

**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”**

Перший проректор

В.Г. Прушківський

2019 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ППВС 06 ПЕРСПЕКТИВНІ МАТЕРІАЛИ З ВИСОКОЮ ПИТОМОЮ МІЦНІСТЮ ДЛЯ АВІАЦІЙНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ**

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 132 «Матеріалознавство»

(код і найменування спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) «Термічна обробка металів»

(назва освітньої програми (спеціалізації))

інститут, факультет Фізико-технічний інститут,

Інженерно-фізичний факультет

(найменування інституту, факультету)

мова навчання українська

Робоча програма «Перспективні матеріали з високою питомою міцністю для авіаційного машинобудування» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство», освітня програма (спеціалізація) «Термічна обробка металів» « 09 » 09 , 2019 року - 13 с.

Розробники: Гайдук С. В., д.т.н., професор.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри ТМ

Протокол від « 09 » 09 20 19 року № 1

Завідувач кафедри фізичного матеріалознавства

(найменування кафедри)

« 09 » 09 20 19 року [підпис] (Ольшанецький В.Ю.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено науково-методичною комісією ТФ факультету

(найменування факультету)

Протокол від « 12 » 09 20 19 року № 1

« 12 » 09 20 19 року Голова [підпис] (Хмельов О.Р.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Узгоджено групою забезпечення освітньої програми\*

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

\*Якщо дисципліна викладається невідпускною кафедрою

Запоріжжя, 2019 рік

## Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4,0	Галузь знань 13 Механічна інженерія	Нормативна <b>(за вибором)</b>	
	Спеціальність <u>132</u> «Матеріалознавство»		
Модулів – 1	Освітня програма (спеціалізація) «Термічна обробка металів»	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 2		4-й	4-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ <small>(опція)</small>		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин - 120		7-й	7-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента -	Освітній ступінь:  магістр	<b>Лекції</b>	
		28 год.	-
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		-	-
		<b>Лабораторні</b>	
		14 год.	-
		<b>Самостійна робота</b>	
		78 год.	-
<b>Індивідуальні завдання:</b>			
-			
Вид контролю: екзамен			

**Примітка.**

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

- для денної форми навчання – (0,58) ; (25% до 75%).

## **1. Мета навчальної дисципліни**

**Мета** дисципліни «Перспективні матеріали з високою питомою міцністю для авіаційного машинобудування» є розширення знань магістрів про жароміцні матеріали на різних основах з врахуванням специфіки умов їх експлуатації при забезпеченні тривалої працездатності газотурбінних установок в високотемпературних, специфіка легування цих матеріалів, технології, які використовуються для виготовлення відповідальних деталей гарячого тракту різного функціонального призначення.

**Завдання:** основним завданням вивчення дисципліни «Перспективні матеріали з високою питомою міцністю для авіаційного машинобудування» є розширення знань та навичок студентів щодо перспектив розвитку в напрямку розробки як нових сплавів на різній основі, так і вдосконалення (модернізації) складів існуючих промислових марок, призначених для роботи в високотемпературних, з метою покращення комплексу їх технологічних і службових властивостей. При вивченні дисципліни використовуються результати науково-дослідних робіт співробітників кафедри фізичного матеріалознавства та аналізуються їх теоретична та практична значимість.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати: **загальні компетентності (КЗ.02; КЗ.10; КЗ.12):** вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми; здатність до подальшого автономного та самостійного навчання на основі новітніх науково-технічних досягнень; уміння складати наукові та науково-технічні звіти за результатами роботи.

