



Турбіни теплових та атомних електричних станцій-2

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>144 «Теплоенергетика»</i>
Освітня програма	<i>ОПП «Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій»</i>
Статус дисципліни	<i>Обов'язкова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна прискорена)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS, 120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Практичні заняття, модульна контрольна робота, екзамен</i>
Розклад занять	<i>Згідно rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н. Пешко Віталій Анатолійович, 067-176-5471, vapeshko@gmail.com</i> Практичні / Семінарські: <i>Хмара Павло Петрович, 063-203-0903, ventbrand@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>Електронний кампус КПУ ім. Ігоря Сікорського</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Паротурбінні установки є головним тепловим двигуном теплових та атомних електричних станцій. Знання основних закономірностей та особливостей термо- та аеродинамічних процесів в проточних частинах парових турбін, особливостей їхньої конструкції та забезпечення надійної експлуатації є актуальними для бакалаврів спеціальності 144 «Теплоенергетика».

В дисципліні «Турбіни теплових та атомних електричних станцій» розглядаються основи теорії змінного режиму роботи парових турбін; теплові схеми і тепломеханічне обладнання ПТУ; турбоустановки атомних електричних станцій та особливості конструкції вологопарових турбін; конденсаційні установки ПТУ; конструкція та розрахунки на міцність елементів парової турбіни, а також системи регулювання ПТУ для теплових електростанцій та засоби підвищення їх ефективності і маневреності.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей:

- ЗК 3. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- ЗК 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК 7. Здатність працювати в команді;
- ЗК 10. Здатність спілкуватися іноземною мовою;

- **ФК 1.** Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні методи, методи природничих та технічних наук і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в теплоенергетичній галузі;
- **ФК 9.** Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію теплоенергетичного обладнання;
- **ФК 10.** Здатність дотримуватися професійних і етичних стандартів високого рівня у діяльності в теплоенергетичній галузі.

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

- **ПРН 2.** Знати і розуміти інженерні науки, що лежать в основі спеціальності «Теплоенергетика» відповідної спеціалізації, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях науки і техніки у сфері теплоенергетики;
- **ПРН 10.** Знати і розуміти технічні стандарти і правила техніки безпеки у сфері теплоенергетики;
- **ПРН 11.** Мати лабораторні / технічні навички, планувати і виконувати експериментальні дослідження в теплоенергетиці за допомогою сучасних методик і обладнання, оцінювати точність і надійність результатів, робити обґрунтовані висновки
- **ПРН 15.** Розуміти основні властивості та обмеження застосовуваних матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів;
- **ПРН 19.** Володіти необхідним науковим підґрунтям та методиками планування експериментальних досліджень специфічного теплового устаткування теплових і атомних електростанцій;
- **ПРН 20.** Володіти методами наукового дослідження процесів теплоенергетичного обладнання, а також вміти ефективно застосовувати сучасні електронні засоби щодо технологічного контролю, реєстрації та подальшої обробки вимірювальних параметрів при дослідженні та проектуванні теплоенергетичного устаткування.

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

Вимоги до початку вивчення – знання основних процесів енергетичної конверсії на ТЕС та АЕС, базові знання термо- та гідрогазодинаміки пари.

Дисципліна «Турбіни теплових та атомних електростанцій» забезпечується освітніми компонентами: «Технічна механіка», «Гідрогазодинаміка», «Технічна термодинаміка».

Дисципліна «Турбіни теплових та атомних електростанцій» забезпечує освітні компоненти: «Теплові та атомні електростанції та установки», «Контроль та регулювання паротурбінних установок електростанцій», «Надійність енергетичного обладнання», «Дипломне проектування».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Сталий режим роботи парових турбін.

Тема 3. Багатоступеневі парові турбіни.

Розділ 2. Змінний режим роботи парових турбін.

Тема 1. Змінний режим роботи турбін.

Тема 2. Вплив параметрів пари на потужність при змінному режимі роботи турбін.

Розділ 3. Автоматичне регулювання парових турбін.

Тема 1. Статика регулювання парових турбін.

