання:

РН 02 Автономно отримувати нові знання в своїй предметній та суміжних областях з різних джерел для ефективного розв'язання спеціалізованих задач професійної діяльності.

РН 06 Критично осмислювати основні теорії, принципи, методи і поняття у професійній діяльності.

Студент володіє матеріалознавчою термінологією; розуміється на будові металів та сплавів; може пояснити фазові перетворення, що відбуваються при термічній обробці виробів; може запропонувати матеріал та термічну обробку для забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей заданих виробів; орієнтується в основних групах авіаційних матеріалів на основі Fe, Ni, Ti, Al, Mg та розуміє їх переваги та недоліки.

## 2. Програма навчальної дисципліни

**Змістовий модуль 1. Теоретичні основи (будова металів та сплавів, процеси кристалізації, залізовуглецеві сплави, теорія та технологія термічної обробки, поверхневе зміцнення).**

**Тема 1.** Будова металів та сплавів. Типи зв'язку в твердих тілах. Металевий зв'язок. Атомно-кристалічна будова металів, типи кристалічних ґраток і їх основні характеристики. Види кристалів та їх властивості. Будова реальних кристалів, типи дефектів кристалів (точкові, лінійні, поверхневі). Поняття діаграма стану, фаза, структура, структурні складові. Процес первинної кристалізації, гетерогенна та гомогенна кристалізація, будова зливка. Пружна та пластична деформація. Зміна структури та властивостей в процесі пластичної деформації та рекристалізації.

**Тема 2.** Залізо та сплави на його основі. Діаграма стану «залізо-цементит». Залізо, властивості і поліморфізм. Компоненти, фази та структурні складові. Вплив вуглецю та постійних домішок на структуру та властивості сталі. Класифікація вуглецевих сталей за структурою та призначенням. Маркування сталей. Чавуни. Діаграма стану «залізо-графіт». Білий чавун. Сірий, високоміцний та ковкий чавун. Маркування, властивості та призначення чавунів.

**Тема 3.** Теорія термічної обробки сталі. Мета термічної обробки. Перетворення в сталях при нагріванні. Ріст зерна аустеніту, вплив розміру зерна на властивості сталі. Перетворення переохолодженого аустеніту. Діаграми ізотермічного перетворення аустеніту. Перлітне перетворення, його продукти і властивості.

**Тема 4.** Мартенситне перетворення, його особливості. Критична швидкість охолодження та фактори, що впливають на неї. Мартенсит, його будова і властивості.

**Тема 5.** Перетворення при нагріванні загартованої сталі. Вплив температури та тривалості відпуску на будову та властивості загартованої сталі.

**Тема 6.** Технологія термічної обробки сталі. Види термічної обробки, відпал I та II роду; гартування, відпускання. Призначення цих термічних обробок. Вплив на структуру та властивості сталі.

**Тема 7.** Методи поверхневого зміцнення. Гартування з нагріванням СВЧ, хіміко-термічна обробка (насичення неметалами та металами). Технологія, структура, властивості та призначення способів зміцнення.

**Тема 8.** Істинне гартування та старіння сплавів. Призначення, структурні перетворення, вплив на властивості.

**Змістовий модуль 2. Конструкційні, інструментальні сталі та сталі зі спеціальними властивостями; сплави на основі Ni, Al, Ti, Mg.**

**Тема 9.** Леговані сталі. Легувальні елементи в легованих сталях. Вплив легувальних елементів на структуру та властивості легованих сталей. Фази в легованих сталях. Конструкційні леговані сталі (легування, класифікація за

призначенням, термічна обробка). Інструментальні сталі (легування, класифікація за призначенням, термічна обробка).

**Тема 10.** Сталі з особливими властивостями (корозійностійкі сталі, жаростійкі і жароміцні сталі). Основні легувальні елементи, класифікація корозійностійких та жароміцних сталей, фактори підвищення жароміцності, термічна обробка, структура та властивості.

**Тема 11.** Жароміцні сплави на залізонікелевій та нікелевій основі. Основні легувальні елементи, структура, сутність зміцнення, термічна обробка, властивості. Ливарні жароміцні сплави (спрямована кристалізація).