**фахові компетентності (КС.01; КС.04; КС.14-19; КС.23):** здатність критичного аналізу та прогнозування характеристик нових та існуючих матеріалів, параметрів процесів їх отримання та обробки; знання основних груп матеріалів та здатність обґрунтовано здійснювати їх вибір для конкретних умов експлуатації; здатність розробляти нові методи і методики досліджень, базуючись на знанні методології наукового дослідження та особливості проблеми, що вирішується; здатність інтерпретувати, презентувати і захищати результати науково-дослідницької діяльності в фаховому середовищі та публікувати результати своїх досліджень у наукових фахових виданнях; здатність виявляти об'єкти для їх вдосконалення з метою покращення комплексу технологічних і службових властивостей; знання основних технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів та виробів, здатність обґрунтовано здійснювати їх вибір для конкретного використання; здатність розробляти програми, організовувати та проводити комплексні випробування матеріалів, напівфабрикатів та виробів; здатність застосовувати системний підхід до вирішення прикладних задач при виробництві, обробці, експлуатації та утилізації матеріалів та виробів; здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування виробів з застосованими процесами термічної обробки.

**Очікувані програмні результати навчання (ПРН16):** отримання знань щодо основних процесів термічної обробки жароміцних сплавів, які застосовують для роботи в екстремальних умовах газотурбінних установок, основних характеристик, які забезпечують необхідну температурну працездатність жароміцних матеріалів в екстремальних умовах; перспективних технологій, які

застосовуються з метою здійснення термічної обробки відповідальних деталей гарячого тракту газотурбінних двигунів різного функціонального призначення. Одержання знань про жароміцні сплави з врахуванням специфіки умов їх експлуатації для забезпечення тривалої працездатності газотурбінних установок в екстремальних умовах. Знання щодо перспектив розвитку в напрямку розробки як нових, так і вдосконалення (модернізації) існуючих промислових технологій термічної обробки деталей, призначених для роботи в екстремальних умовах, з метою покращення комплексу їх технологічних і службових властивостей.

## **2. Програма навчальної дисципліни**

### **Змістовий модуль 1.**

**Тема 1. Жароміцні інтерметалідні нікелеві сплави зі зниженою густиною для отримання литих деталей з монокристалічною (МК) структурою. Специфіка легування, технологія їх виготовлення структуроутворення і режими термічної обробки.**

Вітчизняні і закордонні промислові серійні жароміцні сплави на основі нікелю та чинники, що обмежують їх використання. Результати розробки нових та вдосконалення (модернізації) складів існуючих промислових марок. Вплив технологічних факторів металургійних процесів та впливу режимів термічної обробки (ТО) на структуроутворення і властивості.

**Тема 2. Жароміцні сплави на основі нікелю з високою питомою міцністю для виготовлення дисків ГТУ. Специфіка їх легування, структуроутворення, режими термічної обробки, технологія гранульної металургії.**

Вітчизняні та закордонні аналоги промислових серійних жароміцних сплавів на основі нікелю, отриманих з використанням гранульної металургії та чинники, що обмежують їх використання. Результати розробки та оптимізації складів нових сплавів і вдосконалення (модернізації) складів існуючих промислових марок. Вплив технологічних процесів та режимів термічної обробки (ТО) на структуру і властивості.

**Тема 3. Основні напрями розробки і використання інтерметалідних сплавів на титановій основі. Специфіка легування, технологія їх виготовлення, структуроутворення і режими термічної обробки.**

Вітчизняні та закордонні аналоги промислових серійних жароміцних титанових сплавів та чинники, що обмежують їх використання. Результати розробки та оптимізації нових сплавів і вдосконалення (модернізації) складів існуючих промислових марок. Вплив технологічних факторів та специфіка впливу режимів термічної обробки (ТО) на структуроутворення і властивості.

### Змістовий модуль 2.

**Тема 4. Основні напрями розробки і використання інтерметалідних сплавів на основі ніобію. Специфіка легування, технологія їх виготовлення, структуроутворення і режими термічної обробки.**

Закордонні та вітчизняні промислові аналоги жароміцних сплавів на основі ніобію та чинники, що обмежують їх використання. Результати розробки та оптимізації нових складів сплавів і вдосконалення (модернізація) складів існуючих промислових марок. Вплив технологічних факторів і режимів термічної обробки (ТО) на їх структуру та властивості.