Тема 2. Динаміка регулювання парових турбін.

Тема 3. Захист парових турбін.

Тема 4. Системи маслопостачання.

Розділ 4. Парові турбіни ТЕС та АЕС.

Тема 1. Турбіни комбінованого виробітку енергії.

Тема 2. Парові турбіни АЕС.

Розділ 5. Конденсаційні установки парових турбін.

Тема 1. Принципова схема конденсаційної установки та розрахунок конденсатора.

Тема 2. Конструктивні особливості конденсаційної установки.

Розділ 6. Конструкція та розрахунки на міцність парових турбін.

Тема 1. Конструкція сучасних парових турбін.

Тема 2. Конструкція та розрахунки на міцність основних елементів ротора турбін.

Тема 3. Конструкція та розрахунки на міцність основних елементів статора турбін.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Паровые и газовые турбины для электростанций / Костюк А.Г., Фролов В.В., Булкин А.Е., Трухний А.Д. – Москва: МЭИ, 2016. – 557 с. – ISBN: 978-5-383-01025-9.

2. Турбинные установки ТЭС и АЭС. Устройство, эксплуатация и ремонт: учебное пособие / Н. В. Зарубина, Н. Б. Карницкий. – Минск: Вышэйшая школа, 2020. – 431 с. – ISBN 978-985-06-3220-3.

3. Динамика и прочность турбомашин: учебник для вузов / А. Г. Костюк. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: МЭИ, 2007. – 477 с. – ISBN 978-5-383-01427-1.

4. Розрахунок відсіку парової турбіни. Методичні вказівки до практичних занять по курсу турбіни ТЕС та АЕС з грифом ТЕФ НТУУ КПІ. / Черноусенко О.Ю. Пешко В.А. – Київ: НТУУ «КПІ», гриф факультету (інституту); Гриф ТЕФ НММ № 15/16-74Е; гриф факультету (інституту); № протокола Ради 10; дата отримання грифу 25.04.2016. – 33 с.

5. Розрахунок механо-гідравлічної системи регулювання. Методичні вказівки до практичних занять по курсу "Контроль та регулювання паротурбінних установок" / О. Ю. Черноусенко. – Київ: ІВЦ „Політехніка», 2003р. – 24 с.

Допоміжна література

1. Національна енергетична компанія «Укренерго» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Київ : НЕК «Укренерго», 2020. – Режим доступу: ua.energy (дата звернення 10.06.2021) – Назва з екрана.

2. Регулирование и маслоснабжение паровых турбин: настоящее и ближайшая перспектива / М. С. Фрагин. – Санкт-Петербург: Энерготех, 2005. – 248 с. – ISBN 5-93364-007-7.

3. Пускові режими роботи парових турбін енергоблоків ТЕС / Мисак Й. С., Галянчук І. Р., Дворовенко В. М. – НВФ "Українські технології". – Львів, 2008. – 265 с.

