



## Газотурбінні та парогазові установки

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

|   |   |
|---|---|
| Рівень вищої освіти                         | Другий (магістерський)  |
| Галузь знань                                | 14 Електрична інженерія   |
| Спеціальність                               | 144 «Теплоенергетика»   |
| Освітня програма                            | ОПП «Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій»  |
| Статус дисципліни                           | Вибіркова   |
| Форма навчання                              | Очна (денна)  |
| Рік підготовки, семестр                     | 5 курс, 1 семестр   |
| Обсяг дисципліни                            | 5 кредитів ECTS / 150 годин, з них 36 годин лекцій, 18 годин практичних занять, 96 годин СРС  |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи     | Практичні заняття, розрахункова робота, модульна контрольна робота,   |
| Розклад занять                              | Лекційні заняття – один раз на тиждень; практичні заняття – один раз на два тижні   |
| Мова викладання                             | Українська  |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: док. філософ. Власенко Ольга Володимирівна, 0965657607, <a href="mailto:olgakysak7@gmail.com">olgakysak7@gmail.com</a><br>Практичні / Семінарські: док. філософ. Власенко Ольга Володимирівна, 0965657607, <a href="mailto:olgakysak7@gmail.com">olgakysak7@gmail.com</a> |
| Розміщення курсу                            | Посилання на дистанційний ресурс (Google classroom)<br><a href="https://meet.google.com/hgy-nwcm-awi">https://meet.google.com/hgy-nwcm-awi</a>  |

#### Програма навчальної дисципліни

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

Економіка України, незважаючи на позитивні зрушення, все ще перебуває в тяжкому стані. Однією з причин такого стану є залежність від імпорту паливно-енергетичних ресурсів. За остання три десятиріччя газотурбінні установки (ГТУ) виявились тепловими двигунами, які набули найбільш динамічного розвитку в світовій енергетиці. Сформувались принципи конструювання ГТУ, які дозволили забезпечити їх надійність, теплову економічність, невеликі питомі вартості, експлуатаційні витрати і екологічну шкоду. На теперішній час перспективність застосування парогазових установок (ПГУ) на базі ГТУ є загально визнаною. Такі установки дозволяють значно підвищити ефективність електроенергії та поліпшити екологічну обстановку.

Підйом економіки України вимагатиме як заміни, так і нарощування існуючих енергетичних потужностей. При цьому, очевидно, буде зберігатись тенденція використання природного газу, що дозволяє здійснити реконструкцію енергетики і вирішити екологічні проблеми найбільш дешевими для економіки країни засобами. Створенню ефективних, конструктивно простих і відносно дешевих ПГУ приділяється на сьогодні велика увага.

В дисципліні «Газотурбінні та парогазові установки» розглядаються цикли газотурбінних установок, цикли парогазових установок, створення ГТУ-ТЕЦ на базі промислової котельні, створення ГТУ-ТЕЦ на базі опалювальної котельні, газотурбінна

надбудова на ТЕЦ, створення парогазової установки на ТЕЦ з теплофікаційною турбіною, класифікація комбінованих установок з паровими й газовими турбінами.

Метою навчальної дисципліни є підсилення наступних компетентностей у студентів:

- ЗК 1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- ЗК 3. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми;
- ФК 2. Здатність аналізувати та комплексно інтегрувати сучасні знання з природничих, інженерних, суспільно-економічних та інших наук для розв'язання складних задач і проблем теплоенергетики;
- ФК 5. Здатність розробляти, реалізовувати, впроваджувати і супроводжувати проекти з урахуванням всіх аспектів проблеми, яка вирішується, включаючи етапи проектування, виробництва, експлуатації, технічного обслуговування та утилізації теплоенергетичного обладнання;
- ФК 7. Здатність здійснювати інноваційну діяльність в теплоенергетиці;
- ФК 10. Здатність до визначення потреби виробництва в паливно-енергетичних ресурсах, обґрунтуванню заходів по економії енергоресурсів, розробленні норм їх витрат, розрахунку потреб виробництва в енергоресурсах.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- ПРН 1. Аналізувати, застосовувати та створювати складні інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до обраного напрямку теплоенергетики;
- ПРН 2. Аналізувати і обирати ефективні аналітичні, розрахункові та експериментальні методи розв'язання складних задач теплоенергетики;
- ПРН 4. Відшукувати необхідну інформацію з різних джерел, оцінювати, обробляти та аналізувати цю інформацію;
- ПРН 7. Знати, розуміти і застосовувати у практичній діяльності ключові концепції, сучасні знання та кращі практики в теплоенергетичній галузі, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії.;
- ПРН 11. Оцінювати і забезпечувати якість об'єктів і процесів теплоенергетики.

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

Вимоги до початку вивчення – базові знання в області термодинаміки та гідрогазодинаміки, основних процесів енергетичної конверсії на електростанціях, конструкції та особливостей функціонування турбін.

Забезпечується: турбінні установки.

Забезпечує: набуті знання та навички можуть бути використані студентом на будь-якому етапі навчання.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Газотурбінні установки**

**Тема 1.1.** Цикли газотурбінних установок

**Тема 1.2.** Створення ГТУ-ТЕЦ на базі промислової котельні.

**Тема 1.3.** Газотурбінна надбудова на ТЕЦ.

### **Розділ 2. Парогазові установки**

**Тема 2.1.** Цикли парогазових установок.

**Тема 2.2.** Показники роботи парогазової установки.

**Тема 2.3.** Класифікація комбінованих установок з паровими й газовими турбінами.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова література

1. Чепурний М.М., Ткаченко С.Й. Основи технічної термодинаміки. – Вінниця: «Поділля-2000». – 2004. – 352 с.
2. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й.. Енергозбережні технології в теплоенергетиці, Вінниця: ВНТУ, 2009. – 114 с.
3. Чепурний М.М., Ткаченко С.Й., Бужинський В.В. Розрахунки теплових схем когенераційних установок. – Вінниця: ВНТУ, 2003. – 104с.
4. Резидент Н.В.,Ткаченко С.Й., Чепурний М.М. Експлуатація промислового теплоенергетичного устаткування Частина II. Експлуатація промислових паротурбінних установок : навчальний посібник – Вінниця: ВНТУ, 2016. – 101 с.
5. Чепурний М. М., Резидент Н.В. Нагнітачі та теплові двигуни [Текст] : навчальний посібник – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 99 с.
6. Закон України про енергозбереження. – Київ, 1995.– 12 с.

##### Допоміжна література

1. Стратегія розвитку паливно-енергетичного комплексу України до 2030 року. – К. : Вид-во Мін-ва палива та енергетики України, 2013. – 166 с.
2. Чепурний М. М. Ефективність роботи паротурбінних і газотурбінних. Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2008. – № 2. – С. 36 – 40.
3. Чепурний М. М. , Бужинський М. В. Енергетичні характеристики газопарових ТЕЦ з протитисковими паровими турбінами. Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2009. — № 2. — С. 51—54.
4. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й., Дишлюк С. В., «Застосування прибудованих турбін на теплоелектроцентралях з протитисковими турбінами», Вісник ВПП, вип. 4, с. 82–85, Листоп. 2010.