**Тема 5. Основні напрями розробки і використання сплавів на основі алюмінію. Специфіка легування, технологія їх виготовлення, структуроутворення і режими термічної обробки.**

Закордонні і вітчизняні промислові аналоги сплавів на основі алюмінію та чинники, що визначають їх використання. Результати розробки та оптимізації складів нових сплавів та вдосконалення (модернізація) складів існуючих промислових марок. Вплив технологічних факторів і режимів термічної обробки (ТО) на структуру та властивості.

**Тема 6. Перспективи розвитку жароміцних матеріалів з високою питомою міцністю для використання їх для роботи у високотемпературних умовах.**

Основні перспективні напрямки розвитку жароміцних матеріалів на різній основі, призначених для тривалої роботи в високотемпературних умовах, специфіка технології виготовлення з цих матеріалів відповідальних деталей різноманітного функціонального призначення.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лк	пр	лаб	інд	с.р.		лк	пр	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Модуль I</b>												
<b>Змістовий модуль 1.</b>												
Тема 1. Жароміцні інтерметалідні нікелеві сплави зі зниженою густиною для отримання литих деталей з монокристалічною (МК) структурою. Специфіка легування, технологія їх виготовлення, структуроутворення і режими термічної обробки.	20	4		3		13						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 2. Жароміцні сплави на основі нікелю з високою питомою міцністю для виготовлення дисків ГТУ. Специфіка їх легування, структуроутворення, режими термічної обробки, технологія гранульної металургії.	20	5		2		13						
Тема 3. Основні напрями розробки і використання інтерметалідних сплавів на титановій основі. Специфіка легування, технологія їх виготовлення, структуроутворення режими термічної обробки.	20	5		2		13						
Разом за змістовим модулем 1	60	14		7		39						
<b>Змістовий модуль 2.</b>												
Тема 4. Основні напрями розробки і використання інтерметалідних сплавів на основі ніобію. Специфіка легування, технологія їх виготовлення, структуроутворення режими термічної обробки.	20	5		2		13						
Тема 5. Основні напрями розробки і використання сплавів на основі алюмінію. Специфіка легування, технологія їх виготовлення, структуроутворення і режими термічної обробки.	20	5		3		12						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 6. Перспективи розвитку жароміцних матеріалів з високою питомою міцністю для використання їх для роботи у високотемпературних умовах.	20	4		2		14						
Разом за змістовим модулем 2	60	14		7		39						
<b>Усього годин</b>	120	28		14		78						
<b>Модуль 2</b>												
ІНДЗ			-	-		-			-	-	-	
<b>Усього годин</b>												

#### 4. Темі семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	

#### 5. Темі практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	

#### 6. Темі лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Застосування аналітичних методів для розрахунку параметрів структурної стабільності жароміцних нікелевих сплавів	3
2	Моделювання термодинамічних процесів фазових перетворень в сплавах за їх хімічним складом. Розрахунки типу і кількості фаз та їх хімічного складу в структурі сплавів.	2



3	Розрахунки фізичних властивостей на основі хімічного складу сплавів з використанням моделювання термодинамічних процесів.	2
4	Розрахунки критичних температур за хімічним складом сплавів з використанням моделювання термодинамічних процесів і за методикою «КРАМ».	2
5	Вплив системи легування сплавів на їх корозійні властивості. Розрахунки корозійних характеристик за методикою «КРАМ».	3
6	Вплив системи легування сплавів на їх механічні властивості. Розрахунки границь короткочасної і тривалої міцності за методикою «КРАМ».	2
	Разом	14

