Національна академія наук України

Інститут енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Заступник директора

“ 25 ” 09 2025 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Когенераційні установки

(назва навчальної дисципліни)

Підготовки докторів філософії

зі спеціальності G4 Енерговиробництво (спеціалізація G4.02 Теплоенергетика)

2025 / 2026 навчальний рік

Робочу програму навчальної дисципліни «Когенераційні установки» складено відповідно до освітньо-наукової програми «Теплоенергетика» підготовки здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за спеціальністю G4 Енерговиробництво (спеціалізація G4.02 Теплоенергетика).

Розробники: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)
Кузнецов Михайло Олександрович, канд. техн. наук, старший науковий співробітник відділу моделювання та ідентифікації теплових процесів в енерготехнологічному обладнанні ІЕМС НАН України

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою інституту 25 вересня 2025 року, протокол № 9.

Програму схвалено на розширеному засіданні відділу моделювання та ідентифікації теплових процесів в енерготехнологічному обладнанні.

Протокол № 4 від 22.09.2025 р.

В. о. завідувача відділу

_____ Орлова Н. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-технічною проблемною радою «Енергомашинобудування. Теплова та відновлювальна енергетика. Екологія».

Протокол № 6 від 25.09.2025 р.

Заступник голови НТПР

_____ Костіков А. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є формування теоретичних знань принципів роботи когенераційних установок, їх видів, схем та режимів роботи, набуття практичних навичок для аналізу та розрахунку термодинамічних та тепломасообмінних параметрів когенераційних установок різних видів, оволодіння способами модернізації діючих котелень у міні-ТЕЦ та умінням зробити обґрунтований вибір ефективного типу когенераційних установок для об'єктів різного призначення.

Перелік компетентностей та програмних результатів навчання, що забезпечує дисципліна

Компетентності

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК3. Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері теплоенергетики на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

ФК1. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукові результати, які створюють нові знання у сфері теплоенергетики та дотичних до неї міждисциплінарних напрямах.

ФК2. Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською та англійською мовами, глибоке розуміння англомовних наукових текстів за напрямом досліджень з теплоенергетики.

ФК4. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у сфері теплоенергетики, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

ФК5. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в теплоенергетиці та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації.

ФК6. Здатність розробляти математичні моделі, що адекватно описують теплофізичні та термодинамічні процеси в досліджуваних об'єктах.

ФК7. Здатність застосовувати сучасні методи і програмні засоби для розв'язання задач тепломасообміну і термодинаміки в об'єктах отримання, перетворення та споживання теплової енергії.

ФК8. Здатність проводити обчислювальні експерименти з обробкою розрахункових даних, аналізувати та інтерпретувати теплофізичні дані, які отримано розрахунковим та/або експериментальним шляхом.

Програмні результати навчання

ПРН1. Мати передові концептуальні та методологічні знання з теплоенергетики і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з теплоенергетики, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

ПРН2. Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми теплоенергетики державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.

ПРН4. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у теплоенергетиці та дотичних міждисциплінарних напрямах.

ПРН5. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з теплоенергетики та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН6. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв’язувати значущі наукові та технологічні проблеми теплоенергетики з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

ПРН7. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

ПРН9. Ефективно використовувати сучасні програмні засоби для моделювання, ідентифікації і оптимізації тривимірних нелінійних теплофізичних процесів в об’єктах отримання, перетворення і споживання енергії.

Характеристика навчальної дисципліни

Вибіркова освітня компонента	
Кількість кредитів	3
Рік підготовки	2-й
Семестр	2-й
Загальна кількість годин	90
Лекції	24 год.
Практичні, семінарські заняття	6 год.
Індивідуальні заняття	__ год.
Самостійна робота	60 год.
Вид підсумкового контролю	залік

2. Зв'язок з іншими освітніми компонентами

Освітні компоненти, що передують вивченню:
ОК5 Термодинаміка енергетичних систем
ОК6 Тепломасообмін в енергетичному обладнанні
ОК7 Сучасні засоби комп'ютерного моделювання в енергетиці
Освітні компоненти, які розвивають результати навчання за цією дисципліною:
немає

3. Заплановані результати навчання

Після вивчення курсу аспіранти повинні:

Знати: теоретичні основи когенераційних технологій та їх місце в сучасній енергетиці; види та схеми когенераційних установок (паротурбінні, газотурбінні, парогазові, газопоршневі, абсорбційні тощо), принципи їх роботи, основні конструктивні особливості та характеристики; термодинамічні, теплотехнічні та електротехнічні процеси, що відбуваються в когенераційних системах; показники енергетичної, економічної та екологічної ефективності когенераційних установок; сучасні тенденції розвитку когенераційних технологій та їх роль у підвищенні енергоефективності й декарбонізації.

