

**Міністерство освіти і науки України**  
**Львівський національний університет природокористування**  
**Факультет механіки, енергетики та інформаційних технологій**  
**Кафедра енергетики**

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**  
Проректор з НВР

**професор Віталій БОЯРЧУК**  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

***ВІТРОЕНЕРГЕТИКА***

(назва навчальної дисципліни)

спеціальність: **145 Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика**

**перший (бакалаврський) рівень вищої освіти**

Львів 2024

Робоча програма з дисципліни **Вітроенергетика** для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти ОП «**Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика**» спеціальності **145 Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика**

Розробник: **Сергій СИРОТЮК, к.т.н., доцент**

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри **енергетики**

Протокол від “ **23** ” **серпня 2024 року** № **2**

Завідувач кафедри **енергетики**

\_\_\_\_\_ (**Сергій СИРОТЮК**)  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Робочу програму схвалено на засіданні методичної комісії **факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій**

Протокол від “     ” **2024 року** №    

Голова методичної комісії **факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій**

\_\_\_\_\_ (**Степан КОВАЛИШИН**)  
(підпис) (ім'я та прізвище)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Спеціальність 145 Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Характеристика навчальної дисципліни:

Обов'язкова

Кількість кредитів 5

Загальна кількість годин – 150

Вид контролю: екзамен

Тижневих аудиторних годин для денної форми навчання – 5

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить (%):

для денної форми навчання – 114 %

для заочної форми навчання – 21 %

## 2. Програма навчальної дисципліни

### План лекційних занять з дисципліни

**Тема 1.** Загальні аспекти та особливості розвитку вітроенергетики

- 1.1. Загальні відомості
- 1.2. Нормативно-правова база галузі вітроенергетики
- 1.3. Історія розвитку вітроенергетики
- 1.4. Сучасний стан та перспективи розвитку вітроенергетики
- 1.5. Особливості вибору місця встановлення вітроустановок
- 1.6. Вплив вітроенергетики на навколишнє середовище та людину
- 1.7. Економіка вітроенергетики

**Тема 2.** Вітроприймальні елементи та пристрої

- 2.1. Типи вітроприймальних пристроїв
- 2.2. Сила лобового тиску вітру
- 2.3. Взаємодія вітру з похилою поверхнею
- 2.4. Сили і моменти, що діють на лопать
- 2.5. Умови обтікання лопаті під час її обертання
- 2.6. Ротор горизонтально-осьової вітроенергетичної установки
- 2.7. Швидкохідність ротора

**Тема 3.** Теорія горизонтально-осьового ротора

- 3.1. Класична модель ідеального ротора
- 3.2. Імпульсний варіант класичної моделі ідеального ротора
- 3.3. Рівняння зв'язку для елемента реального ротора
- 3.4. Момент і потужність реального ротора
- 3.5. Потужність горизонтально-осьової вітроустановки
- 3.6. Режим роботи ротора вітроустановки

**Тема 4.** Електромеханічна система вітроелектричних установок

- 4.1. Класифікація вітроустановок
- 4.2. Параметричні ряди вітроелектричних установок
- 4.3. Структурні схеми вітроустановок
- 4.4. Схеми вітроенергетичних систем
- 4.5. Електрогенератори вітроелектричних установок
- 4.6. Способи і засоби регулювання вихідної потужності вітроелектричних установок

**Тема 5.** Основи конструювання вітроелектричних установок

- 5.1. Загальні засади конструювання вітроенергетичних установок
- 5.2. Визначення параметрів вітрового ротора
- 5.3. Визначення параметрів мультиплікатора
- 5.4. Визначення параметрів електрогенератора

- 5.5. Визначення параметрів системи керування вітроенергетичною установкою  
 5.6. Визначення параметрів інверторів  
 5.7. Визначення параметрів системи акумулювання електроенергії

**Тема 6. Монтаж та обслуговування вітроелектричних установок**

- 6.1. Особливості технології монтажу вітроелектричних установок  
 6.2. Вимоги безпеки при монтажі вітроелектричних установок  
 6.3. Технологічні розрахунки для забезпечення монтажу малогабаритних установок  
 6.4. Пусконаладжувальні роботи  
 6.5. Експлуатація та ремонт вітроелектричних установок  
 6.6. Виведення вітроелектричних установок з експлуатації