#### 7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Тема 1. Жароміцні інтерметалідні нікелеві сплави зі зниженою густиною для отримання литих деталей з монокристалічною (МК) структурою. Специфіка легування, технологія їх виготовлення, структуроутворення і режими термічної обробки.	12
2	Тема 2. Жароміцні сплави на основі нікелю з високою питомою міцністю для виготовлення дисків ГТУ. Специфіка їх легування, структуроутворення, режими термічної обробки, технологія гранульної металургії.	13
3	Тема 3. Основні напрями розробки і використання інтерметалідних сплавів на титановій основі. Специфіка легування, технологія їх виготовлення, структуроутворення і режими термічної обробки.	13
4	Тема 4. Основні напрями розробки і використання інтерметалідних сплавів на основі ніобію. Специфіка легування, технологія їх виготовлення, структуроутворення і режими термічної обробки.	13
5	Тема 5. Основні напрями розробки і використання сплавів на основі алюмінію. Специфіка легування, технологія їх виготовлення, структуроутворення і режими термічної обробки.	14

6	Тема 6. Перспективи розвитку жароміцних матеріалів з високою питомою міцністю для використання їх для роботи у високотемпературних умовах.	13
	Разом	78

## 8. Індивідуальні завдання

## 9. 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 (малюнки, схеми, графіки);
- лабораторні роботи 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.

## 10. Очікувані результати навчання з дисципліни

Для студентів денної форми навчання (ПРН16): отримання знань щодо основних процесів термічної обробки жароміцних сплавів, які застосовують для роботи в екстремальних умовах газотурбінних установок, основних характеристик, які забезпечують необхідну температурну працездатність жароміцних матеріалів в екстремальних умовах; перспективних технологій, які застосовуються з метою здійснення термічної обробки відповідальних деталей гарячого тракту газотурбінних двигунів різного функціонального призначення. Одержання знань про жароміцні сплави з врахуванням специфіки умов їх експлуатації для забезпечення тривалої працездатності газотурбінних установок в екстремальних умовах. Знання щодо перспектив розвитку в напрямку розробки як нових, так і вдосконалення (модернізації) існуючих промислових технологій термічної обробки деталей, призначених для роботи в екстремальних умовах, з метою покращення комплексу їх технологічних і службових властивостей.

## 11. Засоби оцінювання

Для студентів денної форми навчання: тестування з кожного змістовного модулю, письмові завдання, усне опитування, екзамен.

## 12. Критерії оцінювання

Поточне тестування та самостійна робота						Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2			100	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6		
30	30	40	30	40	30		

T1, T2 ... T6 – 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

## 13. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Матеріали для роботи в екстремальних умовах ГТУ» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання / Укл.: С.В. Гайдук, С.Б. Беліков. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 89 с.

2. Конспект лекцій з дисципліни «Спеціальні розділи матеріалознавства. Спеціальні розділи термодинаміки і кінетики фазових перетворень» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання: частина I / Укл.: С.В. Гайдук, С.Б. Беліков. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 76 с.

3. Конспект лекцій з дисципліни «Спеціальні розділи матеріалознавства. «Спеціальні розділи термодинаміки і кінетики фазових перетворень» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання: частина II / Укл.: С.В. Гайдук, С.Б. Беліков. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 66 с.