##### Інформаційні ресурси:

1. Створення та розвиток парогазових й газопарових установок, їх класифікація . [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-3/part-1/section-3/3-8>
2. Газотурбінні надбудови на промислових теплоелектроцентралях з протитисковими паровими турбінами [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/242>
3. Застосування прибудованих теплофікаційних турбін на промислових теплоелектроцентралях [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/206/204>

#### Навчальний контент

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

##### Лекційні заняття

| № з/п                                   | Назва теми лекції та перелік основних питань   |
|---|--|
| <b>Розділ 1. Газотурбінні установки</b> |  |
| 1                                       | Газові турбіни та газотурбінні установки.<br>Завдання на СРС. Ефективність роботи газотурбінних теплоелектроцентралей. |
| 2                                       | Цикли газотурбінних установок.   |

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
|                                       | <u>Завдання на СРС.</u> Класифікація систем автоматичного керування газотурбінних установок.  |
| 3                                     | Цикл ГТУ з ізобарним підведенням теплоти.<br><u>Завдання на СРС.</u> Регенеративний цикл ГТУ. Цикл ГТУ з ізохорним підведенням теплоти.   |
| 4                                     | Створення ГТУ-ТЕЦ на базі промислової котельні.<br><u>Завдання на СРС.</u> Цикл ГТУ з багатоступінчастим стиском і нагріванням робочого тіла.   |
| 5                                     | Створення ГТУ-ТЕЦ на базі опалювальної котельні.<br><u>Завдання на СРС.</u> Утилізація теплоти відпрацьованих в ГТУ на газоперекачувальних станціях.  |
| 6                                     | Газотурбінна надбудова на ТЕЦ.<br><u>Завдання на СРС.</u> Застосування прибудованої турбіни на ТЕЦ.   |
| 7                                     | Застосування бінарного циклу з низькотемпературним теплоносієм на ГТУ-ТЕЦ.<br><u>Завдання на СРС.</u> Застосування надбудови високого тиску на ТЕЦ.   |
| 8                                     | Створення ГТУ-ТЕЦ на газоперекачувальній станції.<br><u>Завдання на СРС.</u> Застосування переохолодження відхідних газів на ГТУ-ТЕЦ.   |
| <b>Розділ 2. Парогазові установки</b> |   |
| 9                                     | Парогазові установки.<br><u>Завдання на СРС.</u> Котел-утилізатор. Регулювання навантаження ПГУ з КУ.   |
| 10                                    | Основні типи парогазових установок. Показники термодинамічних циклів ПГУ.<br><u>Завдання на СРС.</u> Парогазові установки з вприскуванням пари.<br>Класифікація парових турбін.                                 |
| 11                                    | Цикли парогазових установок.<br><u>Завдання на СРС.</u> Модернізація котельних в ТЕЦ.   |
| 12                                    | Енергетичні характеристики парогазових установок з котлами-утилізаторами.<br><u>Завдання на СРС.</u> ПГУ з витісненням регенеративного підігріву живильної води і генерацією пари середнього тиску.             |
| 13                                    | Класифікація комбінованих установок з паровими й газовими турбінами.<br><u>Завдання на СРС.</u> Бінарні ПГУ з допалюванням у котлі-утилізаторі та у вугільному котлі, що підключено з ним по паралельній схемі. |
| 14                                    | Комбіновані установки. Технологічні показники парових турбін.<br><u>Завдання на СРС.</u> Схеми реалізації бінарних парогазових установок.   |
| 15                                    | Парогазові установки на твердому паливі.<br><u>Завдання на СРС.</u> Газопарова технологія.  |
| 16                                    | Монарні ПГУ (МПГУ).<br><u>Завдання на СРС.</u> Переваги монарних ПГУ у порівнянні з бінарними ПГУ.  |
| 17                                    | ГТУ та ПГУ на основі застосування технології газифікації твердого палива.   |
| 18                                    | Сучасний стан стаціонарного енергетичного газотурбобудування.   |

