



# КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус) Освітня компонента – Комплексне використання відновлюваних джерел енергії

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий бакалаврський (освітньо-професійний)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>НЕТРАДИЦІЙНІ ТА ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ</i>
Статус дисципліни	<i>Навчальні дисципліни професійної підготовки</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>IV курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 години / 4 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>36 год. – лекцій, 18 – практичні, <a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules">http://rozklad.kpi.ua/Schedules</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н. Кузнецов Микола Петрович, 0666185400 Практичні: Мельник Олександр Анатолійович, 0686237435</i>
Розміщення курсу	<i>Посилання на дистанційний ресурс: <a href="https://classroom.google.com/c/MjUxOTY2OTAxNjI2?cjc=ul2xsb6">https://classroom.google.com/c/MjUxOTY2OTAxNjI2?cjc=ul2xsb6</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

#### Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програма освітньої компоненти «Комплексне використання відновлюваних джерел енергії» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії» підготовки бакалавра з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

**Метою навчальної дисципліни** є формування у студентів знань щодо кількісних та якісних характеристик джерел енергії на Землі та розподілу енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії, особливостей окремих видів відновлюваної енергетики та можливостей їх комплексного використання у комбінованих енергосистемах, оцінки параметрів функціонування комбінованих енергетичних систем у складі загальної енергосистеми та їх впливу на якість енергопостачання, уміння формувати раціональні рішення та аналізувати заходи енергетичної політики в галузі нетрадиційної та відновлюваної енергетики.

**Предмет навчальної дисципліни** – комплексні енергетичні системи на основі відновлюваних джерел енергії, а також комбіновані системи енергопостачання на основі відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії з системами акумулювання енергії у складі традиційних енергосистем.

#### Програмні результати навчання:

ПР04. Знати принципи роботи біоенергетичних, вітроенергетичних, гідроенергетичних та сонячних енергетичних установок. ПР09. Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем. ПР13. Розуміти значення традиційної та відновлюваної енергетики для успішного економічного розвитку країни.

ПР19. Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні. ПР20. Знати існуючі підходи до проектування, виготовлення, випробувань та експлуатації обладнання та устаткування нетрадиційної та відновлюваної енергетики. ПР21. Знати методи і порядок проектування об'єктів нетрадиційної та відновлюваної енергетики. ПР22. Знати електрофізичні та теплотехнічні процеси і явища, що відбуваються в обладнанні та устаткуванні нетрадиційної та відновлюваної енергетики. ПР23. Знати існуючі конструкції обладнання та устаткування призначеного для перетворення енергії відновлюваних джерел в електричну та інші види енергій. ПР24. Знати методи вирівнювання електротехнічних характеристик обладнання та устаткування нетрадиційної та відновлюваної енергетики.

Уміння: володіти стандартною термінологією, що використовується для визначення ключових понять курсу; класифікувати види відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії; оцінювати роль відновлюваних джерел енергії як одного із заходів енергозбереження в подальшому розвитку енергетики; визначати ефективність комплексного застосування різних відновлюваних джерел енергії з врахуванням клімато-метеорологічних та географічних особливостей територій; оцінювати переваги комплексного застосування ВДЕ порівняно з традиційними методами отримання енергетичної продукції; оцінювати переваги та недоліки різних методів перетворення енергії та знаходити оптимальні рішення застосування кожного з відновлюваних джерел енергії із урахуванням можливості їх комплексного використання; знаходити ефективні технологічні рішення за рахунок комплексного використання енергії відновлюваних та традиційних джерел; знаходити ефективні технологічні рішення за рахунок використання акумуляторів енергії, в тому числі при створенні комплексних систем акумуляування енергії; розробляти оптимальні схематичні рішення комбінованих енергосистем з поєднанням традиційної і відновлюваної енергетики.

Досвід: проведення оцінки виробітку електричної та теплової енергії енергоустановками, що входять до складу комплексних енергосистем на основі ВДЕ за статистичними даними щодо кліматичних факторів; встановлення переваг при впровадженні енергоустановок на основі ВДЕ для роботи в автономному режимі та на централізовану мережу; використання отриманих знань для планування ефективного енергозабезпечення споживачів при комплексному застосуванні відновлюваних та традиційних джерел енергії; здійснення пошуку оптимальних рішень при створенні комбінованих систем енергопостачання на основі відновлюваних та традиційних джерел енергії з системами акумуляування; використання отриманих знань при впровадженні заходів щодо захисту оточуючого середовища.