## 14. Рекомендована література

### Базова

1. Гецов, Л.Б. Детали газовых турбин: Материалы и прочность / Л.Б. Гецов. – Л.: Машиностроение, 1982. – 296 с.
2. Изотов, С.П. Авиационные ГТД в наземных установках / С.П. Изотов, В.В. Шашкин. – Л.: Машиностроение, 1984. – 228 с.
3. Шалин, Р.Е. Монокристаллы никелевых жаропрочных сплавов / Р.Е. Шалин, И.Л. Светлов, Е.Б. Качанов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1997. – 336 с.
4. Масленников, Н.М. Авиационные газотурбинные двигатели / Н.М. Масленников, Ю.Н. Шальман. – М.: Машиностроение, 1975. – 576 с.
5. Иноземцев, А.А. Газотурбинные двигатели. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Том 2. Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства / А.А. Иноземцев, М.А. Нихамкин, В.Л. Сандрацкий. – М.: «Машиностроение», 2007. – 396 с.
6. Гайдук, С.В. Наукові основи проектування диварних жароміцних нікелевих сплавів з необхідним комплексом службових властивостей / С.В. Гайдук, С.Б. Беліков. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2017. – 80 с.
7. Гайдук, С.Б. Розвиток і застосування наукових принципів легування для розробки жароміцних нікелевих сплавів з гарантованими властивостями : дисертація на здобуття наук. ступеня д-ра. техн. наук : 05.02.01 / Гайдук Сергій Валентинович. - Запоріжжя, 2018. - 404 с.
8. Saunders, N. Using JMatPro to Model Materials Properties and Behavior / N. Saunders, Z. Guo, X. Li [et al.] // JOM, 55. - 2003. - № 12. – P. 60-65.
9. Гайдук, С.В. Расчет фазового состава литейного свариваемого жаропрочного коррозионностойкого никелевого сплава методом CALPHAD / С.В. Гайдук, В.В. Кононов // Вестник двигателестроения.- 2016.- №1.- С. 107-112.
10. Каблов, Е.Н. Литейные жаропрочные сплавы. Эффект С.Т. Кишкина: науч.-техн. сб. : к 100-летию со дня рожд. С.Т. Кишкина / Под общ. ред. Е.Н. Каблова.- М. : Наука, 2006. - 272 с.
11. Логунов, А.В. Жаропрочные никелевые сплавы для лопаток и дисков газовых турбин: ООО ИД «Газотурбинные технологии», 2017. – 854 с.

### Допоміжна

1. Каблов, Е.Н. Литые лопатки газотурбинных двигателей (сплавы, технология, покрытия) / Е.Н. Каблов. – Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, Государственный научный центр РФ. – М.: МИСИС, 2001. – 632 с.
2. Кишкин, С.Т. Литейные жаропрочные сплавы на никелевой основе / С.Т. Кишкин, Г.Б. Строганов, А.В. Логунов. – М.: Машиностроение, 1987. – 112 с.

3. Патон, Б.Е. Жаропрочность литейных никелевых сплавов и защита их от окисления / Б.Е. Патон, Г.Б. Строганов, С.Т. Кишкин и др. – К.: Наук. думка, 1987. – 256 с.

4. Лашко, Н.Ф. Физико-химический фазовый анализ сталей и сплавов / Н.Ф. Лашко, Л.В. Заславская, М.Н. Козлова и др. - 2-е изд.: М.: Металлургия, 1978. - 336 с.

### 15. Інформаційні ресурси

1. [www.titan-association.com/magazine](http://www.titan-association.com/magazine)
2. Google Академія <http://scholar.google.com.ua/>
3. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>
4. Материаловедение <http://www.materialscience.ru/>
5. Материаловедение и ТКМ <http://www.twirpx.com/files/machinery/material/>
6. Библиотека машиностроителя <http://lib-bkm.ru/load/2>
7. [http://metallcheckiy-portal.ru/marki\\_metallov/stn/AISI304](http://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov/stn/AISI304)
8. <http://www.evek.org/materials/splav-vgl12e.html>
9. <https://rutracker.org/forum/login.php?redirect=search.php>
10. [https://rutracker.org/forum/search\\_cse.php?q=JMatPro](https://rutracker.org/forum/search_cse.php?q=JMatPro)

## СИЛЛАБУС

### ПЕРСПЕКТИВНІ МАТЕРІАЛИ З ВИСОКОЮ ПИТОМОЮ МІЦНІСТЮ ДЛЯ АВІАЦІЙНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

**Тип:** вибіркова

**Курс (рік навчання):** 1(1)

**Семестр:** 2

**Кредити:** 4

**Викладач:** Гайдук Сергій Валентинович, докт. техн. наук, професор.

**Розподіл годин:** загальна кількість 120 годин (28 годин лекцій, 14 годин лабораторних робіт, 78 годин самостійної роботи.).