**Тема 12.** Сплави на основі Ti. Основні легувальні елементи. Маркування. Класифікація Ti-сплавів (за структурою, за способом виробництва). Термічна обробка. Фазові перетворення. Використання.

**Тема 13.** Сплави на основі Al. Основні легувальні елементи. Маркування. Класифікація Al-сплавів (деформівні, ливарні). Термічна обробка. Використання.

**Тема 14.** Сплави на основі Mg. Основні легувальні елементи. Маркування. Класифікація Mg-сплавів (деформівні, ливарні). Термічна обробка. Використання.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Модуль 1</b>												
<b>Змістовий модуль 1. Теоретичні основи (будова металів, процеси кристалізації, залізовуглецеві сплави, теорія та технологія термічної обробки, поверхневе зміцнення)</b>												
Тема 1. Будова металів та сплавів	8	-	-	-	-	8	8,25	0,25	-	-	-	8
Тема 2. Залізо та сплави на його основі.	9	2	-	2	-	5	7,25	0,25	-	1	-	6
Тема 3. Теорія термічної обробки сталі.	7	2	-	-	-	5	7,25	0,25	-	-	-	7
Тема 4. Мартенситне перетворення	2	1	-	-	-	1	1,25	0,25	-	-	-	1
Тема 5. Перетворення при нагріванні загартованої сталі	3	-	-	-	-	3	3	-	-	-	-	3
Тема 6. Технологія термічної обробки сталі.	10	-	-	4	-	6	11,5	0,5	-	1	-	10
Тема 7. Методи поверхневого	5	-	-	-	-	3	6,5	0,5	-	-	-	6

зміцнення.												
Тема 8. Істинне гартування та старіння сплавів	3	2	-	-	-	3	4	-	-	-	-	4
Разом за змістовим модулем 1	47	7		6		34	49	2	-	2	-	45
<b>Змістовий модуль 2. Конструкційні, інструментальні сталі та сталі зі спеціальними властивостями; сплави на основі Ni, Al, Ti, Mg.</b>												
Тема 9. Леговані сталі. Конструкційні та інструментальні леговані сталі.	9	1	-	1	-	7	9,75	0,25		0,5		9
Тема 10. Сталі з особливими властивостями	9	1	-	1	-	7	8	0,5		0,5		7
Тема 11. Жароміцні сплави на залізонікелевій та нікелевій основі	8	2	-	2	-	4	8	0,5		0,5		7
Тема 12. Сплави на основі Ti.	8	2	-	2	-	4	6,75	0,25		0,5		6
Тема 13. Сплави на основі Al.	6	1	-	2	-	3	4,25	0,25				4
Тема 14. Сплави на основі Mg.	3		-	-	-	3	4,25	0,25				4
Разом за змістовим модулем 2	43	7	-	8	2	28	39	2		2		37
<b>Усього годин</b>	90	14		14	2	60	90	4		4		82
<b>Модуль 2</b>												
ІНДЗ			-	-		-			-	-	-	
<b>Усього годин</b>												

### 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	-

### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	-

### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

1	Залізовуглецеві сплави. Мікроскопічне дослідження відпалених вуглецевих сталей	2/1
2	Вивчення загартовуваності та прогартовуваності вуглецевих та легованих сталей	2/0,5
3	Вплив температури відпускання на структуру та властивості загартованих сталей	2/0,5
4	Вивчення структури, властивостей та призначення легованих сталей	2/1
5	Вивчення структури, властивостей та призначення жароміцних сплавів	2/0,5
6	Титан та сплави на його основі	2/0,5
7	Алюміній та сплави на його основі	2/-
	Усього	14/4