Вміти: аналізувати режими роботи когенераційних установок та оцінювати їх техніко-економічну доцільність; виконувати розрахунки енергетичних, теплових і паливних характеристик когенераційних систем; обґрунтовувати вибір типу та параметрів когенераційної установки для конкретних умов споживання; оцінювати вплив когенераційних установок на надійність, ефективність та екологічні показники енергопостачання; використовувати сучасні методи моделювання та аналізу

когенераційних систем у наукових дослідженнях; формулювати та аргументувати наукові висновки щодо оптимізації й удосконалення когенераційних технологій.

Розуміти: взаємозв'язок між виробництвом електричної та теплової енергії в когенераційних процесах; переваги й обмеження когенерації порівняно з роздільним виробництвом енергії; роль когенераційних установок у розвитку розподіленої генерації та сталих енергетичних систем; наукові та інженерні проблеми, пов'язані з підвищенням ефективності, надійності та екологічної безпеки когенераційних установок.

4. Тематичний план навчальної дисципліни

Тема 1. Паротурбінні когенераційні установки

Основи та сутність процесу когенерації. Енергетичні та економічні переваги когенерації. Когенераційні установки із виробленням електроенергії паровими турбінами малої потужності. Принцип роботи та схеми паротурбінних міні-ТЕЦ. Зіставлення оборотного та дійсного циклів Ренкіна. Переваги та недоліки паротурбінних міні-ТЕЦ.

Тема 2. Газотурбінні та парогазові когенераційні установки

Утилізація теплоти газів від газотурбіної установки. Принцип роботи та схеми газотурбінних міні-ТЕЦ. Переваги та недоліки газотурбінних міні-ТЕЦ. Термодинамічні цикли газових турбін. Визначення ефективності газової турбоустановки. Парогазові когенераційні установки (комбінованого циклу). Принцип роботи та схеми парогазових міні-ТЕЦ. Термодинамічні цикли парогазових когенераційних установок. Переваги та недоліки парогазових міні-ТЕЦ.

Тема 3. Газопоршневі когенераційні установки

Утилізація теплоти вихлопних газів газопоршневого двигуна. Принцип роботи та схеми газопоршневих міні-ТЕЦ. Переваги та недоліки газопоршневих міні-ТЕЦ. Принцип роботи газопоршневих двигунів внутрішнього згоряння. Конструкції, характеристики та термодинамічні цикли газопоршневих двигунів. Порівняння газопоршневих та газотурбінних установок за загальними техніко-економічними показниками.

Тема 4. Когенераційні установки на базі абсорбційних термотрансформаторів

Схеми та принцип дії абсорбційних термотрансформаторів. Схемні рішення когенераційних установок на базі абсорбційних термотрансформаторів. Основні елементи абсорбційної установки та їх призначення і принцип дії. Цикл абсорбційного термотрансформатора в h,ξ-діаграмі. Основні показники енергоефективності абсорбційних термотрансформаторів. Когенераційна система утилізації скидної теплоти промпідприємств у складі паротурбінної установки та абсорбційної теплонасосної установки. Принцип роботи та схема. Розрахунок основних термодинамічних та ексергетичних характеристик.

5. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин						
	усього	у тому числі					
		лекції	практ.	лаб.	сем.	інд.	с.р.
Тема 1. ***Паротурбінні когенераційні установки***	22	8	2				12
Тема 2. ***Газотурбінні та парогазові когенераційні установки***	24	6	2				16
Тема 3. ***Газопоршневі когенераційні установки***	22	6	2				14
Тема 4. ***Когенераційні установки на базі абсорбційних термотрансформаторів***	22	4					18
Усього годин	90	24	6				60

6. Самостійна робота

Метою самостійної роботи є навчитися користуватися навчально-методичними матеріалами, бібліотечними фондами, базами даних наукової літератури і інформаційними джерелами і іншими інформаційними джерелами, складати конспекти, аналізувати матеріал, порівнювати різні наукові концепції та робити висновки. Види самостійної роботи студента: опрацювання лекційного матеріалу; опрацювання тем курсу, які виносяться на самостійне вивчення; виконання завдань для самостійної роботи, відвідування консультацій; підготовка до підсумкового контролю.