Лекції, лабораторні роботи, розрахункові завдання.

**Метою курсу** є розширення знань магістрів про жароміцні матеріали на різній основі з врахуванням специфіки умов їх експлуатації при забезпеченні тривалої працездатності газотурбінних установок у високотемпературних умовах, специфіка легування цих матеріалів, технології, які використовуються для виготовлення відповідальних деталей гарячого тракту різного функціонального призначення. Розвинення знань та навичок магістрів щодо перспектив розвитку в напрямку розробки як нових сплавів на різній основі, так і вдосконалення (модернізації) складів існуючих промислових марок, призначених для роботи в високотемпературних умовах, з метою покращення комплексу їх технологічних і службових властивостей. При вивченні дисципліни використовуються результати науково-дослідних робіт співробітників кафедри фізичного матеріалознавства та аналізуються їх теоретична та практична значимість.

**Вміст курсу:** класифікація жароміцних матеріалів на різній основі для роботи в високотемпературних умовах; жароміцні інтерметалідні нікелеві сплави зі зниженою густиною для отримання литих деталей з монокристалічною (МК) структурою; жароміцні сплави на основі нікелю з високою питомою міцністю для виготовлення дисків ГТУ; специфіка легування, технологія їх виготовлення, структуроутворення і режими термічної обробки; основні напрями розробки і використання інтерметалідних сплавів на титановій основі; Специфіка легування, технологія їх виготовлення, структуроутворення і режими термічної обробки; Основні напрями розробки і використання інтерметалідних сплавів на основі ніобію; Специфіка легування, технологія їх виготовлення, структуроутворення і режими термічної обробки; основні напрями розробки і використання сплавів на основі алюмінію; специфіка легування, технологія їх виготовлення, структуроутворення і режими термічної обробки; перспективи розвитку жароміцних матеріалів з високою питомою міцністю для використання їх для роботи у високотемпературних умовах.

**Структура курсу:**

1. Вступ (предмет, задачі та зміст дисципліни).

2. Жароміцні інтерметалідні нікелеві сплави зі зниженою густиною для отримання литих деталей з монокристалічною (МК) структурою. Специфіка легування, технологія їх виготовлення, структуроутворення і режими термічної обробки.

3. Жароміцні сплави на основі нікелю з високою питомою міцністю для виготовлення дисків ГТУ. Специфіка їх легування, структуроутворення, режими термічної обробки, технологія гранульної металургії.

4. Основні напрями розробки і використання інтерметалідних сплавів на титановій основі. Специфіка легування, технологія їх виготовлення, структуроутворення і режими термічної обробки.

5. Основні напрями розробки і використання інтерметалідних сплавів на основі ніобію. Специфіка легування, технологія їх виготовлення, структуроутворення і режими термічної обробки.

6. Основні напрями розробки і використання сплавів на основі алюмінію. Специфіка легування, технологія їх виготовлення, структуроутворення і режими термічної обробки.

7. Перспективи розвитку жароміцних матеріалів з високою питомою міцністю для використання їх для роботи у високотемпературних умовах.

Курс буде складатися з 4 кредитів, паралельно з лекційним курсом студенти матимуть лабораторні роботи, які кожен студент повинен виконати під час курсу, з метою засвоєння теоретичного матеріалу та набуття навичок в розв'язанні завдання по оптимальному вибору жароміцних матеріалів на різній основі для роботи в високотемпературних умовах.

#### **Результати навчання:**

1. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми; здатність до подальшого автономного та самостійного навчання на основі новітніх науково-технічних досягнень.

2. Уміння складати наукові та науково-технічні звіти за результатами роботи.

3. Здатність критичного аналізу та прогнозування характеристик нових та існуючих матеріалів, параметрів процесів їх отримання та обробки.

