



Технології відновлюваної енергетики

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>142 Енергетичне машинобудування</i>
Освітня програма	<i>ОПП Інженерія і комп'ютерні технології теплоенергетичних систем</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ЕКТС (150 годин), 54 годин лекцій, 18 годин практичних занять, 78 години СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.ф-м.н., проф. Никифорович Євген Іванович, nikiforovich.eugene@ill.kpi.ua Практичні: д.ф-м.н., проф. Никифорович Євген Іванович
Розміщення курсу	Google classroom

Програма навчальної дисципліни

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

Розвиток відновлюваної енергетики має величезне значення, оскільки викопні джерела енергії (вугілля, природний газ, нафта), що було основою виробництва енергії 20 ст., мають обмежені запаси і рано чи пізно будуть вичерпані. В теперішній час технології відновлюваної енергетики розвиваються та впроваджуються як на виробництві так і у побуті дуже динамічно. Їх вивчення та розуміння є перспективним, оскільки в найближчому майбутньому це буде основою енергетики. Під час вивчення дисципліни студенти навчатимуться розробляти, впроваджувати, аналізувати принципові схеми, особливості експлуатації технологічних рішень на базі відновлюваних джерел енергії (теплонасосні установки, сонячні водонагрівальні установки, сонячні панелі, вітрогенератори, будинки з низьким споживанням енергії, тощо). Знання та розуміння технологій відновлюваної енергетики дасть можливість створювати власні рішення як для промислового використання так і для побутових потреб. Дані рішення в подальшому стануть основою для створення сучасних автоматизованих, комп'ютерно-інтегрованих кіберенергетичних систем.

Предмет навчальної дисципліни - технологічні рішення перетворення та використання в різних галузях господарства відновлюваних джерел енергії (вітру, Сонця, повітря, води, ґрунту, хвиль та припливів, водних потоків, біомаси).

Метою дисципліни є формування та розвиток у студентів таких компетентностей:

- здатність аналізувати, оцінювати та застосовувати науково-технічну інформацію в галузі енергетичного машинобудування (ФК-04);

- здатність застосовувати системний підхід, знання сучасних технологій та методів при дослідженні, проектуванні, модернізації та експлуатації теплоенергетичного обладнання (ФК-10).

У результаті вивчення навчальної дисципліни студенти набудуть таких загальних програмних результатів навчання:

- створювати новітні технології та процеси і обґрунтовувати вибір обладнання та інструментів, з урахуванням обмежень в енергетичному машинобудуванні на основі сучасних знань в енергетичній та суміжних галузях (ПРН-05).

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

Для успішного опанування дисципліни студент має володіти базовими знаннями з вищої математики та гідрогазодинаміки й тепломасообміну.

Результати навчання використовуються в реалізації задач впровадження технологій відновлюваної енергетики, при виконанні магістерської дисертації, у вибіркових дисциплінах подібного спрямування та у професійній діяльності.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Передумови доцільності впровадження технологій відновлюваної енергетики. Термінологія та визначення у сфері відновлюваної енергетики. Класифікація відновлюваних джерел енергії.

Тема 2. Теплонасосні технології.

Тема 3. Сонячна енергетика.

Тема 4. Вітроенергетика.

Тема 5. Біоенергетика.

Тема 6. Гідроенергетика.

Тема 7. Воднева енергетика.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Безродний М. К. Теплові насоси та їх використання [Текст] : навч. посіб. / М. К. Безродний, І. І. Пуховий, Д. С. Кутра. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 312 с.
2. Ткаченко С. Й. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах тепlopостачання / С. Й. Ткаченко, О. П. Остапенко. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 177 с.
3. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.
4. Кудря С.О., Головка В.М. Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії – Київ: 2009. – 201с.
5. Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н. Нойбергер, Д. Ципленков ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 335 с.
6. Колонтаєвський Ю. П. Фотоенергетика : навч. посібник / Ю. П. Колонтаєвський, Д. В. Тугай, С. В. Котелевець ; Харків. нац. ун-т міськ. госпва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 160 с.

Додаткова література

1. Волощук В. А. Поглиблений ексергетичний аналіз теплового насоса як елемента системи тепlopозабезпечення будинку з урахуванням сезонних коливань режимів роботи / В. А. Волощук // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 10(1232). – С. 59–65. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2078-774X. – doi: 10.20998/2078-774X.2017.10.08.
2. Voloshchuk V. A. Advanced exergetic analysis of a heat pump providing space heating in built environment [Text] / V. A. Voloshchuk // Energetika. – 2017. – 63 (3). – P. 83–92.