4. Зупинка парових турбін енергоблоків ТЕС / Мисак Й. С., Кравець Т. Ю., Дворовенко В. М. – НВФ "Українські технології". – Львів, 2011. – 194 с.
5. Автоматическое регулирование паровых турбин: учебное пособие / В. А. Фомин. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 404 с.
6. Автоматическое регулирование энергоустановок / А. Е. Булкин. – Москва: МЭИ, 2016. – 508 с. – ISBN 978-5-383-01022-8.
7. Атомные электрические станции. Ч. 1: учеб. пособие / В. С. Киров. – Одес. нац. политехн. ун-т. – Одесса, 2018. – 201 с.
8. Атомные электрические станции. Ч. 2: учеб. пособие / В. С. Киров. – Одес. нац. политехн. ун-т. – Одесса, 2018. – 203 с.
9. Конструкція та призначення основних елементів парових турбін ТЕС та АЕС: Ч. 1, Статор Навчальний посібник для студентів теплоенергетичного факультету / О. Ю. Черноусенко, Л. С. Бутовський, О. О. Грановська, Р. І. Гудов // Електронне навчальне видання. Гриф НМУ № Е 10/11-081 від 02.12.2010 р., протокол № 3, 2010 – 150 с.
10. Конструкція та призначення основних елементів парових турбін ТЕС та АЕС: Ч. 2, Ротор Навчальний посібник для студентів теплоенергетичного факультету / О. Ю. Черноусенко, Л. С. Бутовський, О. О. Грановська, Т. В. Нікуленкова // Електронне навчальне видання. Гриф НМУ № Е 12/13-042 від 18.10.2012 р., протокол № 2, 2012 – 85 с.
11. Розрахунок систем автоматичного регулювання ПТУ. Методичні вказівки до розрахункової роботи по курсу "Контроль та регулювання паротурбінних установок" для студентів спеціальності «Атомні електричні станції» денної форми навчання / О. Ю. Черноусенко // Електронне навчальне видання. Гриф НМУ № Е 12/13–1/1 від 13.11.2012 р., протокол № 4, 2012. – 48 с.
12. Бойковий автомат безпеки Методичні вказівки до лабораторних робіт / Черноусенко О. Ю., Бутовський Л. С., Грановська О. О., Пешко В. А. – Київ: НТУУ «КПІ», № протокола Вченої ради ТЕФ 9; дата отримання грифу 23.03.2015. – 22 с.
13. Стрічково-пружинний регулятор швидкості» Методичні вказівки до лабораторних робіт / Черноусенко О.Ю. Пешко В.А. – Київ: НТУУ «КПІ», Гриф ТЕФ НММ № 15/16-72Е; № протокола Ради 10; дата отримання грифу 25.04.2016. – 21 с.
14. Тепловий розрахунок одноступеневої парової турбіни» Методичні вказівки до розрахункової роботи, автори Черноусенко О.Ю., Бутовський Л.С. Грановська О.О., Мороз О.С., Пешко В.А. – Київ: НТУУ «КПІ», Гриф ТЕФ НММ № 15/16-71Е; гриф факультету (інституту); № протокола Ради 10; дата отримання грифу 25.04.2016. – 51 с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Тема 1.3. Багатоступеневі парові турбіни. Лекція 1. Ущільнення багатоступеневих парових турбін. Осьові зусилля та засоби їх врівноваження. Завдання на СРС. Експериментальні залежності для визначення витрати пари в ущільненнях.
2	Лекція 2. Ерозія деталей парових турбін. Сепарація вологи в турбіні. Завдання на СРС. Методи видалення вологи (активні, активно-пасивні та пасивні).
3	Тема 2.1. Змінний режим роботи турбін. Лекція 3. Робота турбінного ступеню при не розрахунковому режимі. Ступінь реактивності турбінної ступені та витрата пари крізь ступінь. ККД ступені при Завдання на СРС. Змінний режим роботи турбінного ступеня. Сітка Щегляєва.
4	Лекція 4. Розподіл тисків та тепло перепадів по ступенях турбіни при змінному режимі роботи. Завдання на СРС. Розрахунок турбінного ступеню при змінному режимі роботи та зміні витрати пари крізь турбіну.
5	Лекція 5. Тепловий процес турбіни при змінному режимі роботи та різних системах паророзподілення. Соплове паророзподілення. Дросельне та обводне паророзподілення. Завдання на СРС. Конструктивне виконання соплового та дросельного паророзподілення парової турбіни К-200-130, К300-240.
6	Тема 2.2. Вплив параметрів пари на потужність при змінному режимі роботи турбін. Лекція 6. Вплив відхилення початкових параметрів пари та температури промперегріву на потужність турбіни. Вплив кінцевого тиску пари на потужність турбіни. Завдання на СРС. Приклад розрахунку змінних режимів роботи парових турбін.
7	Тема 3.1. Статика регулювання парових турбін. Лекція 7. Задачі регулювання. Принципова схема непрямого регулювання. Кількісне (соплове), якісне (дросельне) регулювання турбін. Статична характеристика органів паророзподілення. Завдання на СРС. Схема регулювання та P-G діаграма парової турбіни К-200-130.
8	Лекція 8. Регулюючі клапани. Розрахунок перетинів регулюючих клапанів. Статична характеристика регулюючих клапанів. Завдання на СРС. Регулятори швидкості. Регулятори тиску. Схема регулювання та P-G діаграма парової турбіни К-300-240.
9	Лекція 9. Статична характеристика регулятора. Ступінь нерівномірності та ступінь нечутливості системи регулювання. Сервомотори. Золотники. Статична характеристика передавального механізму. Завдання на СРС. Схема регулювання парової турбіни К-1000-60/1500.
10	Лекція 10. Статична характеристика регулювання. Діаграма 4-х квадрантів. Завдання на СРС. Схема регулювання парової турбіни К-220-44.
11	Лекція 11. Засоби змінення регульованих параметрів. Паралельна робота турбогенераторів. Завдання на СРС. Схема регулювання парової турбіни К-1000-65/3000.
12	Тема 3.2. Динаміка регулювання парових турбін. Лекція 12. Динаміка регулювання ТУ АЕС. Диференціальні рівняння руху основних елементів САР.