## 1. Зміст освітньої компоненти

*Дисципліну структурно розділено на 3 розділи, а саме:*

1. **Нетрадиційні і відновлювані джерела енергії та комбіновані системи енергопостачання на їх основі**, до якого ввійшли питання класифікації відновлюваних джерел енергії, основні поняття дисципліни, способи використання ВДЕ в комбінованих енергосистемах, основні переваги та недоліки, вплив на потреби в маневрових потужностях, прогнозування сонячної та вітрової енергії як засіб забезпечення надійності енергопостачання.
2. **Комплексне використання відновлюваних джерел енергії**, де розглянуто методологію розрахунку відновлюваного енергетичного потенціалу, залежність від кліматичних і географічних особливостей, можливості сумісного використання різнотипних ВДЕ та засобів акумуляування енергії, застосування водню в якості довгострокового акумулятора.
3. **Забезпечення ефективної роботи гібридних енергосистем**, до якого ввійшли класифікація та особливості гібридних систем, комбіновані енергосистеми традиційної та відновлюваної енергетики, переваги та недоліки різних схем приєднання до мереж, обмеження та методи розрахунку досяжних рівнів впровадження ВДЕ, математичне моделювання, оптимізація комбінованих систем з використання систем акумуляування, вплив ВДЕ на стійкість енергосистеми, вітро-сонячних та вітро-дизельних електростанцій.

## **2. Навчальні матеріали та ресурси**

### Основні інформаційні ресурси:

1. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії / Кудря С. О. – Підручник. – Київ: Національний технічний університет України («КПІ»), 2012.–495с.
2. Відновлювані джерела енергії / За ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.
3. Півняк Г.Г. Рациональне використання енергії: Навч. пос. Дніпропетровськ, 2002. - 193 с.
4. Соловей О.І. та ін. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії: Навчальний посібник. Черкаси, ЧДТУ, 2007. – 483 с.
5. Величко С.А. Енергетика навколишнього середовища України (з електронними картами). Навчально-методичний посібник для магістрантів. – Харків: Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна. - 2003. - 52с.– 2006. – 280 с.
6. Альтернативні джерела енергії України: навч. посіб. / І.О.Ковальов, О.В. Ратушний. - Суми: Вид-во СумДУ, 2015. – 201 с.
7. Лежнюк П.Д. Відновлювані джерела енергії в розподільних електричних мережах: монографія / П.Д. Лежнюк, О.А. Ковальчук, О.В. Нікіторович, В.В. Кулик - Вінниця: ВНТУ, 2014. – 204 с.
8. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. – 82 с
9. Дистанційний курс «Комплексне використання відновлюваних джерел енергії», 2022. <https://classroom.google.com/c/MjUxOTY2OTAxNjI2?cjc=ul2xsb6>.
10. Akinyele D., Belikov J., Levron Y. Battery Storage Technologies for Electrical Applications: Impact in Stand-Alone Photovoltaic Systems // Energies, 2017, v.10, 39 p.
11. Bocklisch T. Hybrid energy storage systems for renewable energy applications. Energy Procedia, 2015. 103 p.
12. Obukhov S., Ibrahim A., Tolba M.A., M.El-Rifaie A. Power balance management of an autonomous hybrid energy system based on the dual-energy storage // Energies, 2019, v.12; doi:10.3390/en12244690.
13. Okinda V.O., Odero N.A. A review of techniques in optimal sizing of hybrid renewable energy systems. IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology. Issue 11, 2015. – P.153-163.