3. Волощук В. А. Стічні води як джерело енергії у системах теплозабезпечення нового покоління / В. А. Волощук, О. О. Грицина // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – 2016. – № 27. – С. 63–70.

4. Волощук В. А. Дослідження термoeкономічних характеристик комбінованої експериментальної установки на базі теплового насоса та сонячного колектора в умовах м. Київ [Текст] / В. А. Волощук, О. Є. Нікіфорович, С. Юзвак // Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті: робоча прогр. та тези доп. XVII Міжнар. наук.-техн. конф., 29–30 верес. 2016 р., Київ, Україна / Нац. акад. наук України. – К.: НАН України, 2016. – С. 239–246.

5. Волощук В.А. Техніко-економічна оптимізація переходу на тепlopостачання із використанням теплового насоса / В. А. Волощук, М. А. Мартиняк, Й. С. Мисак // Вісник інженерної академії України. – 2014. – № 2. – С. 259–265.

6. ASHRAE Handbook Refrigeration 2014.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Методи навчання включають:

1. Лекції: мультимедійні презентації з ілюстрацією прикладів на дошці;
2. Практичні заняття: групові та індивідуальні виконання завдань, консультації стосовно проблемних питань
3. Проблемне навчання: вивчення, опис та представлення релевантної тематиці курсу проблеми.

Перелік тем лекційних занять:

№ заняття	Тема лекції
1, 2, 3	Тема 1. Передумови доцільності впровадження технологій відновлюваної енергетики. Термінологія та визначення у сфері відновлюваної енергетики. Класифікація відновлюваних джерел енергії.
4, 5, 6	Тема 2. Теплонасосні технології. Термодинаміка ТНУ. Обладнання теплонасосних технологій. Види та конструктивні особливості.
7, 8, 9	Тема 2. Технологічні схеми використання ТНУ.
10, 11, 12	Тема 3. Сонячна енергетика. Фізичні основи процесів перетворення сонячної енергії в теплову та електричну. Технології перетворення сонячної енергії в електричну: класифікація, принцип роботи, обладнання, схемні рішення, режими роботи, розрахунки.
13, 14, 15	Тема 3. Сонячна енергетика. Застосування сонячної енергії для теплозабезпечення будівель: пасивні та активні системи, схемні рішення, принцип роботи та режими роботи. Системи теплового та електричного акумулювання енергії Сонця: класифікація, принцип роботи, схемні рішення, режими роботи.
16, 17, 18	Тема 4. Вітроенергетика. Фізичні основи процесів перетворення енергії вітру в електричну. Технології перетворення енергії вітру в електричну: класифікація, принцип роботи, схемні рішення, режими роботи, розрахунки.
19, 20, 21	Тема 5. Біоенергетика. Фізичні основи процесів перетворення енергії із біомаси та біопалива. Технології перетворення енергії із біомаси та біопалива: класифікація, принцип роботи, схемні рішення, режими роботи, розрахунки.
22, 23, 24	Тема 6. Гідроенергетика. Фізичні основи процесів перетворення енергії води в інші види. Технології перетворення енергії води: класифікація, принцип роботи, схемні рішення, режими роботи, розрахунки.
25, 26, 27	Тема 7. Воднева енергетика. Фізичні основи процесів у водневій енергетиці. Технології водневої енергетики: класифікація, принцип роботи, схемні рішення, режими роботи, розрахунки.

Практичні заняття використовуються для отримання та закріплення знань і практичних навичок, висвітлених в лекційній частині курсу.

Перелік тем і задач практичних занять:

№ заняття	Тема заняття
1	Ознайомлення із теплонасосною установкою в складі системи теплозабезпечення приміщення. Визначення технічних характеристик ТНУ та системи загалом: склад, будова, конструктивні особливості.
2 - 4	Розрахунок та аналіз теплотехнічних характеристик приміщення, яке обігрівається від ТНУ.
5 - 8	Розрахунок та аналіз режимних характеристик ТНУ.
8	МКР-1. Дискусія щодо питань курсу
9 - 13	Розрахунок та аналіз режимних характеристик окремих компонентів ТНУ (компресор, конденсатор, дросельний вентиль, випарник).
14 - 17	Розрахунок та аналіз режимних характеристик системи теплозабезпечення приміщення від ТНУ. Оцінювання техніко-економічних показників системи.
17	МКР-2. Дискусія щодо питань курсу
18	Захист розрахункової роботи

У порядку чи тематиці занять можуть бути зміни, викликані наперед невизначеними обставинами. Слідкуйте за оголошеннями викладачів курсу.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Перед кожним лекційним заняттям, окрім першого, студент переглядає надані матеріали та рекомендовані джерела, що стосуються теми лекції.

