



Основи теплової енергетики

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>10 Природничі науки¹</i>
Спеціальність	<i>105 Прикладна фізика та наноматеріали</i>
Освітня програма	<i>Прикладна фізика</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4кредити, лекції 36, практичні 18</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, мкр</i>
Розклад занять	<i>За розкладом</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н., с.н.с., Борисенко Андрій Володимирович,</i> <i>a.borysenko@kpi.ua</i> ² Практичні / Семінарські: <i>к.т.н., Пешко Віталій Анатольевич,</i> <i>vapeshko@gmail.com</i> ³
Розміщення курсу	<i>https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=1820</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна «Основи теплової енергетики» належить до циклу професійної та практичної підготовки і забезпечує підготовку студентів в галузі базових методів термодинамічного аналізу. На дисципліні «Основи теплової енергетики» базуються інші курси, що пов'язані з розрахунками енергоефективності фізико-технічних систем різного класу.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів: знань з історії, сучасного стану та перспектив розвитку теплової енергетики України та світу в цілому; навичок самостійно виконувати пошук інформації для володіння актуальними знаннями в галузі фізики теплоенергетичних систем та перспектив їх розвитку.

Силабус навчальної дисципліни «Основи теплової енергетики» розроблений на основі принципу конструктивного вирівнювання (constructive alignment), що дозволяє передбачити необхідні навчальні завдання та активності, які потрібні студентам для досягнення очікуваних

¹ В полях Галузь знань/Спеціальність/Освітня програма:

Для дисциплін професійно-практичної підготовки зазначається інформація відповідно до навчального плану. Для соціально-гуманітарних дисциплін вказується перелік галузей, спеціальностей, або «для всіх».

² Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

³ Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

результатів навчання, а потім спроектувати навчальний досвід таким чином, щоб максимально збільшити можливості студентів досягти бажаних результатів.

Силабус побудований таким чином, що для виконання кожного наступного завдання студентам необхідно застосовувати навички та знання, отримані у попередньому. Фінальним є залік, для здачі якого студенти використовують теоретичні знання та застосовують практичні навички, отримані під час виконання всіх видів завдань (практичних занять та тематичних завдань) та активної участі на лекційних заняттях (виконання поточних завдань та активностей). Особлива увага приділяється принципу заохочення студентів до активного навчання, у відповідності з яким студенти мають працювати над практичними тематичними завданнями, які дозволять в подальшому вирішувати реальні проблеми та завдання.

Навчання під час практичних занять здійснюється на основі студентоцентрованого підходу та стратегії взаємодії викладача та студента з метою засвоєння студентами матеріалу та розвитку у них практичних навичок.

Під час практичних занять застосовуються:

- стратегії активного і колективного навчання;
- особистісно-орієнтовані розвиваючі технології, засновані на активних формах і методах навчання (командна робота (team-based learning), парна робота (think-pair-share), метод мозкового штурму, дискусія, експрес-конференція, навчальні дебати тощо);
- метод проблемно-орієнтованого навчання.

Для більш ефективного розуміння структури навчальної дисципліни та засвоєння матеріалу дистанційно використовується сервіси «Електронний кампус», Zoom та Telegram, за допомогою яких:

- спрощується розміщення та обмін навчальним матеріалом;
- здійснюється надання зворотного зв'язку студентам стосовно навчальних завдань та змісту навчальної дисципліни;
- оцінюються навчальні завдання студентів;
- ведеться облік виконання студентами плану навчальної дисципліни, графіку виконання навчальних завдань та оцінювання студентів.

Під час очного навчання та для взаємодії зі студентами використовуються сучасні інформаційно-комунікаційні та мережеві технології для вирішення навчальних завдань, а також обладнання (проектор та електронні презентації для лекційних та семінарських занять).

Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Основи теплової енергетики» можна використовувати в подальшому під час навчання спеціалізованих дисциплін фізико-енергетичного циклу.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

Отримують знання технологій, що використовуються в тепловій енергетиці, фізичних процесів та обладнання для їх реалізації, зокрема:

- розуміння структури та принципів взаємодії у електроенергетичній галузі;
- основні технології виробництва електроенергії на теплових електростанціях та особливості використання різних видів палива для виробництва електроенергії;
- переваги та обмеження використання когенерації та тригенерації енергії;
- технології виробництва електроенергії на розосереджених джерелах.