	<i>Завдання на СРС. Лінеаризація диференціальних рівнянь.</i>
13	Лекція 13. Рівняння руху ротору. Рівняння руху регулятора. Рівняння руху сервомотору та золотника. <i>Завдання на СРС. Рівняння руху ємності постійного та змінного об'єму.</i>
14	Лекція 14. Описання САР. Характеристичний поліном. Передаточна функція ланки. Передаточна функція розімкнутої та замкнутої САР. <i>Завдання на СРС. Дослідження на усталеність систем прямого регулювання. Вплив фактору саморегулювання.</i>
15	Лекція 15. Необхідні та достатні умови усталеності систем регулювання. Критерії усталеності систем регулювання. <i>Завдання на СРС. Дослідження на усталеність систем непрямого регулювання.</i>
16	Лекція 16. Динамічна характеристика регулювання. <i>Завдання на СРС. Динамічні процеси при скиданні навантаження.</i>
17	Тема 3.3. Захист парових турбін. Лекція 17. Захист турбін (від підвищення частоти обертів, осьового зсуву, погіршення вакууму в конденсаторі та інші). <i>Завдання на СРС. Електрогідравлічні САР. Конструктивні схеми регулювання турбін КТЗ, ЛМЗ, ХТЗ, ТМЗ та їх особливості.</i>
18	Тема 3.4. Системи масло постачання. Лекція 18. Схеми масло постачання турбін. Конструктивні елементи систем масло постачання. <i>Завдання на СРС. Конструктивні схеми масло постачання турбін КТЗ, ЛМЗ, ХТЗ, ТМЗ та їх особливості.</i>
19	Тема 4.1. Турбіни комбінованого виробітку енергії. Лекція 19 Турбіни з протитиском. Турбіни з одним регульованим відбором пари. Турбіни з протитиском та регульованим відбором пари. <i>Завдання на СРС. Діаграми режимів турбіни з протитиском, з одним регульованим відбором пари, з протитиском та регульованим відбором пари.</i>
20	Лекція 20. Турбіни з двома регульованими відборами пари. Турбіни з двома опалювальними відборами пари. <i>Завдання на СРС. Діаграми режимів турбіни з двома регульованими відборами пари, з двома опалювальними відборами пари.</i>
21	Тема 4.2. Парові турбіни АЕС. Лекція 21. Особливості робочого процесу волого-парових турбін. Вибір основних параметрів турбоустановок (параметрів системи зовнішньої сепарації та проміжного перегріву пари, початкових параметрів пару та температури питної води). <i>Завдання на СРС. Принципові схеми, основні характеристики АЕС (К-220-44).</i>
22	Лекція 22. Особливості конструкції турбін АЕС та їх окремих елементів. Вимоги до якості металу основних деталей турбін АЕС. Засоби зменшення вологості. <i>Завдання на СРС. Принципові схеми, основні характеристики АЕС (К-500-65/1500, К-1000-60/1500).</i>
23	Тема 5.1. Принципова схема конденсаційної установки та розрахунок конденсатора Лекція 23. Схема конденсаційної установки та її елементи. Тепловий процес в конденсаторі. Основи теплового розрахунку конденсатора. <i>Завдання на СРС. Паровий опір конденсатора. Переохолодження конденсату. Водяна та повітряна щільність конденсату.</i>
24	Тема 5.2. Конструктивні особливості конденсаційної установки Лекція 24. Конструкція конденсаторів. Повітряні, конденсатні та циркуляційні насоси. <i>Завдання на СРС. Питання експлуатації конденсаційних установок.</i>
25	Тема 6.1. Конструкція сучасних парових турбін Лекція 25. Основні принципи конструювання. Конструкція сучасних парових турбін. <i>Завдання на СРС. Конструкція робочих лопаток парових турбін та розрахунки їх на</i>

