

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор

Фізико-механічного інституту

ім. Г.В. Карпенка НАН України

академік НАН України



Зіновій НАЗАРЧУК

26 листопада 2024 р.

Силабус

по вивченню дисципліни «Структурна механіка руйнування та експлуатаційна деградація матеріалів» для аспірантів, спеціальність 113 «Прикладна математика»
Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України.

1. Викладач

Кречковська Галина Василівна, д. т. н., старший дослідник, провідний науковий співробітник.

Контактний телефон: (032) 229-62-94; krechkovskahalyna@gmail.com

Наукові інтереси: оцінювання технічного стану експлуатованих матеріалів з використанням регламентованих характеристик та підходів механіки руйнування; експертиза пошкоджень елементів конструкцій та з'ясування причин руйнувань в нафто- і газодобувній, теплоенергетичній та нафтопереробній галузях; розроблення підходів кількісного оцінювання фрактографічних та структурних ознак деградації сталей з використанням комп'ютерної обробки зображень; моделювання високотемпературної водневої деградації сталей в лабораторних умовах; оцінювання залишкового ресурсу теплоенергетичного та нафтопереробного устаткування та розроблення методів його продовження.

2. Назва, код дисципліни та кількість кредитів.

«Структурна механіка руйнування та експлуатаційна деградація матеріалів» спеціальність 113 «Прикладна математика», код: 113, кількість кредитів – 4.

3. Місце проведення навчальної дисципліни та час.

Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України; відповідно

до розкладу.

4. Пререквізити навчальної дисципліни: володіти знаннями про структурну міцність матеріалів; знати наукові засади створення матеріалів з високою міцністю, тріщиностійкістю і довговічністю; володіти знаннями про вплив різного роду чинників локальної і глобальної дії на структуру та властивості сталей; вміти обґрунтовувати закономірності зміни структурно-фазового стану і фізико-механічних властивостей конструкційних матеріалів; вміти використовувати сучасні методи діагностування технічного стану матеріалів та оцінювати міру експлуатаційної пошкодженості; володіти теоретичними знаннями про фізику та механіку руйнування та мати навички роботи з сучасним обладнанням при проведенні експериментальних досліджень.

Постреквізити: в результаті вивчення дисципліни отримати знання про структурну механіку руйнування матеріалів, в тому числі тривало експлуатованих сталей в різних технологічних середовищах за впливу температурно силових факторів та корозійно-наводнювальних середовищ; застосовувати підходи лінійної і нелінійної механіки руйнування для оптимізації структури і механічних властивостей матеріалів; аналізувати та використовувати руйнівні та неруйнівні методи контролю для оцінювання технічного стану матеріалів; отримати та аналізувати залежності зміни структурних та фізико-механічних показників; використовувати сучасні методи для оцінювання експлуатаційної мікропошкодженості матеріалів; обґрунтування можливості подальшої експлуатації конструкцій; читати та оформляти технічну документацію; використовувати отримані знання при виконанні дослідження та захисті її результатів у вигляді дисертації на здобуття наукового ступеню доктора філософії.

5. Вимоги навчальної дисципліни.

Вивчення курсу «Структурна механіка руйнування та експлуатаційна деградація матеріалів» являється обов'язковим. Об'єм навчального навантаження складає 3 кредитів із них 32годин – лекції, 8 год – практичні, 50 годин – самостійна робота. Вивчення наукової дисципліни вимагає обов'язкове відвідування аудиторних занять, активну участь в обговоренні питань, якісні і своєчасне виконання завдань самостійної роботи, а також участь у всіх видах контролю.

6. Характеристика дисципліни.

Завдання учбової дисципліни. Освоїти сучасні уявлення щодо структурної механіки матеріалів та деградації тривало експлуатованих матеріалів.

Мета викладання дисципліни – опанування знаннями щодо структурних та фізико-механічних змін в металоконструкціях тривало експлуатованих за впливу різних технологічних чинників.