В результаті вивчення навчальної дисципліни «Основи теплової енергетики» студенти зможуть оцінювати основні фактори використання різних технологій теплової енергетики та устаткування в конкретних умовах, зокрема:

- практично здійснювати вибір палива та технології генерації електроенергії та тепла для конкретних умов виробництва;

- проводити оцінку ефективності технологій виробництва електроенергії, зокрема: будувати процеси, що реалізуються при виробництві електричної енергії в h-s та T-s діаграмах; розраховувати ККД виробництва електроенергії на тепловій електростанції; визначати вплив зміни параметрів устаткування та вдосконалення його теплової схеми на ККД виробництва електроенергії;

- здійснювати аналіз ефективності когенерації електроенергії та тепла, та основних факторів, що її визначають, зокрема: оцінювати споживання теплової енергії та графіки теплового навантаження; розраховувати показники ефективності когенерації;

- проводити розрахунки для окремих видів устаткування теплових електростанцій, зокрема: знаходити значення теплоперепаду (кількості енергії), що спрацьовується в паротурбінній установці; розраховувати необхідне число ступенів у турбіні; складати тепловий баланс регенеративних підігрівників та деаератора.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Необхідні навички: Курс «Основи теплової енергетики» ґрунтується на курсах: „Фізика” (зокрема, «Термодинаміка і молекулярна фізика»), „Хімія”, „Вища математика”, „Математичний аналіз”, „Інформатика”.

3. Зміст навчальної дисципліни

Програмні результати навчання, контрольні заходи та терміни виконання оголошуються студентам на першому занятті.

№ з/п	Тема	Програмні результати навчання	Основні завдання	
			Контрольний захід	Термін виконання
1.	Тема 1.1. Цикли паротурбінних теплоенергетичних установок.	№1,2	ПК*	За розкладом
2.	Тема 1.2. Парові котли.	№2,3,4	ПК*	За розкладом
3	Тема 1.3. Парові турбіни.	№1,2,3	ПК*	За розкладом
4	Тема 2.1. Газотурбінні установки.	№2,3,4	ПК*	За розкладом
5	Тема 2.2. Паро-газові установки.	№2,3,4	ПК*	За розкладом
6	Тема 3.1. Екологічні аспекти теплової енергетики.	№2,3,4	ПК*	За розкладом
7	Тема 4.1. Комбіноване виробництво електроенергії та тепла.	№1,2,3	ПК*	За розкладом
8	Тема 5.1. Міні та	№1,2,3	ПК*	За розкладом

	мікроелектростанції.			
9	Тема 5.2. Тригенерація.	№1,2,3	Модульна контрольна робота	За розкладом

ПК*: Поточний контроль: тестові завдання, обговорення на практичних заняттях.

Модульна контрольна робота проводиться на 16-ому тижні.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Андрющенко А.И. Основы термодинамики циклов теплоэнергетических установок. – М: Высшю шк., 1985. – 319 с.
2. Григорьев В.А., Зорин В.М. Тепловые и атомные электрические станции: Справочник. – М: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
3. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 328 с.
4. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети.- М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.
5. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. – М: Издательство МЭИ, 2002. – 584 с.
6. Щепетильников М.И., Хлопушкин В.И. Сборник задач по курсу ТЭС, - М.: Энергоатомиздат, 1983.

Допоміжна література

1. Костюк А.Г., Фролов В.В., Булкин А.Е., Трухний А.Д. Турбины тепловых и атомных электрических станций. – МЖ Издательство МЭИ, 2001. – 488 с.
2. Копко В.М. Теплоизоляция трубопроводов теплосетей. – Минск: Технопринт, 2002. – 160 с.
3. Теплова енергетика – нові виклики часу/ За заг. Редакцією П.Омелянського, Й.Мисака. – Львів: НВФ «Українські технології», 2009. – 660 с.
4. Закон України від 05.04.2005 № 2509-IV «Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу».
5. Директива 2012/27/ЄС від 25.10.2012р. «Про енергоефективність».
6. Закон України від 16.10.1997 № 575/97-ВР «Про електроенергетику»
7. Проект Закону України «Про ринок електричної енергії».