	міцність (визначення розтягуючих та згинаючих напружень). Визначення моменту інерції профілю лопатки. Розрахунки на міцність лопаткових хвостовиків.
26	Тема 6.2. Конструкція та розрахунки на міцність основних елементів ротора турбін. Лекція 26. Розрахунок робочих лопаток на вібрацію. Конструкція та розрахунок на міцність дисків парових турбін (диск незмінної товщини зі ступицею, диск конічного профілю). Метод розрахунків дисків. Розрахунок на міцність валів парових турбін. Розрахунок валу на критичну частоту обертів. Завдання на СРС. Матеріали, які застосовуються для вироблення робочих лопаток, дисків, валів парових турбін.
27	Тема 6.3. Конструкція та розрахунки на міцність основних елементів статора турбін. Лекція 27. Міцність корпусів турбін. Розрахунок на міцність діафрагм (сталевих зварювальних, чавунних з замінними сталевими лопатками). Завдання на СРС. Матеріали, які застосовуються для вироблення корпусів, діафрагм парових турбін.

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Розрахунки на змінний режим роботи парових турбін.
2	Розрахунок паророзподільних та регулюючих клапанів для соплового паророзподілення.
3	Вибір номінальних розмірів клапанів парових турбін ТЕС та АЕС.
4	Розрахунок залежності висоти підйому клапана функції витрати пари крізь нього. Зусилля на штоку клапану.
5	Статична характеристика регулювання ПТУ.
6	Конструктивні схеми регулювання турбін АЕС. Конструктивні схеми регулювання турбін середньої та великої потужності ТЕС.
7	Вибір сервомотору та статична характеристика передавального механізму парової турбіни.
8	Динамічна характеристика регулювання ПТУ.
9	Дослідження на усталеність САР. Динамічна характеристика передавального механізму парової турбіни.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання
1	Експериментальні залежності для визначення витрати пари в ущільненнях. Методи видалення вологи (активні та пасивні).
2	Змінний режим роботи турбінного ступеня. Сітка Щегляєва. Розрахунок турбінного ступеню при змінному режимі роботи. Конструктивне виконання соплового паророзподілення турбіни К-200-130, К-300-240.
3	Приклад розрахунку змінних режимів роботи парових турбін.
5	Схема регулювання та P-G діаграма парової турбіни К-200-130. Регулятори швидкості. Регулятори тиску. Схема регулювання та P-G діаграма парової турбіни К-300-240. Схема регулювання парової турбіни К-1000-60/1500. Схема регулювання парової турбіни К-220-44. Схема регулювання парової турбіни К-1000-65/3000.
6	Лінеаризація диференціальних рівнянь. Дослідження на усталеність систем прямого регулювання. Вплив фактору саморегулювання. Дослідження на усталеність систем непрямого регулювання. Динамічні процеси при скиданні навантаження.