### Додаткові:

14. Паливно-енергетичний комплекс України на порозі третього тисячоліття // Під заг. ред. Шидловського А.К., Ковалка М.П. - Київ: Українські енциклопедичні знання, 2001. - 400 с.
15. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії. Під заг. ред. Шидловського А.К. – Київ: Українські енциклопедичні знання, 2007.–559 с.
16. Коломієць С. В. Теорія випадкових процесів / С. В. Коломієць ; Державний вищий навчальний заклад “Українська академія банківської справи Національного банку України”. - Суми : ДВНЗ “УАБС НБУ”, 2011. - 80 с.
17. Кармазін О.О. Балансова надійність електроенергетичних систем в умовах зростання частки відновлюваної енергетики. Автореф. канд. дис. Київ, 2019. – 20 с.
18. Щербина О. Енергія для всіх. Технічний довідник з енергоощадності та відновних джерел енергії. - Ужгород., 2007. - 336 с.
19. Блюм Я.Б., Гелетуха Г.Г. і ін. Новітні технології біоконверсії – К: "Аграр Медіа Груп", 2010. – 326 с.
20. Горбов В.М. Енергетичні палива. – Миколаїв: УДМТУ. – 2003. – 327 с.
21. Енергетична безпека України: чинники впливу, тенденції розвитку / Під ред. Ковалка М.П., Шидловського А.К., Кухаря В.П. - Київ: Українські енциклопедичні знання, 1998. - 160 с.
22. Кузнецов М.П. Моделювання параметрів роботи енергосистеми, які носять випадковий характер // Відновлювана енергетика. – 2012, №3. – С.5-9..

23. Кудря С.О., Морозов Ю.П., Кузнецов М.П. Перспективні напрями розвитку сучасних технологій виробництва водню з використанням відновлюваних джерел енергії / Відновлювана енергетика XXI століття. Матеріали XIII міжнародної конференції. Крим: 2012.
24. Блінцов В.С., Кінаш А.Т., Хлопенко М.Я. Основні методи оптимального керування електромеханічних систем: Навчальний посібник. - Миколаїв: УДМТУ, 2002. - 44 с.
25. Кононенко А.І., Храповицький І.С., Щелкунова Л.І. Математичне програмування: Тексти лекцій – Харків, ХДТУБА, 2010. – 114 с. СОУ НЕК 341.001:2019 Вимоги до вітрових та сонячних електростанцій при їх роботі паралельно з об'єднаною енергетичною системою України. НПЦР ОЕС України, 2019.
26. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. Київ, Мінрегіонбуд України. – 2011. – 127 с.
27. СОУ НЕК 341.001:2019 Вимоги до вітрових та сонячних електростанцій при їх роботі паралельно з об'єднаною енергетичною системою України. НПЦР ОЕС України, 2019.
28. СОУ-Н МЕВ 40.1-00100227-68:2012 «Стійкість енергосистем. Керівні вказівки». Міненерго України, 2112.
29. СОУ-Н ЯЕК 04.156:2009 Основні вимоги щодо регулювання частоти та потужності в ОЕС України. Настанова. Чинний від 2009.
30. Єдиний державний веб-портал відкритих даних. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://data.gov.ua>.
31. Smil, Vaclav. Energy and Civilization: A History. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2017.

## Навчальний контент

### 1. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Вступ до дисципліни «Комплексне використання відновлюваних джерел енергії». Структура курсу. Класифікація нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії. Сучасний розвиток технологій комплексного використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії. Термінологія, що стосується основних понять дисципліни. <i>літературні джерела [1, 4], дистанційний курс тема 1.1 (л. 1)</i>
2	Використання відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії в комбінованих енергосистемах. Основні переваги та недоліки. Досяжні обсяги. <i>літературні джерела [2, 3, 7], дистанційний курс тема 1.1 (л. 2)</i>
3	Вплив обсягів впровадження відновлюваних джерел енергії на потреби в маневрових потужностях об'єднаної енергосистеми. <i>літературні джерела [2, 7, 21], дистанційний курс тема 1.2 (л. 3)</i>
4	Засоби підвищення надійності енергопостачання з нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії. Прогнозування як засіб забезпечення надійності. <i>літературні джерела [1, 2, 24], дистанційний курс тема 1.2 (л. 4)</i>
5	Особливості прогнозування сонячної та вітрової енергії. Приклади прогнозування та досяжна точність. <i>літературні джерела [1, 2, 22], дистанційний курс тема 1.2 (л. 5)</i>
6	Етапи та методи побудови атласів енергетичного потенціалу. Методологія розрахунку вітрового потенціалу. Залежність ефективності використання енергії відновлюваних джерел від кліматичних і географічних особливостей територій. <i>літературні джерела [1, 2, 6], дистанційний курс тема 2.1 (л. 6)</i>
7	Основні характеристики та питомі енергетичні показники енергії вітру та сонячної радіації в різних кліматичних зонах світу та України. Атлас енергетичного потенціалу нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії України. <i>літературні джерела [1, 6, 9], дистанційний курс тема 2.1 (л. 7)</i>
8	Можливості сумісного використання вітрової та сонячної енергії. Застосування