### 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Кристалічна будова речовини. Елементарна комірка, її геометричні константи. Основні типи кристалічних ґраток (ОЦК, ГЦК, ГЦП). Поліморфізм (алотропія) металів. Дефекти кристалічної будови металів (точкові, лінійні, поверхневі).	2/2
2	Кристалізація. Основні параметри кристалізації. Гомогенна та гетерогенна кристалізація. Будова металевих зливок.	2/2
3	Подвійні діаграми стану. Фази (тверді розчини, хімічні сполуки) та структура в металевих сплавах.	1/1
4	Пружна та пластична деформація. Вплив на структуру та властивості. Первинна рекристалізація та рекристалізаційний відпал.	1/1
5	Подвійні діаграми стану. Подвійні діаграми стану сплавів з необмеженою розчинністю компонентів в твердому стані та обмеженою (з евтектикою, перитектикою, хімічною сполукою, із поліморфними перетвореннями). Правило фаз. Правило відрізків.	2/2
6	Компоненти, фази та структурні складові залізо-вуглецевих сплавів. Метастабільна діаграма стану Fe-Fe <sub>3</sub> C, точки та лінії діаграми.	2/2
7	Вуглецеві сталі. Класифікація вуглецевих сталей. Вплив вуглецю та домішок на властивості сталі	2/2
8	Стабільна діаграма стану залізо-графіт. Елементи модифікатори та графітизатори. Сірий та білий чавун. Високоміцний та ковкий чавун. Ковкий чавун. Графітизуючий відпал.	1/2



9	Фазові перетворення в сталях при нагріванні. Ріст зерна аустеніту при нагріванні. Вплив розміру зерна аустеніту на властивості сталі. Ізотермічна діаграма перетворення переохолодженого аустеніту. Перлитне перетворення. Мартенситне перетворення. Бейнітне перетворення. Вплив легувальних елементів на вид діаграми ізотермічного перетворення. Термокінетична діаграма перетворення переохолодженого аустеніту. Критична швидкість охолодження.	6/8
10	Перетворення мартенситу та залишкового аустеніту при нагріванні (відпускання). Вплив відпускання на механічні властивості сталі. Відпускна крихкість.	3/3
11	Відпал I роду та II роду	2/3
12	Гартування (повне та неповне гартування). загартовуваність та прогартовуваність. Способи гартування.	3/4
13	Відпускання. Види відпускання	1/3
14	Істинне гартування	1,5/3
15	Старіння сплавів	1,5/3
16	Поверхнєве гартування з нагріванням СВЧ	1/2
17	Хіміко-термічна обробка сталі. Процеси, які відбуваються при ХТО. Види ХТО.	2/2
18	Легувальні елементи в сталях. Фази в легованих сталях. Маркування легованих сталей	2/2
19	Структурні класи легованих сталей	2/2
20	Конструкційні леговані сталі	2/2,5
21	Інструментальні леговані сталі	1/2,5
22	Корозійностійкі сталі	2/2
23	Жаростійкі сталі	2/2
24	Жароміцні сталі	3/2
25	Жароміцні сплави на залізонікелевій та нікелевій основі	2/4
26	Спрямована кристалізація. Сплави для спрямованої кристалізації	2/3
27	Титан. Поліморфізм титану. Питома міцність. Легувальні елементи в титанових сплавах. Класифікація титанових сплавів. Маркування титанових сплавів. Фазові перетворення в титанових сплавах. Термічна обробка титанових сплавів. Використання.	4/6
28	Алюміній. Технічно чистий алюміній. Легувальні елементи в сплавах алюмінію. Сплави на основі алюмінію. Маркування алюмінієвих сплавів. Термічна обробка алюмінієвих сплавів. Використання.	3/4
29	Магній. Технічно чистий магній. Легувальні елементи в сплавах магнію. Сплави на основі магнію. Маркування	3/4

	магнієвих сплавів. Термічна обробка магнієвих сплавів	
	Разом	60/82

## 9. Індивідуальні завдання

відсутнє

## 10. Методи навчання

- розповідь – для оповідної, описової форми розкриття навчального матеріалу;
- пояснення – для розкриття сутності певного явища, закону, процесу;
- бесіда – для усвідомлення за допомогою діалогу нових явищ, понять;
- ілюстрація – для розкриття предметів і процесів через їх символічне зображення (рисунок, схеми, графіки);
- практична робота – для використання набутих знань у розв'язанні практичних завдань;
- індуктивний метод – для вивчення явищ від одиничного до загального;
- дедуктивний метод – для вивчення навчального матеріалу від загального до окремого, одиничного;
- проблемний виклад матеріалу – для створення проблемної ситуації.