4. Знання основних груп матеріалів та здатність обґрунтовано здійснювати їх вибір для конкретних умов експлуатації.

5. Здатність розробляти нові методи і методики досліджень, базуючись на знанні методології наукового дослідження та особливості проблеми, що вирішується.

6. Здатність інтерпретувати, презентувати і захищати результати науково-дослідницької діяльності в фаховому середовищі та публікувати результати своїх досліджень у наукових фахових виданнях.

7. Здатність виявляти об'єкти для їх вдосконалення з метою покращення комплексу технологічних і службових властивостей.

8. Знання основних технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів та виробів, здатність обґрунтовано здійснювати їх

вибір для конкретного використання; здатність розробляти програми, організовувати та проводити комплексні випробування матеріалів, напівфабрикатів та виробів;

9. Здатність застосовувати системний підхід до вирішення прикладних задач при виробництві, обробці, експлуатації та утилізації матеріалів та виробів; здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування виробів з застосованими процесами термічної обробки.

10. Отримання знань щодо основних процесів термічної обробки жароміцних матеріалів на різній основі, які застосовують для роботи в високотемпературних умовах, основних характеристик, які забезпечують необхідну температурну працездатність жароміцних матеріалів у визначених температурних межах.

11. Перспективних технологій, які застосовуються з метою здійснення термічної обробки відповідальних деталей гарячого тракту газотурбінних двигунів різного функціонального призначення.

12. Одержання знань про жароміцні матеріалів на різній основі з врахуванням специфіки умов їх експлуатації для забезпечення тривалої працездатності газотурбінних установок в цих умовах.

13. Знання щодо перспектив розвитку в напрямку розробки як нових, так і вдосконалення (модернізації) існуючих промислових технологій термічної обробки деталей, призначених для роботи в високотемпературних умовах, з метою покращення комплексу їх технологічних і службових властивостей.

Магістри отримають всебічні знання з даної дисципліни, матимуть змогу аналізувати вхідні дані для оптимального вибору жароміцних матеріалів на різній основі (нікелевій, титановій, ніобієвій, алюмінієвій), а також дані (виробнича програма, номенклатура виробів, базові технології термічної обробки, різновиди обладнання тощо) та пропонувати раціональні рішення з урахуванням досягнення певної економічної ефективності та економічної доцільності.

**Оцінювання:** за результатами засвоєння дисципліни складається екзамен. При оцінюванні враховується здатність самостійно обирати оптимальні варіанти вибору матеріалів із заданими властивостями для роботи в заданих температурних межах ГТУ, а також технології отримання або захисту деталей гарячого тракту газових турбін, з урахування умов їх експлуатації, вибору обладнання з урахуванням типу і специфіки виробництва, навички у володінні сучасними методиками розрахункового прогнозу (властивостей) сплавів різного класу.

При цьому перевага надається оригінальним рішенням спрямованим на досягнення певного рівня ефективності та економічної доцільності. У разі відвідування всіх занять і своєчасного виконання всіх лабораторних робіт може бути використана наступна схема оцінювання (за засвоєння тем курсу):



Поточне тестування та самостійна робота						Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	100	100
30	30	40	30	40	30		

У разі невідвідування певних тем та несвочасного виконання лабораторних робіт оцінка може знижуватись шляхом віднімання певної кількості балів у відповідності до вищевказаної таблиці. Зниження оцінки може бути скомпенсоване шляхом відпрацювання пропущених занять та виконання додаткових завдань.

**Академічна доброчесність:** студент повинен виконувати роботи самостійно, не допускається залучення при розв'язанні індивідуальних завдань інших здобувачів освіти. У разі виявлення ознак плагіату робота не зараховується і дисципліна не вважається зарахованою.

#### **Література:**

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Матеріали для роботи в екстремальних умовах ГТУ» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання / Укл.: С.В. Гайдук, С.Б. Беліков. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 89 с.