Теми для самостійного вивчення

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Обладнання паротурбінних міні-ТЕЦ. Принцип роботи електрогенераторів, конденсаторів, живильних насосів	2
2	Види, принцип роботи та влаштування парогенераторів	2
3	Характеристики парових турбін малої потужності	2
4	Побудова циклів газотурбіних установок у діаграмах	4
5	Тепловий розрахунок основних параметрів камери згоряння газотурбіної установки	6
6	Модернізація діючих котельних в міні-ТЕЦ шляхом включення газотурбінної установки в цикл роботи парогенератора	4
7	Розрахунок теплообміну в топці котла при подачі відпрацьованих газів від газотурбінного агрегату	6
8	Розрахунок основних термодинамічних характеристик парогазових когенераційних установок. Побудова їх циклів у діаграмах	6
9	Побудова циклів газопоршневих установок у діаграмах	4
10	Обладнання для утилізації теплоти скидних газів з газопоршневих і газотурбінних агрегатів	2
11	Вибір та теплотехнічний розрахунок котлів-утилізаторів	4
12	Розрахунок основних термодинамічних та ексергетичних характеристик абсорбційних термотрансформаторів	6
13	Термоелектричні когенераційні системи із сонячними колекторами. Область застосування та схемні рішення	4
14	Фотоелектричні елементи. Термоелектричні генератори. Ефект Зеєбека	4
15	Шляхи підвищення ефективності утилізації скидної теплоти промпідприємств за допомогою термоелектричних генераторів	4
	Разом	60

Завдання для самостійної роботи

1. Визначити параметри стану пари за турбіною і підрахувати внутрішній ККД установки, якщо $P_1 = 11$ МПа, $t_1 = 550$ °С, $P_2 = 40$ гПа і внутрішній відносний ККД $\eta_{oi} = 0{,}85$. Роботу насоса не враховувати.

2. Обчислити значення внутрішнього відносного ККД парової турбіни, якщо стан пари перед турбіною відповідає тиску $P_1 = 13$ МПа та температурі $t_1 = 565$ °С. Тиск у конденсаторі 4 кПа. Внутрішні втрати внаслідок незворотності процесу розширення становлять 225 кДж/кг.

3. Паротурбінна установка працює при параметрах пари перед турбіною $P_1 = 9$ МПа та $t_1 = 535$ °С. Побудувати криву залежності η_t циклу від тиску в конденсаторі P_2, який прийняти рівним 20, 40, 80 гПа. Роботу насоса не враховувати.

4. Визначити внутрішній відносний ККД парової турбіни, якщо внутрішні втрати внаслідок незворотності процесу розширення пари в турбіні 140 кДж/кг. Стан пари перед турбіною $P_1 = 10$ МПа, $t_1 = 500$ °С, тиск у конденсаторі $P_2 = 40$ гПа.

5. Потужність паротурбінної установки $N = 50$ МВт. Визначити питому витрату палива b і питому витрату теплоти q на 1 МДж виробленої електроенергії, а також годинну витрату палива B, якщо пара на вході в турбіну має параметри: $P_1 = 4$ МПа, $t_1 = 450$ °С, тиск в конденсаторі $P_2 = 40$ гПа. Відомі ККД $\eta_{oi} = 0{,}79$, $\eta_м = 0{,}96$, $\eta_г = 0{,}98$, $\eta_{пг} = 0{,}88$. Теплота згоряння палива $Q^р_н = 15$ МДж/кг.

6. Визначити параметри точок, кількість підведеної і відведеної теплоти, ККД, роботу циклу і потужність при витраті повітря 5 кг/с термічного циклу ГТУ з підведенням теплоти при постійному тиску, якщо $P_1 = 0{,}93$ бар, $t_1 = 27$ °С, $v_3/v_2 = 3$, $P_2/P_1 = 4$, робоче тіло – сухе повітря, теплоємності c_p і c_v прийняти постійними.

7. Визначити відносний ефективний і внутрішній ККД газової турбіни, якщо ефективна потужність турбіни $N_е = 700$ кВт, витрата газу $G_г = 28{,}5$ кг/с, теплоперепад в турбіні $H_0 = 295$ кДж/кг і використаний теплоперепад $H_i = 253$ кДж/кг.