	акумуляторів енергії як один із заходів підвищення надійності та стабільності енергопостачання. <i>літературні джерела [1, 6, 7], дистанційний курс тема 2.2 (л. 8)</i>
9	Комплексне використання різнотипних ВДЕ. Можливості поєднання в одній енергосистемі. <i>літературні джерела [1, 2, 3], дистанційний курс тема 2.2 (л. 9)</i>
10	Воднева енергетика, методи отримання водню із застосуванням відновлюваних джерел енергії. Оптимізація параметрів системи отримання водню. <i>літературні джерела [1, 23], дистанційний курс тема 2.2 (л. 10).</i>
11	Класифікація гібридних систем. Використання ВДЕ в гібридній енергосистемі. Комбіновані енергосистеми традиційної та відновлюваної енергетики. Автономні та мережеві системи. Переваги та недоліки різних схем приєднання до мережі. <i>літературні джерела [1, 6, 8], дистанційний курс тема 3.1 (л. 11).</i>
12	Обмеження щодо рівнів впровадження вітрових та сонячних електростанцій до об'єднаної енергосистеми. Методи розрахунку досяжних рівнів впровадження. <i>літературні джерела [1, 8, 21], дистанційний курс тема 3.1 (л. 12)</i>
13	Математичне моделювання комбінованої енергосистеми на базі вітрових електростанцій. Розрахунок параметрів моделі. <i>літературні джерела [5, 22, 25], дистанційний курс тема 3.2 (л. 13)</i>
14	Особливості моделювання комбінованої енергосистеми, до якої входять сонячні електростанції. <i>літературні джерела [5, 22], дистанційний курс тема 3.2 (л. 14)</i>
15	Оптимізація комбінованих енергосистем з мінливими відновлюваними джерелами та з використанням акумуляування енергії. <i>літературні джерела [1, 14, 24], дистанційний курс тема 3.2 (л. 15)</i>
16	Системи акумуляування енергії відновлюваних джерел. Комбіновані енергетичні системи на основі відновлюваних джерел з комплексним використанням систем акумуляування енергії. <i>літературні джерела [1,11], дистанційний курс тема 3.3 (л. 16)</i>
17	Фактори впливу відновлюваної енергетики на стійкість енергосистеми. Показники надійності роботи енергосистем. Індекси втрати живлення та втрати енергії. <i>літературні джерела [4,12, 17], дистанційний курс тема 3.3 (л. 17)</i>
18	Моделі спільної роботи теплових та вітро-сонячних електростанцій. Вітро-дизельні, фотоелектричні електростанції. Модульна контрольна робота – аналіз результатів. <i>літературні джерела [1, 22], дистанційний курс тема 3.3 (л. 18)</i>

### **Практичні заняття**

<i>№</i>	<i>Назва теми заняття та основних питань</i>
1	Тема 1.1. Особливості використання відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії в комбінованих енергосистемах.
2	Тема 1.2. Проблеми надійності постачання енергії з відновлюваних джерел.
3	Тема 2.1. Потенціал відновлюваних джерел енергії, методи досліджень.
4	Тема 2.2. Можливості комплексного використання різнотипних джерел енергії.
5	Тема 3.1. Типи гібридних енергосистем, особливості та обмеження.
6	Тема 3.2. Математичне моделювання та постановка задач оптимізації.
7	Тема 3.3. Можливості використання відновлюваної енергетики у складі енергосистем різного типу.
8	Модульна контрольна робота – розрахунок комплексної енергосистеми.
9	Огляд курсу, консультації, підготовка до екзамену.

## Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	40
2	Проведення розрахунків	12
3	Підготовка до модульної контрольної роботи	6
4	Підготовка до екзамену	8

### Політика та контроль

#### 2. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- правила захисту індивідуальних завдань: захист контрольної роботи з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із нарахованими балами за результатами перевірки КР;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах участь у факультетських та інститутських наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання КР;
- політика граничних строків та перескладань: несвоєчасне виконання МКР передбачає нарахування штрафних балів. Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання захисту МКР не передбачено;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

#### 3. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

**Поточний контроль:** експрес-опитування, модульна контрольна робота (МКР), розрахункова робота (РР).

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

**Семестровий контроль:** екзамен.

**Умови допуску до семестрового контролю:** мінімально позитивна оцінка за контрольну роботу, семестровий рейтинг не менше 30 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

Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 52 бали складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:

- відповіді під час практичних занять (9 занять);
- виконання розрахункової роботи;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Відповіді на екзамені оцінюються у 48 балів.