Перед кожним практичним заняттям студент ознайомлюється з темою та завданнями, запланованими на заняття, повторює теоретичний матеріал.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Очікується, що студент відвідуватиме кожне аудиторне заняття, робитиме це вчасно, без запізень. У разі особливих обставин студент, за узгодженням з викладачем, може бути відсутнім на занятті, але це не може бути систематично.

Правила поведінки на заняттях

На заняттях передбачається активність студентів, пов'язана з навчальним процесом, включення в інтерактивні форми та методи навчання.

Під час практичних занять студент може користуватися власним ноутбуком.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

За узгодженням з викладачем студент може зробити доповідь по темі, релевантній дисципліні, виконувати додаткові завдання чи брати участь у модернізації методичного забезпечення дисципліни. Заохоченням до подібної успішної роботи є додаткові рейтингові бали загальним обсягом до 10% від максимального рейтингового балу шкали оцінювання. Кількість та правила нарахування балів узгоджується викладачем у кожному окремому випадку.

Захист практичної роботи проводиться на практичному занятті, на якому видане завдання, або на наступному календарному практичному занятті. У такому випадку студент має можливість отримати максимальний бал, відведений на цю роботу. У разі затримки захисту практичної роботи максимальний бал, який може отримати студент, зменшується на 20% за кожне прострочене календарне заняття.

Політика дедлайнів та перескладань

Студент, який з будь-яких причин не зміг вчасно виконати та захистити практичну роботу, може це зробити на наступних практичних заняттях за умови доступності обладнання та часу у

викладачів. Під час виконання та захисту практичних робіт пріоритет надається студентам, які виконують завдання згідно календарного плану. Виконання та/або захист практичної роботи після відведеного на неї строку призводить до зниження максимального балу, який студент може отримати за цей вид роботи.

Допуск до перескладання заходів семестрового контролю та самі перескладання здійснюються згідно правил Університету у терміни, визначені Університетом.

Політика щодо академічної доброчесності

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>.

У разі виявлення порушення академічної доброчесності результати роботи студента, які стосуються недоброчесності, анулюються.

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>.

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

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- 1) виконання і захист 4 практичних робіт;
- 2) МКР;
- 3) РР;
- 4) екзамен.

Шкала оцінювання успішності вивчення дисципліни містить 100 балів та складається з наступних видів робіт:

- практичні роботи: 14% рейтингу;
- розрахункова робота: 24% рейтингу;
- модульні контрольні роботи: 12% рейтингу;
- екзамен: 50% рейтингу.

Оцінюються наступні складові **практичної роботи**:

- Якість підготовленого протоколу з результатами роботи (max 2 бали);
- Захист практичної роботи (max 4 бали):
 - a. повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 6 балів;
 - b. достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) – 4-5 балів;
 - c. неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) – 2-3 бали;
 - d. незадовільна відповідь – 0 балів;

Максимальна кількість балів за всі практичні роботи дорівнює 4 лр x 6 балів = **24 бали**.

Модульна контрольна робота складається з двох частин тривалістю 1 ак. година кожна.

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 6 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 4-5 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 2-3 бали;
- незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 5 балів) – 0 балів.

Максимальна кількість балів за МКР дорівнює 6 x 2 = **12 балів**.

Розрахункова робота

Максимальна кількість балів – **24 бали**.

Оцінюються три складові РР:

- якість порівняльного аналізу;
- обґрунтованість висновків та оформлення
- захист.

-	якість розкриття теми, виконання розрахунків	1...15
10 балів	— повне розкриття теми; 8...9 балів — робота має несуттєві зауваження; 1...7 бали — робота має суттєві зауваження – потребує доопрацювання (бали не підвищуються)	
-	оформлення РР	0...4
4 бали	— оформлено згідно вимог, представлена презентація у вигляді слайдів; 2...3 балів — оформлено згідно вимог, але є не суттєві зауваження, представлена презентація у вигляді слайдів; 0...1 бал — не оформлено згідно вимог та / або не представлена презентація у вигляді слайдів – потребує доопрацювання (бали не підвищуються)	
-	якість презентації / доповіді, відповідей при захисті	0...5
5 балів	— повне розкриття теми, надано ґрунтовні відповіді, висока якість презентації; 4 бали — повне розкриття теми, надано не достатньо ґрунтовних відповідей, висока якість презентації; 3 бали — розкриття теми, не надано відповіді або не висока якість презентації; 2 бали — розкриття теми, не надано відповіді та не висока якість презентації; 1 бал — тема не розкрита, низька якість презентації, але надано ґрунтовні відповіді ; 0 балів — тема не розкрита та / або не надано відповіді та / або низька якість презентації - захист не зараховується.	