## 11. Очікувані результати навчання з дисципліни

ПРН 02 Автономно отримувати нові знання в своїй предметній та суміжних областях з різних джерел для ефективного розв'язання спеціалізованих задач професійної діяльності;

ПРН 06 Критично осмислювати основні теорії, принципи, методи і поняття у професійній діяльності.

Студент володіє матеріалознавчою термінологією; розуміється на будові металів та сплавів; може пояснити фазові перетворення, що відбуваються при термічній обробці виробів; може запропонувати матеріал та термічну обробку для забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей заданих виробів; орієнтується в основних групах авіаційних матеріалів на основі Fe, Ni, Ti, Al та розуміє їх переваги та недоліки.

## 12. Засоби оцінювання

Усне опитування та захист лабораторних робіт, захист контрольної роботи, самостійна робота, тестування з кожного змістовного модулю, проведення семестрового екзамену.

## 13. Критерії оцінювання

Поточне тестування та самостійна робота														Підсумковий тест (екзамен)	Підсумкова середньозважена оцінка	
Змістовий модуль 1							Змістовий модуль 2							100	100	
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14			

10	10	20	10	10	10	10	20	15	20	20	15	15	15		
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	--	--

T1, T2 ... T14 – теми змістових модулів.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
85-89	<b>B</b>	добре	
75-84	<b>C</b>		
70-74	<b>D</b>	задовільно	
60-69	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

#### 14. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Авіаційні матеріали» для студентів спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» («Авіаційні двигуни та енергетичні установки», «Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок») денної та заочної форми навчання. – Запоріжжя: Національний університет «Запорізька політехніка», 2020. – 124с.

#### 15. Рекомендована література

##### Базова

1. Бялік О.М. Металознавство : підручник / О. М. Бялік, В.С. Черненко, В. М. Писаренко, Ю. Н. Москаленко. — 2-ге вид., перероб. і доп. -К: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2002. - 384 с.
2. Попович В.В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : підручник /В.В. Попович, В.В. Попович. – Львів: Світ, 2006. – 624 с.
3. Пахолук А.П. Основи матеріалознавства та конструкційних матеріалів: посібник / А.П. Пахолук, О.А. Пахолук. – Львів: Світ, 2005. – 172 с.
4. Кольорові метали і сплави: Навчальний посібник /В. Л. Грешта, О. В. Климов, О. В. Лисиця, Л. П. Степанова. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2015. – 336 с.
5. Лахтин Ю.М. Материаловедение / Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. – М.: Машиностроение, 1990. – 528с.
6. Гуляев А.П. Металловедение / Гуляев А.П. – М.: Metallurgy, 1986. – 648с.
7. Материаловедение / [Арзамасов Б.Н., Сидорин И.И., Косолапов Г.Ф. и др.]; под ред. Б.Н. Арзамасова – М.: Машиностроение, 1986. – 384 с.
8. Сталі та сплави з особливими властивостями: Навчальний посібник / О.В. Климов, Ю. І. Кононенко, В. Л. Грешта. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2014. – 315 с.

### Допоміжна

1. Гольдштейн М.И. Специальные стали / Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. - М.: Металлургия, 1985. – 408с.
2. Химушин Ф.Ф. Жаропрочные стали и сплавы / Химушин Ф.Ф. – М.: Металлургия, 1969. – 752с.
3. Колачев Б.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов / Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А. – М.: МИСИС, 1999 – 416с.
4. Ильин А.А. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства. Справочник /Ильин А.А., Колачев Б.А., Полькин И.С. – М.: ВИЛС-МАТИ, 2009. – 520с.
5. Масленков С.Б. Стали и сплавы для высоких температур. Справочник в 2-х кн.. /Масленков С.Б., Масленкова Е.А. – М.: Металлургия, 1991. – 383с.
6. Новітні технології заготівельного виробництва: навчальний посібник / В.Я. Грабовський, О.В. Лисиця – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 112 с.

### 16. Інформаційні ресурси

1. Google Академія <http://scholar.google.com.ua/>
2. Матеріалознавство и ТКМ <http://www.twirpx.com/files/machinery/material/>