2. Конспект лекцій з дисципліни «Спеціальні розділи матеріалознавства. Спеціальні розділи термодинаміки і кінетики фазових перетворень» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання: частина I / Укл.: С.В. Гайдук, С.Б. Беліков. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 76 с.

3. Конспект лекцій з дисципліни «Спеціальні розділи матеріалознавства. «Спеціальні розділи термодинаміки і кінетики фазових перетворень» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання: частина II / Укл.: С.В. Гайдук, С.Б. Беліков. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 66 с.

4. Гецов, Л.Б. Детали газовых турбин: Материалы и прочность / Л.Б. Гецов. – Л.: Машиностроение, 1982. – 296 с.

5. Изотов, С.П. Авиационные ГТД в наземных установках / С.П. Изотов, В.В. Шашкин. – Л.: Машиностроение, 1984. – 228 с.

6. Шалин, Р.Е. Монокристаллы никелевых жаропрочных сплавов / Р.Е. Шалин, И.Л. Светлов, Е.Б. Качанов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1997. - 336 с.

7. Масленников, Н.М. Авиационные газотурбинные двигатели / Н.М. Масленников, Ю.Н. Шальман. – М.: Машиностроение, 1975. – 576 с.

8. Иноземцев, А.А. Газотурбинные двигатели. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Том 2. Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства / А.А. Иноземцев, М.А. Нихамкин, В.Л. Сандрацкий. – М.: «Машиностроение», 2007. - 396 с.

9. Гайдук, С.В. Наукові основи проектування ливарних жароміцних нікелевих сплавів з необхідним комплексом службових властивостей / С.В. Гайдук, С.Б. Беліков. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2017. – 80 с.

10. Гайдук, С.Б. Розвиток і застосування наукових принципів легування для розробки жароміцних нікелевих сплавів з гарантованими властивостями : дисертація на здобуття наук. ступеня д-ра. техн. наук : 05.02.01 / Гайдук Сергій Валентинович. - Запоріжжя, 2018. - 404 с.

11. Saunders, N. Using JMatPro to Model Materials Properties and Behavior / N. Saunders, Z. Guo, X. Li [et al.] // JOM, 55. - 2003. - № 12. – P. 60-65.

12. Гайдук, С.В. Расчет фазового состава литейного свариваемого жаропрочного коррозионностойкого никелевого сплава методом CALPHAD / С.В. Гайдук, В.В. Кононов // Вестник двигателестроения. - 2016. - №1. - С. 107-112.

13. Каблов, Е.Н. Литейные жаропрочные сплавы. Эффект С.Т. Кишкина: науч.-техн. сб. : к 100-летию со дня рожд. С.Т. Кишкина / Под общ. ред. Е.Н. Каблова.- М. : Наука, 2006. - 272 с.

14. Логунов, А.В. Жаропрочные никелевые сплавы для лопаток и дисков газовых турбин: ООО ИД «Газотурбинные технологии», 2017. – 854 с.

15. Каблов, Е.Н. Литые лопатки газотурбинных двигателей (сплавы, технология, покрытия) / Е.Н. Каблов. – Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, Государственный научный центр РФ. - М.: МИСИС, 2001. - 632 с.

16. Кишкин, С.Т. Литейные жаропрочные сплавы на никелевой основе / С.Т. Кишкин, Г.Б. Строганов, А.В. Логунов. – М.: Машиностроение, 1987. – 112 с.

17. Патон, Б.Е. Жаропрочность литейных никелевых сплавов и защита их от окисления / Б.Е. Патон, Г.Б. Строганов, С.Т. Кишкин и др. – К.: Наук. думка, 1987. – 256 с.

18. Лашко, Н.Ф. Физико-химический фазовый анализ сталей и сплавов / Н.Ф. Лашко, Л.В. Заславская, М.Н. Козлова и др. - 2-е изд.: М.: Металлургия, 1978. - 336 с.