Загалом 24

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Для успішного проходження першого календарного контролю студент має успішно захистити 2 практичні роботи. Для успішного проходження другого календарного контролю студент має успішно захистити 3 практичні роботи.

Семестровий контроль: **екзамен**.

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх практичних робіт, захист РР, семестровий рейтинг більше 25 балів.

Екзамен проходить у формі співбесіди. Кожне завдання містить два теоретичних і одне практичне запитання. Перелік запитань надається студентам на консультації до іспиту.

Кожне теоретичне запитання оцінюється у 15 балів, а практичне – 20 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 14-15 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) або відповідь з незначними неточностями – 11-13 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 9 - 10 балів;
- незадовільна відповідь (не відповідає вимогам, менше 60% потрібної інформації) – 0 - 8 балів.

Система оцінювання практичного завдання:

- повне, безпомилкове розв'язування завдання – 18-20 балів;
- повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями – 15-17 балів;
- завдання виконане з певними недоліками – 12-14 балів;
- завдання невиконане або виконано невірно – 0 балів.

Максимальна кількість балів за екзамен дорівнює $15 \times 2 + 20 = 50$ балів.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_D):

Сума вагових балів контрольних заходів в семестрі (стартовий рейтинг) складає:

$$R_c = r_{пз} + r_{мкр} + r_{рр}$$

де r_i — рейтингові або вагові бали за кожний вид робіт з дисципліни.

Максимально можливий стартовий рейтинг: $R_c = 24+12+24 = 50$ балів.

Необхідною умовою допуску до екзамену є позитивна оцінка з виконання всіх завдань СРС та стартовий рейтинг не менше $0,5 \times R_c = 25$ балів.

Аспіранти, які набрали в семестрі рейтинг з дисципліни менше, ніж 25 балів, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до екзамену з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Екзаменаційна складова R_E шкали дорівнює: $R_E = 50$ балів.

Таким чином, максимальна кількість балів за рейтинговою шкалою з дисципліни складає

$$R_D = R_c + R_E = 50 + 50 = 100 \text{ балів.}$$

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
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

За рішенням кафедри, згідно Тимчасового регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (Наказ № 7/86 від 08.05 2020 року), допускається застосувати підхід щодо виставлення оцінки з кредитного модуля «автоматом» шляхом пропорційного перерахунку стартових балів у підсумкові за 100-бальною шкалою. При цьому обов'язковим залишається виконання студентом умов допуску до екзамену. Аспірантам, які набрали фактичний стартовий рейтинг не менший, ніж 0,9 від максимально можливого (тобто $R_c \geq 45$), екзаменатор може запропонувати виставити оцінку «Дуже добре». Найвища оцінка «автоматом» не виставляється.

Переведення стартових балів у підсумкові здійснюється за формулою

$$R = 50 + \frac{50 \cdot (R_i - R_D)}{(R_c - R_D)},$$

де R – оцінка за 100-бальною шкалою;

R_i – сума балів, набраних студентом продовж семестру;

R_c – максимальна сума вагових балів контрольних заходів продовж семестру;

R_D – бал допуску до екзамену.

Студенти, які хочуть підвищити оцінку з кредитного модуля, виконують екзаменаційну роботу. При цьому переведення стартових балів у підсумкові не здійснюється.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Студенти будуть забезпечені необхідним програмними продуктами, яке працює у середовищі операційної системи Windows.

Є можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою як певна кількість балів рейтингу. Кількість балів визначається після аналізу програми, тривалості та результатів курсу, вказаного у сертифікаті.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором, д.ф.-м.н., Никифоровичем Євгеном Івановичем

Ухвалено: кафедрою АЕ (протокол № 20 від 12.06. 2024 р.)

Погоджено: Методичною комісією НН ІАТЕ (протокол № 10 від 25. 06. 2024 р.)