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Розподіл годин

Аудиторні години			Самостійна робота
Лекції	Практичні	Лабораторні	
36	18	-	66
кожний тиждень	раз/2 тижні	-	

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)		
1	Цикли паротурбінних теплоенергетичних установок. Загальна методика термодинамічного аналізу циклів теплоенергетичних установок. Особливості реалізації паротурбінного циклу та шляхи підвищення його ефективності. Регенеративні цикли паротурбінних установок. Цикли з проміжним перегрівом пари. Особливості циклів теплофікаційних паротурбінних установок.		
	Література:	[1, 2]; <i>Допоміжна література:</i> [3].	
2	Завдання на СРС: Паливні баланси України та світу. Термодинамічні властивості води та водяної пари.		
	Література:	[2], [3]. <i>Допоміжна література:</i> [3].	
3	Парові котли. Загальна інформація, класифікація парових та водогрійних котлів. Парові енергетичні котли із факельним спалюванням. Принципи роботи котлів з ЦКШ. Переваги та недоліки котлів з ЦКШ у порівнянні з факельними котлами. Основні конструкції котлів з ЦКШ. Газифікація енергетичного палива. Енергетичні установки, що використовують газифікацію вугілля.		
	Завдання на СРС:	Історія і сучасні тенденції використання вугілля в енергетиці. Парові та водогрійні котли малої та середньої потужності.	
4	Парові турбіни. Принцип роботи та основні типи парових турбін. Основні елементи парових турбін. Напрямки розвитку паротурбінного устаткування. Сучасний стан турбінних агрегатів в Україні та напрямки їх модернізації.		
	Література:	[2, 3]. <i>Допоміжна література:</i> [1, 3].	
5	Завдання на СРС: Історія створення парових турбін. Склад та принципи побудови принципової теплової схеми. Паливне господарство вугільних електростанцій.		
	Література:	[5]. <i>Допоміжна література:</i> [1, 3].	
6	Газотурбінні установки. Цикли газотурбінних установок. Принцип роботи газових турбін. Основні елементи газотурбінних установок. Напрямки розвитку газотурбінного устаткування.		
	Завдання на СРС:	Історія створення газових турбін. Техніко-економічні показники ТЕС. Собівартість виробництва електроенергії.	
7	Паро-газові установки.		

	Цикли парогазових установок. Принцип роботи парогазових установок. Котли-утилізатори. Напрямки розвитку парогазових установок.
Література:	[5]. <i>Допоміжна література</i> : [1, 3].
Завдання на СРС:	Паливне господарство газо-мазутних електростанцій. Головний корпус та генплан ТЕС.
Модульна контрольна робота по матеріалах тем 1.1 — 2.2.	
6	Екологічні аспекти теплової енергетики. Класифікація викидів шкідливих речовин об'єктами теплової енергетики. Золовидалення на ТЕС. Видалення оксидів сірки та азоту.
Література:	[2, 3]. <i>Допоміжна література</i> : [3, 6, 7].
Завдання на СРС:	Сучасний стан та перспективи ринкових перетворень в енергетиці України. Золове господарство електростанцій.
7	Комбіноване виробництво електроенергії та тепла. Переваги та обмеження комбінованого виробництва. Енергетичні показники комбінованого виробництва. Коефіцієнт теплофікації. Графіки теплового навантаження. Теплофікаційні парові турбіни.
Література:	[1, 2, 3, 4, 5]. <i>Допоміжна література</i> : [4, 5].
Завдання на СРС:	Механізми стимулювання комбінованого виробництва в Україні та у країнах ЄС. Устаткування ТЕЦ. Системи централізованого теплозабезпечення.
8	Міні та мікроелектростанції. Переваги та недоліки розосередженої генерації, світовий досвід. Цикли газопоршньових двигунів. Двигун Стірлінга. Паливні елементи. Газотурбінні міні-ТЕЦ. Органічний цикл Реніна. Парові двигуни.
Література:	[2, 3]. <i>Допоміжна література</i> : [3].
Завдання на СРС:	Технічне водозабезпечення об'єктів теплоенергетики. Технології акумулювання електричної енергії.
Модульна контрольна робота по матеріалах тем 3.1 — 5.1.	
9	Тригенерація. Принцип роботи тригенераційної установки. Режими роботи тригенераційних установок. Принцип роботи абсорбційної холодильної машини.
Література:	[1].
Завдання на СРС:	Технології акумулювання теплової енергії. Комбінація схем централізованого та децентралізованого теплозабезпечення на прикладі Данії.

Практичні заняття

№ з/п	<i>Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)</i>
1	Цикл Ренкіна та його показники. Теплова економічність та енергетичні показники паротурбінних установок. Література: конспект лекцій.
2	Методи підвищення ефективності паротурбінних циклів. Регенеративний підігрів живильної води. Проміжний перегрів пари. Література: конспект лекцій.
3	Допоміжне устаткування теплових електростанцій.

