



CFD моделювання процесів тепло-масообміну в елементах енергогенеруючого обладнання та конструювання систем термостабілізації

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

	Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	G Інженерія, виробництво та будівництво	
Спеціальність	G4 Енерговиробництво	
Спеціалізація	G4.02 Теплоенергетика	
Освітня програма	Інженерія енергогенеруючого обладнання та системи термостабілізації	
Статус дисципліни	Нормативна	
Форма навчання	Очна (денна)	
Рік підготовки, семестр	5 курс, весняний семестр	
Обсяг дисципліни	120 годин / 4 кредити ЄКТС, 10 годин лекцій, 36 годин комп'ютерний практикум, 74 години СРС	
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен / МКР	
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/	
Мова викладання	Українська	
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор/комп'ютерний практикум: д.т.н., Хайрнасов Сергій Манісович, sergey.khairnasov@gmail.com	
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=7932	

Програма навчальної дисципліни

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

В рамках дисципліни майбутні фахівці будуть вивчати пакет прикладних програм Simcenter FloTHERM (ліцензія), який є загальноприйнятим галузевим інструментом, призначеним для виконання CFD моделювання при розробці систем термостабілізації: енергогенеруючого обладнання, комп'ютерних систем обробки даних, телекомунікаційного обладнання та мережевих систем, аерокосмічних та оборонних систем, автомобільних та транспортних систем, побутової та силової електроніки. Крім того, пакет прикладних програм Simcenter FloTHERM є простим інструментом, що дозволяє швидко створювати теплові моделі та забезпечувати швидкий і точний розрахунок, даючи можливість студентам за короткий час отримати основні навички проектування вищезазначених систем.

Предметом навчальної дисципліни є методи теплотехнічного проектування елементів енергогенеруючого обладнання та систем термостабілізації, а також проведення аналізу процесів тепло-масообміну при їх функціонуванні, з метою створення їх ефективних та надійних конструкцій.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів компетентностей:

- **ФК 09.** Здатність розробляти та застосовувати математичні, фізичні і комп'ютерні моделі, наукові і технічні методи та сучасне комп'ютерне програмне забезпечення для розв'язання інженерних задач в галузі енергетичного машинобудування.
- **ФК 10.** застосовувати системний підхід, знання сучасних технологій та методів при дослідженні, проектуванні, модернізації та експлуатації теплоенергетичного обладнання.

Програмними результатами навчання є:

- **ПРН 08.** Розробляти, обирати та застосовувати ефективні розрахункові методи розв'язання складних задач енергетичного машинобудування.
- **ПРН 14.** Використовуючи сучасні комп'ютерні технології і спеціалізовані пакети програм, розроблювати конструкції і експлуатаційні режими роботи теплоенергетичного обладнання.
- **ПРН 15.** Аналізувати і використовувати методи оптимізації для розв'язання складних інженерних задач.

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

Пререквізити дисципліни: теорія теплообміну, теплообмін при фазових перетвореннях і випромінюванні, гідрогазодинаміка, чисельне моделювання процесів теплообміну в елементах енергетичного обладнання та системах термостабілізації.

Постреквізити дисципліни: дипломне проектування.

3. Зміст навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1. Основи пакету прикладних програм Simcenter FloTHERM (лекційний матеріал).

Тема 1.1. Загальні відомості.

Тема 1.2. Складові модулі пакету прикладних програм Simcenter FloTHERM.

РОЗДІЛ 2. Теплотехнічного проектування елементів енергогенеруючого обладнання та систем термостабілізації (комп'ютерний практикум).

Тема 2.1. Теплообмін при природній конвекції.

Тема 2.2. Теплообмін при випромінюванні.

Тема 2.3. Теплообмін при вимушеній конвекції.

Тема 2.4. Теплообмін в двофазних теплопередавальних пристроях.

Тема 2.5. Теплотехнічне проектування нагрівача повітря.

Тема 2.6. Теплотехнічне проектування утилізатора теплоти вентиляційних викидів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. FloTHERM: Basic Training / Jay Chien. – Taiwan: Mentor Graphics Corporation and EFD Corporation, 2013. – 210 p.

https://www.efd.com.tw/uploads/1/3/2/1/13213742/flotherm_training.pdf

2. Design and Optimization of Thermal Systems, Third Edition / Yogesh Jaluria. – Boca Raton: CRC Press / Taylor & Francis Group, 2019. – 614 p.

<https://doi.org/10.1201/9780429085789>

3. Константинов С.М. Теплообмін: Підручник. - К.: ВПІ ВПК "Політехніка": Інрес, 2005. - 304 с.

http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2015/Konstantinov_2005_304.pdf

Допоміжна література:

4. Кулінченко В.Р., Шевченко О.Ю. Теплопередача з елементами масообміну (теорія і практика процесу). Підручник. – К.: Фенікс, 2014.- 920 с.
5. Шевель, Є. В. Теплообмін при фазових перетвореннях і випромінюванні [Електронний ресурс] : підручник для здобувачів ступеня бакалавра енергетичних спеціальностей / Шевель Євген Вікторович, Воробйов Микита Валерійович; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1файл: 9,94 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 134 с.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48257>

Інформаційні ресурси:

- Кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського – <http://login.kpi.ua>
Науково-технічна бібліотека ім. Г. І. Денисенка – <https://www.library.kpi.ua/>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

При вивченні дисципліни використовуються репродуктивний, евристичний, дослідницький методи навчання та метод проблемного викладення.

Згідно навчального плану для опанування матеріалу дисципліни передбачено лекційні та практичні заняття.