План викладання дисципліни:

| Назва змістовних модулів і тем | Кількість годин | |
|--------------------------------|-----------------|--------------|
| | усього | у тому числі |
| | | |

| | | аудиторні | | Самостійна робота |
|---|----|-----------|-----------|----------------------|
| | | лекції | практичні | |
| Модуль 1 | | | | |
| Змістовний модуль 1. Багаторівневий структурний аналіз матеріалів | | | | |
| Тема 1. Структурна міцність в загальній системі людських знань. – Історична довідка. – Багаторівневий аналіз механічної поведінки матеріалу. – Основні задачі фізики міцності. – Методологія дослідження. | 6 | 4 | - | - |
| Тема 2 Руйнування матеріалів – Загальні відомості про руйнування металів – Класифікація видів руйнування – Ієрархія структурних рівнів руйнування | 6 | 2 | - | - |
| Тема 3. Механізми руйнування матеріалів – Класифікація механізмів руйнування – Крихкий скол – Квазікрихке руйнування – Ямкове (в'язке) транскристалітне руйнування – Міжзеренне руйнування • Поширення тріщини в межах границі • Взаємодія тріщини із стиком зерен • Стадія катастрофічного поширення тріщин | 12 | 6 | 2 | 2 |
| Змістовний модуль 2. Механіка та фізика руйнування | | | | |
| Тема 4. Розвиток тріщини з позиції механіки руйнування – Енергетичний критерій руйнування – Силовий критерій руйнування – Розподіл напружень біля вершини тріщини | 7 | 4 | - | - |
| Тема 5. Дислокаційна модель пластичної зони в околі вершини тріщини – Опір мікросколу – В'язко-крихкий перехід – Температурна залежність характеристик міцності та руйнування | 8 | 4 | 2 | 2 |
| Тема 6. Тріщиностійкість матеріалів – Концепція тріщиностійкості – Фізична природа тріщиностійкості | 7 | 4 | 2 | 2 |

| | | | | |
|--|----|---|---|---|
| – Експериментальне визначення тріщиностійкості матеріалу | | | | |
| Змістовний модуль 3. Оцінювання зміни структурно-механічного стану металу руйнівними та неруйнівними методами | | | | |
| Тема 7. Методи контролю металоконструкцій | | | | |
| – Руйнівні методи контролю стану металу | 10 | 4 | 2 | 2 |
| – Неруйнівні методи контролю оцінювання поточного технічного стану конструкцій | 8 | 4 | 2 | 2 |
| – Сучасні методи оцінювання стану металу конструкцій різного призначення | 7 | 4 | 2 | 2 |
| Модуль 2 | | | | |
| Змістовний модуль 4. | | | | |
| Вплив розподілу напружень та деформації на руйнування виробів | | | | |
| Тема 1. Конструкційна міцність матеріалів | | | | |
| – Поняття конструкційної міцності | | | | |
| – Найважливіші характеристики матеріалу та виробу в умовах складного напруженого стану | | | | |
| – Види концентраторів напружень та їх класифікація | | | | |
| – Розподіл напружень в зразках плоских та циліндричних, з надрізом та без нього. | 7 | 4 | 2 | 2 |
| Тема 2. Розподіл напружень в зразку з концентратором | | | | |
| – Перенапруження в зоні дії концентратора напружень | | | | |
| – Критерій крихкого руйнування | 8 | 4 | 2 | 2 |
| Тема 3. Пластична деформація та руйнування в умовах дії концентраторів напружень | | | | |
| – Окрихчення матеріалу за дії концентраторів напружень та мікротріщин | | | | |
| – Методи забезпечення силової надійності елементів конструкцій | | | | |
| • Коефіцієнт запасу міцності та в'язкості | | | | |
| • Несуча здатність та зв'язок між $K_{ЗМ}$ та $K_{ЗВ}$. | | | | |
| • Фізичні передумови вибору матеріалів | 7 | 4 | 2 | 2 |

| | | | | |
|--|-----|----|----|----|
| для складнонапружених елементів конструкцій. | | | | |
| Змістовний модуль 5. Оцінювання мікропошкодженості деградованих сталей | | | | |
| Тема 4. Зв'язок експлуатаційної пошкодженості в об'ємі матеріалу та їх фізико-механічні властивості. – Характерні особливості експлуатаційних пошкоджень в об'ємі матеріалу – Роль пошкоджень в об'ємі матеріалу | 6 | 2 | 2 | 2 |
| Тема 5. Вплив експлуатаційних чинників на поточний стан матеріалу – Зміна структури та механічних властивостей реальних конструкцій експлуатованих за низькотемпературних умов | 6 | 2 | 2 | 2 |
| • Аналіз структури та механічних властивостей металу конструкцій експлуатованих за кліматичних умов | 9 | 3 | 2 | 2 |
| • Дослідження особливостей зміни металографічних ознак матеріалу та визначення їх механічних властивостей за високотемпературних умов експлуатації | 8 | 3 | 2 | 2 |
| Змістовний модуль 6. Обґрунтування можливості подальшої експлуатації конструкцій | | | | |
| Тема 6. Оцінювання поточного стану тривало експлуатованих сталей з визначенням їх критичного рівня – Структурні та фрактографічні ознаки деградації матеріалів – Оцінювання механічних характеристик чутливих до експлуатаційної мікропошкодженості – Вибір показників чутливих до експлуатаційної деградації та оцінювання поточного технічного стану конструкцій | 12 | 6 | 2 | 2 |
| Разом | 120 | 32 | 30 | 30 |