<i>ПЗ</i>	<i>ЛР</i>	<i>МКР</i>	<i>РР</i>	<i>Рс</i>	<i>Рз</i>	<i>Р</i>
<b>9</b>	<b>-</b>	<b>15</b>	<b>28</b>	<b>52</b>	<b>48</b>	<b>100</b>

#### **Робота на практичних заняттях:**

- активна творча робота – 1 бал;
- плідна робота – 0,5 бал;
- пасивна робота – 0 балів.

#### **Виконання модульної контрольної роботи (МКР):**

- творчо виконана робота – 15 балів;
- роботу виконано з незначними недоліками – 12 балів;
- роботу виконано з певними помилками – 6 балів;
- роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.

#### **Виконання розрахункової роботи (РР):**

- якісно виконана робота – 28 балів;
- роботу виконано з незначними недоліками – 24 бали;
- роботу виконано з певними помилками – 18 балів;
- роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.

#### **Штрафні та заохочувальні бали:**

За несвоєчасне виконання модульної контрольної роботи – 1 штрафний бал за кожний тиждень запізнення (всього не більше 5 балів).

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три запитання з різних тематичних розділів.

#### **Критерії екзаменаційного оцінювання:**

- вичерпні відповіді на всі питання екзаменаційного білету, а також на додаткові питання, чітко визначення всіх понять, величин – 48 балів;
- в деяких відповідях мають місце певні неточності – 35-40 балів;
- допускаються окремі помилки, але їх можливо виправити за допомогою викладача, має місце знання основних понять і величин, розуміння суті енергетичних процесів – 20-25 балів;
- припускаються суттєві помилки, нерозуміння основних понять по суті фізичних процесів – 10 балів.

#### **Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

##### **Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль**

1. Невідновлювані та відновлювані традиційні види енергії.



2. Відновлювані нетрадиційні види енергії.
3. Валовий, технічний та економічний потенціал ВДЕ.
4. Особливості географічного розподілу ресурсів ВДЕ України.
5. Переваги та недоліки ВДЕ у порівнянні з традиційними джерелами.
6. Технічні обмеження, пов'язані з використанням ВДЕ.
7. Особливості часового розподілу потужностей ВДЕ протягом року.
8. Методи прогнозування потужності ВДЕ (вітру, сонця).
9. Часові горизонти прогнозування ВДЕ та досяжна точність прогнозу.
10. Залежність похибки прогнозування від географічної дисперсії об'єктів ВДЕ.
11. Особливості систематичних вимірів вітру як енергетичного ресурсу.
12. Шляхи вдосконалення атласу енергетичного потенціалу ВДЕ.
13. Способи компенсації змінного характеру генерації ВДЕ.
14. Використання водневої енергетики в комплексі з ВДЕ.
15. Фактори, що визначають допустиму величину ВДЕ у складі ОЕС.
16. Допустима величина вітро-сонячної генерації в умовах ОЕС України.
17. Системи акумулювання енергії ВДЕ.
18. Види локальних комплексних енергосистем з ВДЕ.
19. Регулюючі можливості ОЕС України.
20. Можливі схеми та принципи дії мережевих енергосистем з ВДЕ.
21. Первинне та вторинне регулювання потужності при впровадженні ВДЕ.
22. Можливі схеми та принципи дії автономних енергосистем з ВДЕ.
23. Моделювання поточної потужності ВДЕ випадковим процесом.
24. Головні проблеми автономних енергосистем з ВДЕ та засоби їх вирішення.
25. Економічні критерії для визначення компонентів гібридної енергосистеми.
26. Основні фактори впливу ВДЕ на стійкість енергосистеми.
27. Визначення індексу втрати живлення та втрати енергії.
28. Диспетчерські методи обмеження впливу ВЕС на роботу енергосистеми.
29. Режими роботи акумуляторних батарей в комплексній енергосистемі.
30. Режими роботи вітро-дизельних та фото-дизельних енергосистем.

*Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 ВІД 01.10.2020 ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ*

#### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

Складено доцентом кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, д.т.н. Кузнецовим М.П.

Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА (протокол № 10 від 28.05.2021 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 23.06.2021)