### Практичні заняття

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань  |
|-------|---|
| 1     | Розрахунок ГТУ.   |
| 2     | Визначення внутрішнього і ексергетичного ККД ГТУ відкритого типу.                               |
| 3     | Визначення внутрішнього і ексергетичного ККД ГТУ з регенерацією.                                |
| 4     | Розрахунок показників роботи котельні за існуючою тепловою схемою на базі промислової котельні. |
| 5     | Створення ГТУ-ТЕЦ за першим варіантом на базі промислової котельні.                             |
| 6     | Створення ГТУ-ТЕЦ за другим варіантом на базі промислової котельні.                             |
| 7     | Розрахунок показників роботи ГТУ-ТЕЦ на базі опалювальної котельні.                             |
| 8     | Газотурбінна надбудова на ТЕЦ. Показники роботи ТЕЦ за існуючою тепловою                        |

|    |   |
|----|---|
|    | схемою.   |
| 9  | Показники роботи ТЕЦ з газотурбінною надбудовою.  |
| 10 | Нарощення потужності енергосистеми шляхом застосування ПГУ на базі газоперекачувальної станції. |
| 11 | Ефективність застосування парогазової установки на базі ТЕЦ.                                    |
| 12 | Створення парогазової установки на ТЕЦ з теплофікаційною турбіною.                              |
| 13 | Показники роботи парогазової установки. Порівняння річних показників роботи ПТУ і ПГУ.          |
| 14 | Застосування бінарного циклу на ПТУ з протитисковою турбіною                                    |
| 15 | Експлуатаційні показники роботи турбогенераторів.   |
| 16 | Застосування детендер-генераторних агрегатів на газоперекачувальній станції.                    |
| 17 | Сучасний стан та перспективи розвитку комбінованих енергоустановок.                             |
| 18 | ПГУ з внутрішньою цикловою газифікацією вугілля.  |

## 6. Самостійна робота студента

| № з/п         | Питання, що виносяться на самостійну роботу студента  | Кількість годин СРС |
|---------------|---|---------------------|
| 1             | Ефективність роботи газотурбінних теплоелектроцентралей .   | 6                   |
| 2             | Класифікація систем автоматичного керування газотурбінних установок.  | 6                   |
| 3             | Регенеративний цикл ГТУ. Цикл ГТУ з ізохорним підведенням теплоти.  | 6                   |
| 4             | Цикл ГТУ з багатоступінчастим стиском і нагріванням робочого тіла.  | 6                   |
| 5             | Утилізація теплоти відпрацьованих в ГТУ на газоперекачувальних станціях   | 6                   |
| 6             | Застосування прибудованої турбіни на ТЕЦ.   | 6                   |
| 7             | Застосування надбудови високого тиску на ТЕЦ.   | 6                   |
| 8             | Застосування переохолодження відхідних газів на ГТУ-ТЕЦ.  | 6                   |
| 9             | Котел-утилізатор. Регулювання навантаження ПГУ з КУ.  | 6                   |
| 10            | Парогазові установки з вприскуванням пари.<br>Класифікація парових турбін.                                      | 6                   |
| 11            | Модернізація котельних в ТЕЦ.   | 6                   |
| 12            | ПГУ з витісненням регенеративного підігріву живильної води і генерацією пари середнього тиску.                  | 6                   |
| 13            | Бінарні ПГУ з допалюванням у котлі-утилізаторі та у вугільному котлі, що підключено з ним по паралельній схемі. | 6                   |
| 14            | Схеми реалізації бінарних парогазових установок.  | 6                   |
| 15            | Газопарова технологія.  | 6                   |
| 16            | Переваги монарних ПГУ у порівнянні з бінарними ПГУ.   | 6                   |
| <b>Всього</b> |   | <b>96</b>           |

В дисципліні «Газотурбінні та парогазові установки» передбачено індивідуальне завдання у вигляді розрахункової роботи «Розрахунок газотурбінних установок та парогазових установок». Для виконання розрахунково-графічної роботи надається теплова схема газотурбінної (парогазової) установки, початкові дані.

Метою виконання розрахункової роботи є набуття навичок розрахунку теплових схем газотурбінних установок.

Робота містить пояснювальну записку, яка має обсяг 20-30 сторінок з рисунками та схемами.

