

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Кафедра теплотехніки та енергоефективних технологій  
( назва кафедри)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Голова Вченої ради ННІ  
Енергетики, електроніки  
та електромеханіки

«21»\_вересня 2021 року



**Р. ТОМАШЕВСЬКИЙ**

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Парові котли ТЕС та їхні сучасні науково-практичні проблеми  
( назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти третій (доктор філософії)

галузь знань 14 Електрична інженерія

спеціальність 144 Теплоенергетика

освітньо-наукова програма Теплоенергетика

вид дисципліни професійна підготовка  
(загальна підготовка / професійна підготовка)

форма навчання денна / заочна  
(денна / заочна)

Харків – 2021 рік

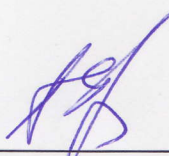
## ЛИСТ ЗАТВЕРДЖЕННЯ

Робоча програма з навчальної дисципліни

Парові котли ТЕС та їхні сучасні науково-практичні проблеми

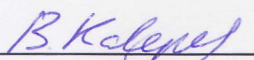
Розробники:

Завідувач кафедри  
парогенераторобудування

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

О.ЄФІМОВ

Доцент кафедри  
парогенераторобудування

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

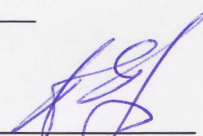
В.КАВЕРЦЕВ

Робоча програма розглянута та затверджена на засіданні кафедри

Парогенераторобудування

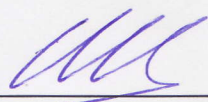
Протокол від «30» \_\_\_\_\_ серпня 2021 року, № 1

Завідувач кафедри

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)


О. ЄФІМОВ

Завідувач аспірантури

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

В. ШТЕФАН

Гарант ОНП

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

А. ГАНЖА

## ЛИСТ ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕННЯ РОБОЧОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ

Дата засідання кафедри – розробника РПНД	Номер протоколу	Підпис завідувача кафедри	Підпис голови Вченої ради інституту/факультету

**МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ, РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ  
ТА СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ВИВЧЕННЯ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Мета дисципліни:

Сформувати у слухачів загальні та спеціальні поняття про підходи та методи щодо підвищення рівня надійності роботи котельних агрегатів ТЕС на стадії їх проектування та експлуатації

Програмні компетентності:

К-02, К-05, К-07, К-08, К-09, К-10, К-11, СК-01, СК-04, СК-06

Програмні результати навчання:

ПР-07, ПР-08, ПР-09, ПР-10, ПР-11, ПР-12, ПР-14, ПР-15, ПР-16, ПР-17, ПР-18

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Попередні дисципліни:	Наступні дисципліни:

## ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(розподіл навчального часу за семестрами та видами навчальних занять)

Семестр	Загальний обсяг (годин) / кредитів ECTS	З них		За видами аудиторних занять (годин)			Індивідуальні завдання студентів (КП, КР, РГ, Р, РЕ)	Поточний контроль	Семестровий контроль	
		Аудиторні заняття (годин)	Самостійна робота (годин)	Лекції	Лабораторні заняття	Практичні заняття, семінари			Контрольні роботи (кількість робіт)	Залік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>4</b>	<b>120/4</b>	<b>40</b>	<b>80</b>	<b>30</b>		<b>10</b>				<b>+</b>

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до загального обсягу складає **33 %**:



## СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п.	Види навчальних занять (Л, ЛЗ, ПЗ, СР)	Кількість годин	Номер семестру (якщо дисципліна викладається у декількох семестрах). Назви змістових модулів. Найменування тем та питань кожного заняття. Завдання на самостійну роботу.	Рекомендована література (базова, допоміжна)
1	2	3	4	6
1	Л  СР	8  20	<p><u>Тема 1.</u> Сучасні парові котельні агрегати ТЕС та перспективи подальшого удосконалення їх конструкцій.</p> <p>Сучасний стан та перспективи розвитку ТЕС в Україні. Сучасні котельні агрегати ТЕС . Особистості їх конструкцій. Сучасні проблеми що пов'язані з їх використанням. Мультипаливні котельні агрегати особистості їх конструкцій та перспективи їх використання в енергетиці України</p> <p>Сучасні методи та засоби реконструкцій котельних агрегатів ТЕС після вироблення їх ресурсу. Основні методичні положення розрахунків та оптимізації параметрів котельних агрегатів ТЕС методами математичного моделювання</p>	1-8
2	Л  СР  ПЗ	8  20  4	<p><u>Тема 2.</u> Вплив негативних факторів що мають місце при експлуатації котельних агрегатів ТЕС на їх стан та ресурс роботи</p> <p>Вплив температурних залежностей теплофізичних характеристик матеріалу стінки барабана котла енергоблоку ТЕС на ресурс його експлуатації. Вплив температурних залежностей на технічний стан основного та допоміжного обладнання енергоблоку ТЕС та ресурс експлуатації. Вплив розвитку корозійного розтріскування елементів котельних агрегатів ТЕС на їх стан та ресурс експлуатації</p> <p>Вплив реалізації технічних рішень пов'язаних з переведенням експлуатації котельних агрегатів ТЕС на інший вид палива на основні показники надійності роботи основного та допоміжного обладнання енергоблоку</p> <p>Оцінка працездатності і ресурсу металу обладнання котельних агрегатів ТЕС з урахуванням усіх можливих негативних впливів на їх стан після тривалої експлуатації</p>	1-8
3	Л	6	<p><u>Тема 3.</u> Використання методів математичного моделювання пов'язаних з постановкою та вирішенням задач підвищення надійності роботи котельних агрегатів ТЕС, які враховують можливість руйнування їх елементів</p> <p>Математична постановка і чисельне рішення задач, що враховують можливе руйнування основних та допоміжних конструкцій котельних агрегатів ТЕС в процесі їх експлуатації. Математична модель розвитку зростання тріщин в елементах конструкцій котельних агрегатів ТЕС в</p>	1-8

	CP	20	наслідок впливу на них корозійного процесу Чисельні вирішення задач підвищення ресурсу роботи основного та допоміжного обладнання котельних агрегатів ТЕС, що враховують можливе руйнування та деформованих їх вузлів в процесі їх експлуатації	
	ПЗ	3	Використання чисельних методів у вирішенні практичних задач, пов'язаних з руйнуванням вузлів і конструкцій котельних агрегатів ТЕС з урахуванням теорії повзучості	
4	Л	8	<u>Тема 4.</u> Сучасні методи та підходи щодо підвищення рівня надійності роботи енергоблоків ТЕС Реконструкція та модернізація котельних агрегатів ТЕС. Сучасні напрями підвищення надійності та ефективності роботи котельних агрегатів енергоблоків ТЭС України. Ідентифікація математичних моделей обладнання котельних агрегатів ТЕС в процесі параметричної діагностики. Методики розрахунків залишкового ресурсу елементів котлів ТЕС за критерієм корозійного потоншення	1-8
	CP	20	Застосування методів інтервального статистики для проведення діагностики параметрів стану котельних агрегатів ТЕС. Побудова чисельних рішень задач, пов'язаних з можливим руйнуванням конструкцій котельних агрегатів ТЕС на основі теорії повзучості	
	ПЗ	3	Розгляд методів диференційного підходу, що до вирішення задач подовження ресурсу котельних агрегатів ТЕС та його окремих елементів із застосуванням багаторівневої структурної моделі	
<b>Разом</b>		<b>120</b>		

#### Примітки

1. Номер семестру вказують, якщо дисципліна викладається у декількох семестрах.
2. У показнику «Разом (годин)» кількість годин буде відрізнятися від загальної кількості аудиторних годин на кількість годин, що відведена на вивчення тем та питань, які вивчаються студентом самостійно (п. 3 додатку 8).
3. У графі 5 вказується номер відповідно до Додатку 14.

## САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва видів самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу	8
2	Підготовка до практичних(лабораторних, семінарських) занять	10
3	Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях	30
4	Виконання індивідуального завдання:	32
5	Інші види самостійної роботи	-
	Разом	80



## ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

### Реферат

(вид індивідуального завдання)

№ з/п	Назва індивідуального завдання та (або) його розділів	Терміни виконання (на якому тижні)
1	Сучасні напрямки підвищення рівня надійності роботи котельних агрегатів енергоблоків ТЕС: чисельно-аналітичні розв'язки в задачах повзучості елементів котельних агрегатів ТЕС; оптимізація регулювання температури пара в пускових режимах роботи котельного агрегату ТЕС: забезпечення високої надійності обладнання ТЕС в умовах регулювання електричного навантаження; розгляд та використання різних підходів та методик, що до оптимізації параметрів роботи котельних агрегатів ТЕС; розрахункова оцінка ефективності технологічних зв'язків з допоміжним обладнанням котельних агрегатів енергоблоків ТЕС за параметрами їх стану; розрахунки на міцність конструкції котельного агрегату ТЕС та визначення ресурсу його експлуатації; засоби прогнозування корозійного розтріскування елементів котельних агрегатів ТЕС	28

## МЕТОДИ НАВЧАННЯ

*Лекція* – інформативно-доказовий виклад великого за обсягом, складного за логічною побудовою навчального матеріалу.