8. Газотурбінна установка працює за циклом з ізобарним підведенням теплоти при ступені підвищення тиску $\lambda = 7$ і ступені попереднього розширення $\rho = 2{,}8$. Початковий стан повітря характеризується тиском $P_1 = 0{,}8$ МПа та температурою $t_1 = –12$ °С. Процеси стиснення та розширення можуть здійснюватися по адіабаті чи політропі з показником $n = 1{,}3$. Розрахувати обидва ці цикли і побудувати їх на P,v- і T,s-діаграмах.

9. Температура повітря перед входом у газову турбіну 950 °С. Початковий тиск повітря $P_1 = 0{,}1$ МПа, ступінь підвищення тиску $\lambda = 7$; ступінь попереднього розширення $\rho = 2{,}2$. Розрахувати цикл ГТУ із ізобарним підведенням теплоти без регенерації.

10. Для циклу газової турбіни з ізобарним підведенням теплоти побудувати криві залежності термічного ККД від ступеня підвищення тиску при значеннях $\lambda = 2, 4, 8$ і 10 для двох випадків: при роботі турбіни без регенерації та при роботі з повною регенерацією.

11. Визначити ступінь стиснення та термічний ККД циклу із ізохорним підведенням теплоти за наступних даних: $t_1 = 60$ °С, $t_2 = 270$ °С та показник адіабати $k = 1{,}4$.

12. Знайти найбільший допустимий ступінь стиснення в циклі із ізохорним підведенням теплоти, якщо відомо. що $P_1 = 90$ кПа, $t_1 = 80$ °С, показник адіабати стиснення $k = 1{,}3$ та температура самозаймання горючої суміші $t = 400$ °С.

13. Визначити параметри точок циклу ДВЗ із підведенням теплоти при постійному об’ємі, якщо відомо, що $P_1 = 0{,}78$ бар, $t_1 = 87$ °С, ступінь стиснення $\varepsilon = 7{,}0$ і ступінь підвищення тиску $\lambda = 3{,}2$, робочим тілом є 1 кг сухого повітря, показник адіабати $k = 1{,}4$.

14. Для циклу ДВЗ з підведенням теплоти при $P = \text{const}$ визначити корисну роботу, віднесену до 1 кг робочого тіла, та термічний ККД, якщо $P_1 = 0{,}098$ Па, $t_1 = 50$ °С, ступінь стиснення $\varepsilon = 15$, показник адіабати $k = 1{,}4$, ступінь попереднього розширення $\rho = 1{,}8$.

15. Для циклу Дизеля, робоче тіло якого має властивості повітря, задані температури, що відповідають наступним точкам циклу: $t_1 = 30$ °С, $t_2 = 700$ °С, $t_4 = 280$ °С. Визначити термічний ККД та порівняти його з термічним ККД циклу Карно в тому ж інтервалі температур.

16. Визначити кратність циркуляції розчину у водоаміачній абсорбційній установці, якщо відомо, що температура випаровування холодоагенту становить $t_0 = –10$ °С, температура конденсації та абсорбції $t_к = t_а = 25$ °С, температура генерації $t_г = 150$ °С.

17. Розрахувати питому холодопродуктивність та питому витрату теплоти на вироблення холоду в абсорбційній водоаміачній установці, в якій температура генерації $t_г = 130$ °С, температура конденсації та абсорбції $t_к = t_а = 25$ °С, температура випаровування холодоагенту $t_0 = –10$ °С, ексергетичний ККД установки $\eta_е = 0{,}5$.

18. Розрахувати ексергетичний ККД водоаміачної абсорбційної установки, що працює в наступному режимі: температура випаровування холодоагенту $t_0 = –15$ °С, температура холодоносіїв на вході у випарник $t_{в1} = 1$ °С і на виході з нього $t_{в2} = –8$ °С, температура генерації $t_г = 100$ °С, температура конденсації $t_к = 20$ °С. Холодильний коефіцієнт установки $\varepsilon = 0{,}4$.

19. Визначити інтервал дегазації та можливість роботи одноступінчастої водоаміачної абсорбційної установки для наступних умов: температура випаровування холодоагенту $t_0 = -33$ °С, температура абсорбції $t_а = 20$ °С, температура конденсації $t_к = 30$ °С, температура генерації $t_г = 90$ °С.