**Тема 7. Робота вітроелектричної установки на електромережу**

- 7.1. Загальні аспекти сумісної роботи вітроелектричної установки з електромережею  
 7.2. Місце приєднання вітроустановки до електромережі  
 7.3. Коливання напруги  
 7.4. Гармоніки в системі генерування електроенергії вітроелектричною установкою  
 7.5. Втрати потужності в електромережах  
 7.6. Вплив вітроелектричної установки на якість електроенергії

### 3. Структура навчальної дисципліни

| Назви тем           | Кількість годин  |              |   |           |      |           |                  |              |           |           |      |            |
|---------------------|------------------|--------------|---|-----------|------|-----------|------------------|--------------|-----------|-----------|------|------------|
|                     | денна форма      |              |   |           |      |           | заочна форма     |              |           |           |      |            |
|                     | усього           | у тому числі |   |           |      |           | усього           | у тому числі |           |           |      |            |
|                     |                  | л            | п | лаб.      | інд. | с. р.     |                  | л            | п         | лаб.      | інд. | с. р.      |
| 1                   | 2                | 3            | 4 | 5         | 6    | 7         | 8                | 9            | 10        | 11        | 12   | 13         |
|                     | Рік підготовки 2 |              |   | Семестр 4 |      |           | Рік підготовки 2 |              |           | Семестр 4 |      |            |
| Тема 1.             | 13               | 4            |   | 4         |      | 5         | 13               | 1            | 1         |           |      | 11         |
| Тема 2.             | 16               | 4            |   | 6         |      | 6         | 16               | 2            | 2         |           |      | 12         |
| Тема 3.             | 18               | 6            |   | 6         |      | 6         | 18               | 2            | 2         |           |      | 14         |
| Тема 4.             | 24               | 4            |   | 14        |      | 6         | 24               | 2            | 4         |           |      | 18         |
| Тема 5.             | 16               | 4            |   | 6         |      | 6         | 16               | 2            | 2         |           |      | 12         |
| Тема 6.             | 22               | 6            |   | 10        |      | 6         | 22               | 2            | 2         |           |      | 18         |
| Тема 7.             | 11               | 4            |   | 2         |      | 5         | 11               | 1            | 1         |           |      | 9          |
| Екзамен             | 30               |              |   |           |      | 30        | 30               |              |           |           |      | 30         |
| <b>Усього годин</b> | <b>150</b>       | <b>32</b>    |   | <b>48</b> |      | <b>70</b> | <b>150</b>       | <b>12</b>    | <b>14</b> |           |      | <b>124</b> |

### 4. Теми лабораторних занять

#### План лабораторних занять з дисципліни

| № з/п | Назва теми                                                                          | К-сть годин |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1     | Ознайомлення із нормативно-правовою документацією у галузі вітроенергетики          | 4           |
| 2     | Вітроприймальні пристрої вітроенергетичних установок та їх технологічний розрахунок | 6           |
| 3     | Аеродинамічне дослідження лопатей та вітрового ротора                               | 6           |
| 4     | Дослідження структури вітроелектричних установок                                    | 4           |
| 5     | Дослідження структури та будови вітроелектричних установок конструкції ЛНУП         | 4           |
| 6     | Дослідження електромеханічної системи вітроелектричних установок                    | 6           |
| 7     | Розрахунок параметрів вітроелектричних установок                                    | 6           |
| 8     | Дослідження процесів монтажу вітроелектричних установок                             | 6           |

|                          |                                                                         |           |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 9                        | Розробка заходів з обслуговування та ремонту вітроелектричних установок | 4         |
| 10                       | Дослідження впливу вітроелектричних установок на електромережу          | 2         |
| <b>Всього за семестр</b> |                                                                         | <b>48</b> |

### 5. Теми винесені на самостійне вивчення

| № з/п | Назва теми                                                                 |
|-------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Нормативно-правова база державного стимулювання розвитку вітроенергетики   |
| 2     | Особливості взаємодії вітрового потоку з малопоширеними вітровими роторами |
| 3     | Основи теорії вертикально-осьових вітроенергетичних установок              |
| 4     | Особливості конструкції ефективність вітромеханічних установок             |
| 5     | Компоновочні схеми вітроелектричних установок мегаватного класу            |
| 6     | Процедура та засоби демонтажу вітроелектричних установок мегаватного класу |
| 7     | Способи та засоби для боротьби з спотворенням форми синусоїди інверторами. |

### 6. Методи навчання

**1. Словесні методи** (розповідь, пояснення, бесіда, лекція.)

**2. Наочні методи**

– ілюстрація (презентація PowerPoint, плакати, таблиці, моделі, макети, каталоги продукції тощо);

– навчальний відеофільм чи його фрагмент, діючі експериментальні моделі, робочі установки.

