

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Фізико-механічного  
інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України  
академік НАН України

З.Т. Назарчук

2020 р.



## Силабус

для вивчення дисципліни «**Матеріалознавство конструкційних матеріалів для атомної та теплової енергетики**» для аспірантів, спеціальність 132 «Матеріалознавство» Фізико-механічний Інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України.

### 1. Викладач

*Балицький Олександр Іванович, д.т.н., професор.*

Контактний телефон: (032) 229-62-54; balitski@ipm.lviv.ua

*Наукові інтереси:* Дослідження фізико-хімічних процесів руйнування та міцності сучасних конструкційних матеріалів енергоуstattungування в робочих водневих середовищах під час тривалої експлуатації. Розробка матеріалознавчих засад продовження ресурсу енергоблоків, вдосконалення їх водневої інфраструктури та впровадження водневих буферів в систему накопичення і розподілу з метою збільшення виробництва відновлюваної електричної енергії, заміщення використання вуглеводнів і покращення екологічних показників. Вивчення структури і механічних властивостей монокристалічних, полікристалічних матеріалів і композитів методами, що враховують сучасні світові тенденції їх взаємодії з водневомісними газами і рідкими середовищем за екстремальних температур і тисків.

### 2. Назва, код дисципліни та кількість кредитів.

«**Матеріалознавство конструкційних матеріалів для атомної та теплової енергетики**» спеціальність 132 «Матеріалознавство», код: 132, кількість кредитів – 3.

### 3. Місце проведення навчальної дисципліни та час.

ФМІ НАН України (ГК, кім. 67, 35) ; відповідно до розкладу.

4. **Пререквізити навчальної дисципліни:** знати основні поняття матеріалознавства, володіти знаннями про властивості сучасних високоазотних

сталей та нікелевих суперсплавів, що використовується у фізиці, турбінній техніці; володіти методами вдосконалення властивостей матеріалів та технологіями їх обробки; знати основні підходи при оцінюванні тривалої міцності та довговічності матеріалів енергетичного призначення та факторів впливу на їх структуру та властивості; володіти концептуальними та методологічними знаннями в галузі технічних наук; знати основні закономірності та принципи виготовлення і застосування сучасних конструкційних матеріалів для енергетичного комплексу; вміти використовувати сучасні інформаційні джерела національного та міжнародного рівня для оцінки стану вивченості об'єкту досліджень і актуальності наукової проблеми; мати навички роботи з сучасним обладнанням при проведенні експериментальних досліджень з матеріалознавства, зокрема з вивчення їх тонкої структури.

**Постреквізити:** в результаті вивчення дисципліни будуть отримані знання основ створення основних матеріалів для енергетики та їх обробки (нагрівання, плавлення, кристалізація, пресування тощо); отримання матеріалів з певними властивостями (електричними, механічними, тепловими та іншими); на основі законів фізики та технічних дисциплін передбачати отримання матеріалів з наперед заданими властивостями; особливості будови високоміцних матеріалів для атомної, водневої та теплової енергетики, технологічні підходи до таких матеріалів; сучасні методи вивчення структури та властивостей матеріалів; проектувати, аналізувати і вибирати технології отримання матеріалів; читати та оформляти технічну документацію; використовувати отримані знання при виконанні дослідження та захисті їх результатів у вигляді дисертації на здобуття наукового ступеню доктора філософії.

## **5. Вимоги навчальної дисципліни.**

Вивчення курсу «**Матеріалознавство конструкційних матеріалів для атомної та теплової енергетики**» входить до варіативної складової ОНП. Об'єм навчального навантаження складає 3 кредити, із них 40 годин – лекції, 50 години – самостійна робота. Вивчення наукової дисципліни вимагає обов'язкового відвідування аудиторних занять, активну участь в обговоренні питань, якісне і своєчасне виконання завдань самостійної роботи, а також участь у всіх видах контролю.

## **6. Характеристика дисципліни.**

*Завдання учбової дисципліни.* Освоїти сучасні уявлення щодо матеріалів ядерної, водневої, теплової енергетики.

*Мета викладання дисципліни* – опанування новітніми знаннями щодо створення та властивостей сучасних металевих матеріалів – фізико-механічних, хімічних властивості, експлуатаційних.



*План викладання дисципліни:*

| Назва змістовних модулів і тем   | Кількість годин |              |                   |
|--|-----------------|--------------|-------------------|
|  | усього          | У тому числі |                   |
|  |                 | аудиторні    | самостійна робота |
| <b>Змістовний модуль 1. Матеріалознавство конструкційних матеріалів для атомної, водневої та теплової енергетики</b>   |                 |              |                   |
| <b>Тема 1.</b> Будова матеріалів для енергетики: кристалічна гратка фериту, аустеніту; класифікація матеріалів за фізичними властивостями; означення і характерні властивості аустеніту.   | 10              | 5            | 6                 |
| <b>Тема 2.</b> Кристалізація (синтез) нікелевих суперсплавів: фазова діаграма «залізо-вуглець»; механізм направленої кристалізації монокристалів суперсплавів в умовах високого тиску та високої температури; визначення та статистичний опис показника міцності порошків суперсплавів; механізми спечення та ізостатичного пресування нікелевих суперсплавів. | 10              | 5            | 6                 |
| <b>Тема 3.</b> Виготовлення монокристалічних лопаткових матеріалів: класифікація, характеристика основних властивостей та призначення нікелевих монокристалічних суперсплавів; технологічна схема виготовлення турбінних лопаток; контроль якості монокристалічних <del>нікел</del> матеріалів.  | 10              | 5            | 6                 |
| <b>Тема 4.</b> Виготовлення порошкових дискових матеріалів: класифікація, характеристика основних властивостей та призначення порошкових суперсплавів; технологічна схема виготовлення турбінних дисків;   | 10              | 5            | 6                 |