7. Критерії оцінювання результатів навчання здобувачів освіти

В основі методів контролю знань використовуються поточне індивідуальне опитування та екзаменаційна оцінка. Екзамен проводиться на

другому році навчання.

| Максимальна оцінка в балах | | | | |
|--|-------------|-------------------------|-----------------|---------------------|
| Поточний контроль (ПК) | | Екзаменаційний контроль | | Разом за дисципліну |
| Захист звітів про виконання лабораторних (10 балів) та практичних (20 балів) робіт шляхом усного опитування або тестового контролю теоретичного матеріалу. | Разом за ПК | письмова компонента | усна компонента | |
| | | | | |

Порядок та критерії виставлення балів та оцінок

Критерії оцінювання знань та вмінь аспіранта за результатами вивчення навчального матеріалу модуля у 100-бальній шкалі та шкалі ECTS:

- 100–88 балів – оцінка А («відмінно») виставляється за високий рівень знань (допускаються деякі неточності) навчального матеріалу, що міститься в основних і додаткових рекомендованих літературних джерелах, вміння аналізувати явища, які вивчаються, у їхньому взаємозв'язку і розвитку, чітко, лаконічно, логічно, послідовно відповідати на поставлені запитання, вміння застосовувати теоретичні положення під час розв'язання практичних задач;

- 87–80 балів – оцінка В («дуже добре») виставляється за знання навчального матеріалу вище від середнього рівня, включаючи розрахунки, аргументовані відповіді на поставлені запитання (можлива невелика кількість неточностей), вміння застосовувати теоретичні положення під час розв'язання практичних задач;

- 79–71 бал – оцінка С («добре») виставляється за загалом правильне розуміння навчального матеріалу модуля, включаючи розрахунки, аргументовані відповіді на поставлені запитання, які, однак, містять певні (неістотні) недоліки, за вміння застосовувати теоретичні положення під час розв'язання практичних задач;

- 70–61 бал – оцінка D («посередньо») виставляється за посередні знання навчального матеріалу модуля, мало аргументовані відповіді, слабке застосування теоретичних положень під час розв'язання практичних задач;

- 60–50 балів – оцінка E («задовільно») виставляється за слабкі знання навчального матеріалу модуля, неточні або мало аргументовані відповіді, з порушенням послідовності викладення, за слабке застосування теоретичних положень під час розв'язання практичних задач;

- 49–0 балів – оцінка F виставляється за незнання значної частини навчального матеріалу, істотні помилки у відповідях на запитання, невміння орієнтуватися під час розв'язання практичних задач, незнання основних фундаментальних положень. Методика розподілу та нарахування балів здобувачам вищої освіти регламентована

8. Список базової літератури

1. Degradation Assessment and Failure Prevention of Pipeline Systems. Lecture Notes in Civil Engineering In: Bolzon G., Gabetta G., Nykyforchyn H. (eds), vol. 102. Springer, Cham. 2021. P. 203216. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58073-5_16.

2. Grzegorz Lesiuk, Jose A. F. O. Correia, Halyna V. Krechkovska, Grzegorz Pekalski, Abilio M. P. de Jesus, Oleksandra Student. Degradation Theory of Long Term Operated Materials and Structures ISBN 978-3-030-43709-1, ISBN 978-3-030-43710-7 (eBook). Springer Nature Switzerland AG, Gew'erbestrasse 11, 6330 Cham. Switzerland <https://doi.org/10.1007/978-3-030-43710-7>.

3. Datsyshyn O.P., Panasyuk V.V. Structural integrity assessment of engineering components under cyclic contact. Cham, Switzerland. Springer Nature Switzerland AG, 2020. 326 p. ISBN 978-3-030-23068-5. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-23069-2>.

4. Дмитрах І. М., Сиротюк А. М., Лещак Р. Л. Руйнування та міцність трубних сталей у водневовмісних середовищах. ФМІ НАН України. Л. ПРОСТІР-М, 2020. 222 с. 100. ISBN 978-617-7746-67-5.