	Установки для приготування добавки живильної води. Живильні насоси. Література: конспект лекцій.
4	Цикл Брайтона та його показники. Телова економічність та енергетичні показники газотурбінних та парогазових установок. Методи підвищення економічності. Література: конспект лекцій.
5	Споживання теплоти. Побудова графіка тривалості теплового навантаження. Регулювання відпуску теплоти з горячею водою. Література: конспект лекцій.
6	Склад устаткування теплоелектростанцій. Вибір устаткування теплоелектростанцій. Розрахунок системи технічного водопостачання. Література: конспект лекцій.
7	Енергозабезпечення промислових підприємств. Розрахунок економії палива від вдосконалення схеми когенераційної установки. Література: конспект лекцій.
8	Режими роботи теплових електричних станцій. Графіки навантаження енергосистем. Проходження максимуму та нічного провалу графіка навантаження. Література: конспект лекцій.
9	Техніко-економічні показники та показники надійності теплових електростанцій. Питомі витрати теплоти та палива, витрати енергії на власні потреби, наробіток на відмову та питомі показники пошкоджуваності ТЕС. Література: конспект лекцій.

До практичних занять необхідно ретельно готувати матеріал відповідної теми, використовуючи наведену в попередньому розділі літературу.

Контрольна робота

Модульна контрольна робота (МКР) складається з двох частин і проводиться письмово на восьмому та чотирнадцятому лекційних заняттях з метою проміжного контролю знань та умінь студентів після вивчення відповідних розділів курсу «Основи теплової енергетики».

6. Самостійна робота студента

На самостійну роботу передбачено 66 год. Самостійна робота передбачає підготовку до аудиторних занять, розв'язок задач, підготовка до контрольної роботи та до заліку.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали	
Критерій	Бал

Активність на лекційних заняттях.	10 балів
Активність на практичних заняттях.	10 балів
Наявність рукописного конспекту лекцій.	10 балів
Порушення термінів виконання завдань	-5 балів
Призове місце у міжнародних, всеукраїнських та/або інших заходах та/або конкурсах (за тематикою навчальної дисципліни)	До 10 балів

Відвідування занять

Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання поточного завдання, практичних задач та тематичних завдань. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

Пропущені контрольні заходи

Результат модульної контрольної роботи для студента(-ки), який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. У такому разі, студент(-ка) має можливість написати модульну контрольну роботу, але максимальний бал за неї буде дорівнювати 50% від загальної кількості балів. Повторне написання модульної контрольної роботи не допускається.

Тематичне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання, не оцінюється.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами ⁴.

Критерій	Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації ⁵	8-ий тиждень	14-ий тиждень
Умови атестації: поточний рейтинг ⁶	≥ 10 балів	≥ 20 балів

Академічна доброчесність

⁴ Рейтингові системи оцінювання результатів навчання: Рекомендації до розроблення і застосування. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 20 с.

⁵ Там само.

⁶ Там само.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3. Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Співбесіда

На останньому за розкладом занятті викладач проводить семестрову атестація у вигляді співбесіди зі студентами, які не змогли отримати за рейтингом позитивну оцінку, але були допущені до семестрової атестації, а також з тими, хто бажає підвищити свою позитивну оцінку.

Студенти, які набрали протягом семестру менше ніж 60 балів ($RD < 30$), зобов'язані проходити співбесіду. Студенти, які протягом семестру отримали більш ніж 30 балів, можуть пройти співбесіду з метою підвищення оцінки. Якщо результати співбесіди є позитивними, студент отримує оцінку за результатами співбесіди. Якщо результати співбесіди є негативними або нижчими за бажаний рівень знань для оцінку, на яку студент претендує, студент отримує оцінку згідно зі своїм рейтингом.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «Основи теплової енергетики» може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, окрім студентів з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

Навчання іноземною мовою

Враховуючи студентоцентризований підхід, за бажанням студентів, допускається вивчення матеріалу за допомогою англійських онлайн-курсів за тематикою, яка відповідає тематиці конкретних занять.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: д.т.н., професор кафедри ТЕУТ та АЕС Борисенко Андрій Володимирович

Ухвалено кафедрою ТЕУТ та АЕС (протокол № ?___ від 03.09.2020 – бажано вересень до 07.09.)

Погоджено Методичною комісією інституту (протокол № 7/1 від 07.09.2020 р.)