## 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вимоги викладача до студентів:

- Відвідувати лекційні та практичні заняття;
- Виконувати завдання, поставлені на практичних роботах, і вчасно їх здавати;
- Неохайне виконання розрахункової роботи зменшує оцінку за захист на 5 балів;
- Максимальна кількість балів при невчасному захисті розрахункової роботи, без поважних причин, зменшується до 15;
- За ведення конспекту лекцій нараховуються додаткові 1-5 балів, однак сумарний рейтинг студента не може перевищувати 100;
- За бажання здобувача, ним може бути підготовлено огляд наукових праць за темою узгодженою з викладачем лекційних або практичних занять, з метою отримання додаткових 1-5 балів. Однак сумарний рейтинг студента не може перевищувати 100.

Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO) Рейтинг студента з навчальної дисципліни складається з балів, які він отримує за: модульні контрольні роботи;

- 1) розрахунково-графічної роботи;
- 2) виконання та захист 9 завдань на практичних заняттях;
- 3) екзамен.

### Система рейтингових балів

Система оцінки успішності за видами занять і завдань з кредитного модуля згідно з робочою навчальною програмою:

|   | кількість | бали      |    | сума балів |
|---|-----------|-----------|----|------------|
| Практичні заняття                             | 9         | виконання | 2  | 18         |
|   |           | захист    | 3  | 27         |
| РГР   | 1         |           | 10 | 10         |
| МКР   | 1         |           | 5  | 5          |
| <b>Сума вагових балів контрольних заходів</b> |           |           |    | <b>60</b>  |

Шкала балів за відповідні рівні оцінювання з кожного виду контролю.

#### 1. МКР:

Модульна контрольна робота. (5 балів)

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 5 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 4 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 3 бал;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам) – 0 балів.

### 3. РГР:

Розрахунково-графічна робота. (10 балів)

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 7 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 5 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам) – 0 балів.

Сума стартових балів і балів за екзаменаційну роботу переводиться до оцінки згідно з таблицею

| 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  |

### Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають право і можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (детальніше: [https://osvita.kpi.ua/2020\\_7-170](https://osvita.kpi.ua/2020_7-170), [https://document.kpi.ua/files/2020\\_7-170.pdf](https://document.kpi.ua/files/2020_7-170.pdf)).

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

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. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

В умовах дистанційного режиму організація освітнього процесу здійснюється з використанням технологій дистанційного навчання: платформи дистанційного навчання «Сікорський» та «Електронний кампус». Навчальний процес у дистанційному режимі здійснюється відповідно до затвердженого розкладу навчальних занять. Заняття проходять з використанням сучасних ресурсів проведення онлайн-зустрічей (організація відео-конференцій на платформі Zoom) та дублюються на власному Youtube-каналі викладача, для можливості забезпечення асинхронного навчання студентів.

Навчання в умовах правового режиму воєнного стану передбачає:

- проведення усіх видів занять дистанційно (з використанням синхронної або асинхронної моделі освітньої взаємодії), у відповідності до Регламенту організації освітнього процесу в дистанційному режимі та Положення про дистанційне навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського;

- перенесення кінцевих термінів виконання індивідуальних завдань і завдань самостійної роботи на кінець семестру (з обов'язковим виконанням і захистом);

- внесення у рейтингову систему оцінювання змін стосовно нарахування штрафних балів - за не своєчасне виконання завдань: штрафні бали не нараховуються.

Для студентів існує можливість зарахування (у вигляді додаткових балів до рейтингу до 20 балів):

- сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою дисципліни;
- сертифікатів, які підтверджують участь у науково-практичних і наукових конференціях за тематикою дисципліни;
- публікація статті у науковому журналі за тематикою дисципліни.

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

**Складено** док. філософ., Власенко Ольгою Володимирівною

**Ухвалено** кафедрою теплової та альтернативної енергетики (протокол № 17 від 12.04.2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією ІАТЕ (протокол № 8 від 8.05.2023 р.)