**3. Практичні методи:** розв'язування задач і прикладів, тестових завдань.

### 7. Методи контролю

**1. Усне опитування** (індивідуальне, аналіз відповідей студентів).

**2. Письмова аудиторна та поза аудиторна перевірка** (розв'язування тестових завдань на платформі moodle).

**3. Практична перевірка** (розробка документації, виконання практичної роботи, аналіз виробничої інформації, рішення професійних завдань тощо).

**4. Стандартизований контроль:** письмовий екзамен (можливе проведення у дистанційній формі).

**Види контролю:** поточний контроль, проміжна атестація.

### 8. Результати навчання

У результаті засвоєння окремих тем із дисципліни *«Вітроенергетика»* здобувачі першого (бакалаврського) рівня вищої освіти набувають знання, уміння та компетентності, що відповідають вимогам ОП *«Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика»* спеціальності 145 *«Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика»*.

| Індекс в матриці ОПП | Програмні компоненти                                                                                                                                            |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ЗК7.                 | Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.                                                                                                 |
| ЗК8.                 | Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.                                                                                          |
| СК2.                 | Здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння інженерних дисциплін для розв'язання складних задач з відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики. |
| СК3.                 | Здатність розуміти і застосовувати фізичні принципи і математичні методи, необхідні в галузі відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики.                   |

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| СК4.   | Здатність виявляти, класифікувати і описувати ефективність систем і компонентів енергосистеми на основі використання аналітичних методів, моделювання та експериментальних досліджень.                                                                                                                                                                                                                          |
| СК8.   | Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики.                                                                                                                               |
| СК9.   | Здатність забезпечувати моделювання електротехнічних об'єктів і технологічних процесів виробництва, передачі та розподілу електричної енергії з використанням стандартизованих пакетів і засобів автоматизації інженерних розрахунків, проводити експерименти за заданими методиками з обробкою й аналізом результатів.                                                                                         |
| СК10.  | Здатність вирішувати проблеми якості в енергетичній галузі.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| СК12.  | Здатність вирішувати питання інтелектуальної власності.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| СК13.  | Здатність застосовувати методики вибору енергетичного обладнання відповідно до природних умов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| СК14.  | Проектувати обладнання відновлюваних джерел енергії, гідроелектростанцій, гідроакумуючих електростанцій.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| СК16.  | Здатність вирішувати практичні задачі, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики.                                                                                                                                                                                                                                   |
| СК17.  | Здатність вирішувати практичні задачі, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| ПРН5.  | Використовувати сучасні інформаційні технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач професійної діяльності.                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ПРН7.  | Знання і розуміння наукових принципів, що лежать в основі енергетичної галузі, навички застосування сучасних математичних, фізичних та інженерних методів для розв'язання складних задач професійної діяльності.                                                                                                                                                                                                |
| ПРН8.  | Систематизовані знання і розуміння ключових аспектів та концепцій в галузі відновлюваної енергетики та гідроенергетики, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії.                                                                                                                                                                                                                     |
| ПРН11. | Розробляти проекти згідно із визначеними та описаними вимогами до конструкцій, технологічних схем, режимів роботи обладнання, характеристик енергетичних ресурсів, відповідних матеріалів, що застосовуються при аналізі процесів і проектуванні енергетичних установок і апаратів перетворення відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики, а також технічними умовами та іншими нормативними документами. |
| ПРН17. | Знати існуючі підходи до проектування, виготовлення, випробувань та експлуатації обладнання та устаткування відновлюваної енергетики та гідроенергетики.                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ПРН20. | Знати методи і порядок проектування об'єктів відновлюваної енергетики та гідроенергетики.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| ПРН21. | Знати існуючі конструкції обладнання та устаткування призначеного для перетворення енергії відновлюваних джерел в електричну та інші види енергій.                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ПРН22. | Знати заходи підтримки та зміни режимів роботи систем електроживлення, об'єктів відновлюваної енергетики, систем блискавкозахисту та захисту від перенапруг.                                                                                                                                                                                                                                                    |

|        |                                                                                                                                                                           |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПРН23. | Знати фактори, що призводять до виникнення незворотних процесів в устаткуванні та обладнанні електричних станцій та об'єктів відновлюваної енергетики та гідроенергетики. |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 9. Розподіл балів, які отримують студенти

| Поточне тестування та самостійна робота (разом 50 балів) |    |    |    |    |    |    | ПМК<br>(екзамен) | Сума |
|----------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|------------------|------|
| T1                                                       | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | 50               | 100  |
| 4                                                        | 6  | 6  | 14 | 6  | 10 | 4  |                  |      |