5. Наука про матеріали: досягнення та перспективи. У 2-х т. НЗ4 Т. 2 / Редкол.: Л. М. Лобанов (голова) та ін.; НАН України. Київ: Академперіодика, 2018. 652 с., 12 с. іл. Ум. друк. арк. 32,18. ISBN 978-966-360-369-8. ISBN 978-966-360-370-4 (Т. 1). ISBN 978-966-360-371-1 (Т. 2). УДК 620.22+669.01+621.791+620.19. Розділ 4. Фізико-хімічна механіка та міцність матеріалів.

6. Технічна діагностика матеріалів і конструкцій : довід. пос. під заг. ред. Назарчука З. Т. Т. 1: Є. І. Крижанівський, О. П. Остап, Г. М. Никифорчин, О. З. Студент, П. В. Ясній. Експлуатаційна деградація конструкційних матеріалів. Львів : Простір-М, 2016. 360 с.

7. Романів О. М., Зима Ю. В., Карпенко Г. В. Електронна фрактографія зміцнених сталей. К.: Наук. думка, 1974. 208 с

8. Назарчук З. Т., Неклюдов І. М., Скальський В. Р. Метод акустичної емісії в діагностуванні корпусів реакторів атомних електростанцій. НАН України, Нац. наук. центр "Харківський фізико-технічний інститут", ФМІ ім. Г. В. Карпенка НАН України. – К. : Наук. думка, 2016. – 306 с.

9. Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях / за ред. В. В. Скорохода, Ю. М. Солоніна. К.: «КІМ», 2015. 294 с. Розділ 3: Дмитрах І. М., Стащук М. Г., Сиротюк А. М., Білий О. Л., Дорош М. І. Критерій міцності та працездатності конструкційних сталей у водневому середовищі із врахуванням їх наводнювання біля дефектів концентраторів напружень. С. 239–245.

10. Дацишин О.П., Панасюк В.В. Оцінювання контактної довговічності елементів конструкцій під час їх циклічного навантаження [Електронний ресурс]: Довідниковий посібник, ФМІ НАНУ, Л.: МС, 2015. 310 с.

11. Механіка руйнування та міцність матеріалів: Довідн. пос. Під заг. ред. В. В. Панасюка. Т. 11: Міцність і довговічність нафтогазових трубопроводів і

резервуарів. Г. М. Никифорчин, С. Г. Поляков, В. А. Черватюк та ін. Під ред. Г. М. Никифорчина. Л.: Сполом, 2009. 504 с.

12. Механіка руйнування та міцність матеріалів: довідн. посібник. Під заг. ред. В. В. Панасюка. Том 13: Працездатність матеріалів і елементів конструкцій з гострокінцевими концентраторами напружень. І. М. Дмитрах, Л. Тот, О. Л. Білий, А. М. Сиротюк. Л.: “Сполом”, 2012. 316 с.

13. Механіка руйнування та міцність матеріалів: довідн. пос. Під заг. ред. акад. НАН України В. В. Панасюка. Т. 15: Осташ О. П. Структура матеріалів і втомна довговічність елементів конструкцій. Л.: Сполом, 2015. 312 с.

14. Іваницький Я. Л., Кунь П. С. Тріщиностійкість конструкційних матеріалів за складного навантаження. Л.: Сполом, 2013. 280 с.

15. Похмурський В.І., Федоров В.В. Вплив водню на дифузійні процеси в металах. Л.: ФМІ НАНУ, 1998. 207 с.

16. Крижанівський Є.І., Никифорчин Г.М. Корозійно-воднева деградація нафтових і газових трубопроводів та її запобігання: Науково-технічний посібник. Під ред. В.В. Панасюка. У 3-х томах. Т. 1: Основи оцінювання деградації трубопроводів. Івано-Франківськ: Івано-Франківський нац. техн. ун-т нафти і газу, 2011. 457 с.

17. Крижанівський Є.І., Никифорчин Г.М. Корозійно-воднева деградація нафтових і газових трубопроводів та її запобігання: Науково-технічний посібник. Під ред. В.В. Панасюка. У 3-х т. – Т. 2: Деградація нафтопроводів та резервуарів і її запобігання. Івано-Франківськ: Івано-Франківський нац. техн. ун-т нафти і газу, 2011. 447 с.

ПОГОДЖЕНО

Завідувачка випускової кафедри

Проф. д.т.н.

Оксана ГЕМБАРА