|  |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|
| технологія сортування порошків для виготовлення дисків турбодвигунів;<br>контроль якості порошкових матеріалів.  |           |           |           |
| <b>Тема 5.</b> Електрошлаковий переплав матеріалів роторів турбін та турбогенераторів ТЕС та АЕС:<br>будова кристалічних ґраток магнітних роторних сталей;<br>фазова діаграма залізо-вуглець;<br>особливості одержання цільнокованих та зварних роторів.                                       | 15        | 5         | 7         |
| <b>Тема 6.</b> Електрошлаковий переплав матеріалів бандажів турбогенераторів ТЕС та АЕС:<br>будова кристалічних ґраток немагнітних бандажних сталей;<br>фазова діаграма залізо-вуглець;<br>особливості одержання бандажних кілець роторів турбогенераторів ТЕС та АЕС з високо азотних сталей. | 15        | 5         | 7         |
| <b>Тема 7.</b> Сучасні матеріали для теплообмінного устаткування та водневих газоохолоджувачів турбогенераторів ТЕС та АЕС:<br>- фазова діаграма мідь-нікель;<br>- особливості одержання мідно – нікелевих сплавів та їх воднева стійкість за тривалої експлуатації.                           | 10        | 5         | 6         |
| <b>Тема 8.</b> Матеріали та компонування водневих буферів, устаткування для повторного використання зеленого водню, виробленого з надлишків електроенергії вітроелектростанцій, сонячних панелей, ТЕС та АЕС.  | 10        | 5         | 6         |
| <b>Разом</b>   | <b>90</b> | <b>40</b> | <b>50</b> |

### 7. Контроль знань.

В основі методів контролю знань використовуються поточне індивідуальне опитування та екзаменаційна оцінка. Екзамен проводиться відповідно до розкладу.

Екзамен включає відповіді на шість питань: три питання з екзаменаційного білету та три додаткових питання. Оцінка відповідей на питання: – з екзаменаційного білету 25%; – додаткові 7%. Оцінка за індивідуальне опитування – до 4%.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

| Сума балів за навчальну діяльність | Оцінка ECTS | Оцінка за національною шкалою                              |
|------------------------------------|-------------|--|
| 90–100                             | +A, A, -A   | відмінно   |
| 82–89                              | +B, B, -B   | добре  |
| 74–81                              | +C, C, -C   | задовільно   |
| 64–73                              | +D, D, -D   |  |
| 60–63                              | E           | незадовільно з можливістю повторного складання іспиту      |
| 35–59                              | FX          | незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни |
| 0–34                               | F           |  |

### 8. Список базової літератури

1. Балицький О.І. Сучасні матеріали для потужних турбогенераторів.- Львів: Національна академія наук України. Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка. - “Простір-М”. - 1999 р. - 284 с. ISBN 996-02-1381-6. <http://catalog.loc.gov>
2. Механіка руйнування і міцність матеріалів: Довідн. посібник / Під заг. ред. В. В. Панасюка. Т. 8: Міцність матеріалів і довговічність елементів конструкцій атомних електростанцій / О.І.Балицький, О.В.Махненко, О.О.Балицький, В.А.Грабовський, Д.М.Завербний, Б.Т.Тімофеев. Під ред. О. І. Балицького. – Київ: ВД “Академперіодика”, 2005. – 534 с. ISBN 966-360-035-7.
3. *Методичні* вказівки з оцінки технічного стану бандажів роторів турбогенераторів (СОУ-Н ЕЕ 45.301:2006) (Наказ Міністра палива та енергетики України № 432 від 9.11.2006 р.): Об'єднання енергетичних підприємств “Галузевий резервно-інвестиційний фонд розвитку енергетики”. – Виконавці: Лошак О., Балицький О., Пулькас Л., Лізунов С., Ріпей І., Гуріна О.- К. : Мінпаливенерго України ОЕП “ГРІФРЕ”, 2006. – 32 с.
4. *Методичні* вказівки з діагностики технічного стану і оцінки ресурсу литих корпусних деталей парових турбін (СОУ-Н ЕЕ 30.304-2007) (Наказ Міністра палива та енергетики України № 124 від 1.03.2007 р.): Об'єднання енергетичних підприємств «Галузевий резервно-інвестиційний фонд розвитку енергетики». – Виконавці: Лошак О., Балицький О., Пулькас Л., Лізунов С., Ріпей І., Гуріна О. - К.: Мінпаливенерго України ОЕП «ГРІФРЕ», 2007. – 38 с.



5. Аптекарь М.Д., Колесников В.А., Балицкий А.И. Технология металлов и материаловедение. Часть 1.: Учебн. пособ. – К.: Краснодон. ВНУ им. В. Даля, 2012. – 151 с. Номер электронного сертификата 2845.
6. Коротков В.И., Колесников В.А., Балицкий А.И. Машиноведение: Учебное пособие. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В.Даля, 2013. – 151 с. Номер электронного сертификата 2918.

ПОГОДЖЕНО

Завідувачка випускової кафедри

д.т.н., проф.



І.М. Погрелюк