20. Двоступінчаста водоаміачна абсорбційна установка має холодопродуктивність $Q_0 = 1000$ кВт. Температура випаровування холодоагенту $t_0 = -33$ °С, температура абсорбції $t_а = 25$ °С, температура генерації $t_г = 100$ °С. Мінімальні різниці температур у теплообмінниках розчину $\Delta t_{то} = 10$ °С, в охолоджувачі холодоагенту $\Delta t_{по} = 10$ °С. Температура парів на виході з дефлегматорів на 10 °С вище за температуру конденсації $t_к$. Визначити теплові навантаження апаратів, питому витрату енергії, холодильний коефіцієнт та ексергетичний ККД установки.

* за бажанням здобувача він може сам скласти перелік завдань для самостійної роботи, адаптувавши їх під своє наукове дослідження, за умови узгодження переліку і змісту завдань з викладачем і науковим керівником.

Індивідуальні завдання

1. Розрахунок та аналіз показників енергетичної та ексергетичної ефективності когенераційної системи утилізації скидної теплоти промпідприємства.
2. Розрахунок теплової схеми міні-ТЕЦ з протитисковою турбіною.
3. Енергетичний та ексергетичний аналіз газотурбінної установки.
4. Визначення режимних параметрів експлуатації та показників енергоефективності когенераційної парогазової установки.
5. Розрахунок геометричних та гідравлічних параметрів теплообмінника типу «труба в трубі» для утилізації теплоти газопоршневого двигуна з водяним охолодженням.

* за бажанням здобувача він може сам запропоновувати тему і зміст індивідуального завдання, виходячи із змісту навчальної дисципліни і тематики свого наукового дослідження, за умови узгодження їх з викладачем і науковим керівником.

7. Методи навчання

При викладанні дисципліни застосовуються словесні, наочні та практичні методи навчання. Словесні та наочні методи навчання використовуються під час лекцій, самостійної роботи, консультацій, практичні – при здійсненні студентами самостійної роботи. Під час проведення лекцій використовуються такі словесні методи як розповідь і пояснення. До числа наочних методів, які застосовуються при викладанні дисципліни, належать: ілюстрація, демонстрація, робота із програмними продуктами для розв'язання задач з розрахунку термодинамічних та тепломасообмінних процесів в когенераційних установках.

8. Методи контролю

Поточний контроль теоретичних знань, що отримані здобувачем вищої освіти ступеня доктора філософії здійснюється шляхом опитування та перевірки виконання завдань для самостійної роботи.

Підсумковий контроль проводиться у вигляді заліку.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота						Екзамен	Сума
Т1	Т2	Т3	Т4		Разом	–	100
25	25	25	25		100		

Т1, Т2 ... – теми розділів.

Критерії оцінювання

Бали поточного контролю за кожною темою складаються з оцінювання відповідей під час усного опитування щодо засвоєння лекційного матеріалу (1 – розуміння окремих положень, 2 – розуміння окремих методів виконання термодинамічних та тепломасообмінних розрахунків когенераційних установок, 3 – досконале засвоєння методів виконання термодинамічних та тепломасообмінних розрахунків когенераційних установок, 4 – вміння адаптувати засвоєні методи для розв'язання комплексних задач розрахунку циклів та конструкцій когенераційних установок), оцінювання ступені опрацювання матеріалу тем для самостійного вивчення (1 – часткове розуміння матеріалу, 2 – досконале розуміння матеріалу) та оцінювання виконання завдання для самостійної роботи (1 – вміння вибрати методику для розв'язання поставленої задачі; 2 – розробка методики розв'язання поставленої задачі, 3 – часткове застосування розробленої методики; 4 – повне застосування методики з отриманням частково помилкових результатів, 5 – розв'язок поставленої задачі в цілому, 6 – повний розв'язок поставленої задачі з творчим аналізом отриманих результатів).

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
50–100	зараховано
1–49	не зараховано

10. Рекомендоване методичне забезпечення

Конспект лекцій
Перелік завдань і методичні матеріали для самостійної роботи

Основна література

1. Маляренко В. А., Шубенко О. Л., Андрєєв С. Ю., Бабак М. Ю., Сенецький О. В. Когенераційні технології в малій енергетиці : монографія; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Ін-т проблем машинобуд. ім. А. М. Підгорного. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 454 с.
2. Маляренко В. А., Сенецький О. В. Тепломасообмін в об'єктах альтернативної енергетики : підручник; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 311 с.
3. Драганов Б. Х., Іщенко В. В., Шеліманова О. В. Експлуатація теплоенергетичних установок і систем : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2009. 230 с.
4. Kuznetsov M., Kharlampidi D., Tarasova V. Exergy analysis of a cogeneration system for utilization of waste heat of industrial enterprises. *Technology audit and production reserves*. 2019. Vol. 5, No. 1 (49). P. 10–21.