Метод лекції передбачає ознайомлення аспірантів з її планом, що допомагає стежити за послідовністю викладу матеріалу. Важливо навчити аспірантів конспектувати зміст лекції, виділяючи в ній головне. Це розвиває пам'ять, сприйняття, волю, вміння слухати, увагу, культуру мови.

При проведенні лекційних занять *методи готових знань* (коли аспіранти пасивно сприймають подану викладачем інформацію, запам'ятовують, а в разі необхідності відтворюють її) поєднуються з *дослідницьким методом* (який передбачає активну самостійну роботу аспірантів при засвоєнні знань: аналіз явищ, формулювання проблеми, висунення і перевірка гіпотез, самостійне формулювання висновків).

На початковому етапі вивчення нової інформації на лекціях переважає *пояснювально-ілюстративний* (інформаційно-рецептивний) метод, при якому викладач організує сприймання та усвідомлення аспірантами інформації, а учні здійснюють сприймання, осмислення і запам'ятовування її.

На певному етапі, коли викладач відчуває готовність аспірантів до інших методів навчально-пізнавальної діяльності, використовуються більш прогресивні методи:

- *репродуктивний*: викладач дає завдання, у процесі виконання якого аспіранти здобувають уміння застосовувати знання за зразком;
- *проблемного виконання*: викладач формулює проблему і вирішує її, аспіранти стежать за ходом творчого пошуку (аспірантам подається своєрідний еталон творчого мислення);
- *частково-пошуковий* (евристичний): викладач формулює проблему, поетапне вирішення якої здійснюють аспіранти під його керівництвом (при цьому відбувається поєднання репродуктивної та творчої діяльності аспірантів);
- *дослідницький*: викладач ставить перед аспірантами проблему, і аспіранти вирішують її самостійно, висувуючи ідеї, перевіряючи їх, підбираючи для цього необхідні джерела інформації.

У викладанні лекційного матеріалу переважає *пояснювальний метод*, при якому викладач не тільки повідомляє певні факти, але й пояснює їх, домагаючись осмислення, засвоєння аспірантами.

При наявності наочного матеріалу за темою лекції (відеофільми, презентації, зразки виробів, лабораторні дослідницькі установки) використовується *інструктивно-практичний метод* викладання, при якому викладач інструктує учнів не тільки словесними, але й наочними або практичними способами, як виконувати певні практичні дії.

На відміну від лекційних занять, виконання індивідуального завдання потребує від аспіранта декого інших навичок, тому для нього використовується *спонукальний метод навчання*, коли викладач ставить перед аспірантами проблемні питання і завдання, організовуючи їх самостійну діяльність. Студенти при цьому, у свою чергу, самостійно здобувають і засвоюють нові знання в основному без допомоги викладача.

## МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Поточний контроль реалізується у формі опитування, проведення контрольної роботи, виконання індивідуального завдання.

Контроль складової робочої програми, яка освоюється під час самостійної роботи аспіранта, проводиться:

- з лекційного матеріалу – шляхом перевірки конспектів, виступу на заняттях;

- з індивідуальних завдань – шляхом оцінювання реферату та виступу на конференції за обраною темою.

Семестровий контроль проводиться у формі диференційованого заліку (з оцінкою за 100-бальною шкалою) в обсязі навчального матеріалу, визначеного навчальною програмою та у терміни, встановлені навчальним планом та графіком навчального процесу.

Семестровий контроль проводиться в усній формі за контрольними завданнями або шляхом тестування з використанням технічних засобів.

Результати поточного контролю (поточна успішність) можуть враховуватись як допоміжна інформація для виставлення підсумкової оцінки.

## РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ АСПІРАНТИ, ТА ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ТА УМІНЬ (НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS)

Таблиця 1. Розподіл балів для оцінювання поточної успішності аспіранта

Поточне тестування та самостійна робота					Сума
Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4	Індивідуальне завдання	
10	20	20	30	20	100

Таблиця 2. Шкала оцінювання знань та умінь: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 ... 100	A	відмінно
82 ... 89	B	добре
74 ... 81	C	
64 ... 73	D	
60 ... 63	E	задовільно
35 ... 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0 ... 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## **НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

(надається перелік складових навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни та посилання на сайт, де вони розташовані)

Складові навчально-методичного забезпечення  
навчальної дисципліни розташовані на сайті:

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Базова література

1	Сучасні рішення по реконструкції газовідвідних трактів конвертерів, що працюють на металургійних підприємствах в Україні /О.І. Жидецький, О.В. Єфімов, В.Л. Каверцев Вісник НТУ «ХП». Серія:Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – 2021 р. – № 1(5). –С. 20-23
2	Zeigler В.В. Theory of Modeling and Simulation / В.В. Zeigler, Н. Praehofer, Т. G. Kim. – Academic Press, 2000. – 510 р.
3	Побудування моделі для розрахунку водо-водяного теплообмінника у складі мутьтипаливного котельного агрегату/ В.Л. Каверцев, В.О.Дягілев/ Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування, № 2стр. 33-37 2019р.
4	Удосконалення моделі теплогідралічного розрахунку мультіпаливного котельного агрегату/ Каверцев В.Л., Дягілев В.О./ ВісникНТУ «ХП», Серія:Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування, No 13(1289), Харків 2018р.С. 50-56.
5	Mertens N. Comparative investigation of drum-type and once-through heat recovery steam generator during startup / N. Mertens, F. Alobaid, R. Starkloff, B. Epple, H.-G. Kim // Applied Energy. – 2015. – Vol. 144. – P. 250–260. – ISSN 0306-2619. – doi: 10.1016/j.apenergy.2015.01.065
6	Wang X. Real-time temperature field reconstruction of boiler drum based on fuzzy adaptive Kalman filter and order reduction / X. Wang, G. Wang, H. Chen, L. Zhang // International Journal of Thermal Sciences. – 2017. – Vol. 113. – P. 145–153. – ISSN 1290-0729. – doi: 10.1016/j.ijthermalsci.2016.11.017.
7	Taler J. Optimization of the boiler start-up taking into account thermal stresses / J. Taler, P. Dzierwa, D. Taler, P. Harchut // Energy. – 2015. – Vol. 92, Part 1. – P. 160–170. – ISSN 0360-5442. – doi: 10.1016/j.energy.2015.03.095
8	Hoffman J. D. Numerical Methods for Engineers and Scientists / J. D. Hoffman, S. Frankel. – New YorkBasel: Marcel Dekker, Inc., 2001. – 825 p.

## Допоміжна література

9	Єфімов О.В. Вплив температурних залежностей теплофізичних характеристик матеріалу на нестационарну теплопровідність в стінці барабану парового котла / О.В. Єфімов, Ю.В. Ромашов, В.Л. Каверцев // Вісник НТУ «ХП». Серія: «Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування». – Харків: НТУ «ХП». 2018. – № 12. – С.28-31. <a href="http://vestnik.kpi.kharkov.ua">http://vestnik.kpi.kharkov.ua</a>
10	Монтгомери Д.К. Планирование эксперимента и анализ данных / Д.К. Монтгомери. – Л.: Судостроение, 1980. – 383 с. 3. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке / Н. Джонсон, Ф. Лион. – М.: Мир, 1981. – 516 с
11	Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке / Н. Джонсон, Ф. Лион. – М.: Мир, 1981. – 516 с.
12	Holman J. P. Heat transfer / J. P. Holman. – New York: McGraw-Hill Companies, Inc., 2010. – 758 p. – ISBN 978-0-07-352936-3.
13	Tannehill J. C. Computational fluid mechanics and heat transfer / J. C. Tannehill, D. A. Anderson, R. H. Pletcher. – Washington, DC: Taylor & Francis, 1997. – 792 p.
14	Fletcher C. A. J. Computational techniques for fluid dynamics 1 Fundamental and General Techniques / C. A. J. Fletcher. – Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 1988, 1991. – 404 p.
15	Butcher J. C. A history of Runge-Kutta methods / J. C. Butcher // Applied numerical mathematics. – 1996. – Vol. 20. – P. 247–260.

## ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

1. Бібліотека НТУ «ХП» [library.kpi.kharkov.ua](http://library.kpi.kharkov.ua)
2. Національний портал з енергозбереження [patriot-nrg.ua](http://patriot-nrg.ua)
3. Сайт Держенергоефективності [sae.gov.ua](http://sae.gov.ua)
4. Сайт Інституту енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» [iee.kpi.ua](http://iee.kpi.ua)