T1, T2 ... T5 – теми

### 10. Методичне забезпечення

1. Сиротюк С. В., Станицький Т. О. Ознайомлення із нормативно-правовою документацією у галузі вітроенергетики. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Вітроенергетика". Дубляни, 2023. 12 с.
2. Сиротюк С. В., Станицький Т. О. Технологічний розрахунок вітроприймальних елементів та пристроїв. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Вітроенергетика". Дубляни, 2023. 16 с.
3. Сиротюк С. В., Станицький Т. О. Аеродинамічне дослідження лопатей та вітрового ротора. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Вітроенергетика". Дубляни, 2023. 20 с.
4. Сиротюк С. В., Станицький Т. О. Ознайомлення із структурою вітроелектричних установок. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Вітроенергетика". Дубляни, 2023. 14 с.
5. Сиротюк С. В., Станицький Т. О. Дослідження структури та будови вітроелектричної установки В-3. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Вітроенергетика". Дубляни, 2023. 8 с.
6. Сиротюк С. В., Станицький Т. О. Дослідження електромеханічної системи вітроелектричних установок. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Вітроенергетика". Дубляни, 2023. 22 с.
7. Сиротюк С. В., Станицький Т. О. Розрахунок параметрів вітроелектричних установок. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Вітроенергетика". Дубляни, 2023. 20 с.
8. Сиротюк С. В., Станицький Т. О. Дослідження процесів монтажу вітроелектричних установок. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Вітроенергетика". Дубляни, 2023. 22 с.

### 11. Рекомендована література

#### Базова

1. Сиротюк С. В., Боярчук В. М., Гальчак В. П. Альтернативні джерела енергії. Енергія вітру. Львів : "Магнолія 2006", 2017. 182 с.
2. Кудря С. О., Головка В. М. Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії: навч. посіб. К. : НТУУ "КПІ", 2011. 184 с.
3. Півняк Г., Шкрабець Ф., Нойбергер Н., Ципленков Д. Основи вітроенергетики: підручник. Д. : ДГУ, 2015. 335 с.

4. Lubośny Z. Elektrownie wiatrowe w systemie elektroenergetycznym. Warszawa : WNT, 2007. 277 s.
5. Stiebler M. Wind Energy Systems for Electric Power Generation. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. 193 p.

#### **Допоміжна**

1. Дудюк Д. Л., Мазепа С. С., Гнатишин Я. М. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі: Навч. посіб. Львів: "Магнолія 2006", 2008. 88 с.
2. Кінаш Р, Бурнаєв О. Вітрове навантаження і вітроенергетичні ресурси України. Львів: Вид. Науково-технічної літератури, 1998. 1152 с.
3. Оніпко О. Ф., Коробко Б. П., Миханюк В. М. Вітроенергетика та енергетична стратегія. К.: УАН, Фенікс, 2008. 168 с.
4. Maj J., Kwiatkiewicz P. Energetyka wiatrowa w wybranych aspektach. Poznan : Wojskowa Akademia Techniczna, 2016. 246 s.
5. Lubośny Z. Farmy wiatrowe w systemie elektroenergetycznym. Warszawa : WNT, 2013. 348 s.
6. Klugmann-Radziemska E. Odnawialne Źródła Energii: przykłady obliczeniowe. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej. Gdańsk, 2022. 100 s.

#### **12. Інформаційні ресурси**

1. Бібліотечно-інформаційні ресурси – книжковий фонд, періодика та фонди на електронних носіях бібліотеки ЛНУП, державних органів науково-технічної інформації, наукових, науково-технічних бібліотек та інших наукових бібліотек України.
2. Електронні версії конспектів лекцій, навчальних посібників, періодичних видань.
3. Електронні інформаційні ресурси мережі Інтернет з переліком сайтів:  
<https://moodle.lnup.edu.ua/> - Віртуальне навчальне середовище ЛНУП  
<https://uwea.com.ua/ua/>