Допоміжна література

5. Кузнецов М. О., Харлампіді Д. Х., Тарасова В. О., Костіков А. О. Когенераційний комплекс для утилізації скидної теплоти промпідприємства у складі паротурбінної установки і абсорбційної теплонасосної установки. *Удосконалювання енергоустановок методами математичного і фізичного моделювання («УЕ-2019»)* : тези допов. XVII міжнар. наук.-техн. конф., 8-10 жовтня 2019 р., Харків / ІПМаш НАНУ: офіційний сайт. 2019. Режим доступу: https://ipmach.kharkov.ua/wp-content/uploads/2019/10/Abstracts-of-section-1-of-UE-2019.pdf. С. 7–8.
6. Tarasova V., Kuznetsov M., Ganzha M., Litvinenko M. Optimization of the thermodynamic cycle of a combined-cycle power plant. *2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology*

(KhPIWeek) : proc. of the conference, 13-17 September 2021, Kharkiv, Ukraine. IEEE, 2021. P. 208–212.

7. Тарасова В. О., Соловей В. В., Зіпунніков М. М., Кузнецов М. О. Оцінка ефективності парогазових установок ТЕЦ з інтеграцією твердооксидних паливних елементів. *Проблеми теплофізики та теплоенергетики* : матеріали XII міжнар. онлайн-конф., 26-27 жовтня 2021 р., Київ, ІТТФ НАНУ. Київ : ФОП «Симоненко О. І.», 2021. С. 123–124.
8. Kostikov A., Tarasova V., Kuznetsov M., Satayev M., Kharlampidi D. Thermoeconomical optimization of a regenerative air turbine cogeneration system. *Journal of Thermal Engineering*. 2021. Vol. 7, No. 7. P. 1719–1730.
9. Костіков А. О., Тарасова В. О., Кузнецов М. О., Ганжа М. Г., Мазур А. О. Оцінка ефективності парогазових установок з інтеграцією твердооксидних паливних елементів. *Вісник НТУ "ХПІ". Нові рішення в сучасних технологіях*. Харків : НТУ "ХПІ", 2022. № 4 (14). С. 3–10.
10. Сенецький О. В., Форкун Я. Б. Термодинаміка та тепломасообмін в установках альтернативної енергетики : метод. рек. до вик. курс. роб. з навч. дисц.; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. 55 с.
11. Tarasova V., Kostikov A., Kuznetsov M. Thermodynamic analysis and optimization of the cycle of a CHP plant power unit operating with ultra-supercritical steam parameters. *International Conference on Advanced Mechanical and Power Engineering (CAMPE-2021). Advances in Mechanical and Power Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering* : selected papers, Kharkiv, Ukraine, Oct. 18–21, 2021 / Springer. Cham, Switzerland, 2023. P. 44–54.
12. Русанов А., Костіков А., Федорейко В., Кардашь Д., Тарасова В., Ганжа М., Кузнецов М. Підвищення енергоефективності та економічності когенераційної енергоустановки з повітряною турбіною. *Системні дослідження в енергетиці*. 2023. № 4 (75). С. 4–16.
13. Mazur A., Tarasova V., Kuznetsov M., Kostikov A. Development of a steam turbine rational thermal scheme for a small modular reactor power plant. *2023 IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)* : proc. of the conference, 2-6 October 2023, Kharkiv, Ukraine. IEEE, 2023. P. 141–146.
14. Мазур А. О., Кузнецов М. О., Тарасова В. О. Вплив параметрів газової та парової турбоустановок на ефективність парогазової установки. *Methodology and organization of scientific research* : abstracts of XXII Int. Scientific and Practical Conference, 3-5 June 2024, Berlin, Germany. European Conference, 2024. P. 490–495.

Інформаційні ресурси

1. Навчально-методичний комплекс навчальної дисципліни у сховищі Google Drive.
2. Мережа Internet.
3. Бібліотека ІЕМС НАН України.