7	Електрогідравлічні САР. Конструктивні схеми регулювання турбін КТЗ, ЛМЗ, ХТЗ, ТМЗ та їх особливості.
8	Конструктивні схеми масло постачання турбін КТЗ, ЛМЗ, ХТЗ, ТМЗ та їх особливості.
9	Діаграми режимів турбіни з протитиском, з одним регульованим відбором пари, з протитиском та регульованим відбором пари. Діаграми режимів турбіни з двома регульованими відборами пари, з двома опалювальними відборами пари.
10	Принципові схеми, основні характеристики волого-парових турбін АЕС (К-220-44, К-1000-65/3000).
11	Паровий опір конденсатора. Переохолодження конденсату. Водяна та повітряна щільність конденсату.
12	Питання експлуатації конденсаційних установок.
13	Конструкція робочих лопаток парових турбін та розрахунки їх на міцність (визначення розтягуючих та згинаючих напружень). Визначення моменту інерції профілю лопатки. Розрахунки на міцність лопаткових хвостовиків.
14	Матеріали, які застосовуються для вироблення робочих лопаток, дисків, валів парових турбін.
15	Матеріали, які застосовуються для вироблення корпусів, діафрагм парових турбін.

Політика та контроль

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;
- За кожен тиждень запізнення з поданням виконаного домашнього завдання від встановленого терміну оцінка знижується на 1 бал;
- Максимальна кількість балів при невчасному складанні модульної контрольної роботи, без поважних причин, зменшується до 20;
- За ведення конспекту лекцій нараховуються додаткові 1-5 балів, однак сумарний стартовий рейтинг не може бути більше 60.

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

Поточний контроль: виконання завдань на практичних заняттях, здача домашніх завдань, модульна контрольна робота.

Календарний контроль: умовою отримання позитивної оцінки під час календарного контролю є здача всіх заданих домашніх завдань.

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: здача модульної контрольної роботи, всіх домашніх завдань та семестровий стартовий рейтинг $R_c \geq 30$.

Вид поточного контролю	кількість	бали		сума балів
Практичні заняття	9	відповіді на занятті	1	30
Домашні завдання	7	виконання	3	
МКР	1		30	30
Сума вагових балів контрольних заходів				60

Шкала балів за відповідні рівні оцінювання з кожного виду поточного контролю.

1. Модульна контрольна робота

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 30-26 балів;

- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 25-16 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 15-6 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам) – 5-0 балів.

2. Практичне заняття (з розрахунку на виконане домашнє завдання та роботу на занятті):

- «відмінно», творче розкриття питань, вільне володіння матеріалом – 30-26 балів;
- «добре», глибоке розкриття питань – 25-16 балів;
- «задовільно», не достатньо повне розкриття питань, достатня робота на практичному занятті – 15-5 балів;

Максимальна сума балів стартової складової складає 60. Необхідною умовою допуску до екзамену є позитивна оцінка з виконання всіх домашніх завдань, здача модульної контрольної роботи та стартовий рейтинг не менше 30 балів. Кожен екзаменаційний білет містить два теоретичних питання (10 балів) і одну задачу (20 балів).

Кожне питання залікової роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

- правильне раціональне рішення, або повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 18-20 (9-10) балів;
- достатньо повна відповідь, правильне рішення (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 14-17 (7-8) балів;
- неповна відповідь, рішення з помилками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 13 (6) балів;
- незадовільна відповідь, або відсутність рішення (менше 60% потрібної інформації та помилки) – менше 12 (5) балів.

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

$R_D = R_C + R_E$	Оцінка ECTS
$95 \leq R_D \leq 100$	A - відмінно
$85 \leq R_D \leq 94$	B – дуже добре
$75 \leq R_D \leq 84$	C - добре
$65 \leq R_D \leq 74$	D - задовільно
$60 \leq R_D \leq 64$	E - достатньо
$R_D \leq 59$	F_X - незадовільно
Не здано МКР, не зараховано домашнє завдання, або $R_C < 30$	F – незадовільно (потрібна додаткова робота)

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом, канд. техн. наук, Пешком Віталієм Анатолійовичем

Ухвалено кафедрою ТЕУТ та АЕС (протокол № 19 від 18.06.2021)

Погоджено Методичною радою теплоенергетичного факультету (протокол № 11 від 24.06.2021)