№ з/п	Назва теми лекції та комп'ютерного практикуму, перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
РОЗДІЛ 1. Основи пакету прикладних програм Simcenter FloTHERM (лекційні заняття).	
1.	Тема 1.1 Загальні відомості. Лекція 1. Застосування та функціонування. [1], [2]. Лекція супроводжується показом слайдів по темі.
2.	Тема 1.2 Складові модулі пакету прикладних програм Simcenter FloTHERM. Лекція 2. Побудова геометрії. [1], [2]. Лекція супроводжується показом слайдів по темі.
3.	Лекція 3. Побудова сітки. [1], [2]. Лекція супроводжується показом слайдів по темі.
4.	Лекція 4. Постобробка даних. [1], [2]. Лекція супроводжується показом слайдів по темі.
5.	Лекція 5. Блок управління задачами та оптимізація. [1], [2]. Лекція супроводжується показом слайдів по темі.
РОЗДІЛ 2. Теплотехнічного проектування елементів енергогенеруючого обладнання та систем термостабілізації (комп'ютерний практикум).	
6.	Модульна контрольна робота.
7.	Тема 2.1 Теплообмін при природній конвекції. Комп'ютерний практикум 1. Побудова комп'ютерної моделі радіатора для природньої конвекції. [1], [3], [4]. СРС. Модель радіатора для природньої конвекції.
8.	Комп'ютерний практикум 2. Побудова плану оптимізації конструкції радіатора для природньої конвекції. [1], [3], [4]. СРС. План оптимізації конструкції радіатора для природньої конвекції.
9.	Комп'ютерний практикум 3. Аналіз результатів оптимізації, вибір оптимальної конструкції радіатора для природньої конвекції. [1], [3], [4]. СРС. Теплообмін при природній конвекції: підготовка звіту.

№ з/п	Назва теми лекції та комп'ютерного практикуму, перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
10.	Тема 2.2 Теплообмін при випромінюванні. Комп'ютерний практикум 4. Побудова комп'ютерної моделі радіатора для природної конвекції з урахуванням теплообміну випромінюванням. [1], [3], [4], [5]. СРС. Модель радіатора для природної конвекції з урахуванням теплообміну випромінюванням.
11.	Комп'ютерний практикум 5. Побудова плану оптимізації конструкції радіатора для природної конвекції з урахуванням теплообміну випромінюванням. [1], [3], [4], [5]. СРС. План оптимізації конструкції радіатора для природної конвекції з урахуванням теплообміну випромінюванням.
12.	Комп'ютерний практикум 6. Аналіз результатів оптимізації, вибір оптимальної конструкції радіатора для природної конвекції з урахуванням теплообміну випромінюванням. [1], [3], [4], [5]. СРС. Теплообмін при природній конвекції з урахуванням теплообміну випромінюванням: підготовка звіту.
13.	Тема 2.3 Теплообмін при вимушеній конвекції. Комп'ютерний практикум 7. Побудова комп'ютерної моделі радіатора для вимушеної конвекції. [1], [3], [4]. СРС. Модель радіатора для вимушеної конвекції.
14.	Комп'ютерний практикум 8. Побудова плану оптимізації конструкції радіатора для вимушеної конвекції. [1], [3], [4]. СРС. План оптимізації конструкції радіатора для вимушеної конвекції.
15.	Комп'ютерний практикум 9. Аналіз результатів оптимізації, вибір оптимальної конструкції радіатора для вимушеної конвекції. [1], [3], [4]. СРС. Теплообмін при вимушеній конвекції: підготовка звіту.
16.	Тема 2.4 Теплообмін в двофазних теплопередавальних пристроях. Комп'ютерний практикум 10. Побудова комп'ютерної моделі системи термостабілізації на основі теплових труб. [1], [3], [5]. СРС. Модель системи термостабілізації на основі теплових труб.
17.	Комп'ютерний практикум 11. Побудова плану оптимізації конструкції системи термостабілізації на основі теплових труб. [1], [3], [5]. СРС. План оптимізації конструкції системи термостабілізації на основі теплових труб.
18.	Комп'ютерний практикум 12. Аналіз результатів оптимізації, вибір оптимальної конструкції системи термостабілізації на основі теплових труб. [1], [3], [5]. СРС. Теплообмін в двофазних теплопередавальних пристроях: підготовка звіту.
19.	Тема 2.5 Теплотехнічний аналіз нагрівача повітря. Комп'ютерний практикум 13. Побудова комп'ютерної моделі нагрівача повітря. [1], [2], [3], [4]. СРС. Модель нагрівача повітря.
20.	Комп'ютерний практикум 14. Побудова плану оптимізації конструкції нагрівача повітря. [1], [2], [3], [4]. СРС. План оптимізації конструкції нагрівача повітря.
21.	Комп'ютерний практикум 15. Аналіз результатів оптимізації, вибір оптимальної конструкції нагрівача повітря. [1], [2], [3], [4]. СРС. Теплотехнічне проектування нагрівача повітря: підготовка звіту.
22.	Тема 2.6 Теплотехнічне аналіз утилізатора теплоти вентиляційних викидів. Комп'ютерний практикум 16. Побудова комп'ютерної моделі утилізатору теплоти вентиляційних викидів. [1], [2], [3], [5].

№ з/п	Назва теми лекції та комп'ютерного практикуму, перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
	СРС. Модель утилізатору теплоти вентиляційних викидів.
23.	Комп'ютерний практикум 17. Аналіз результатів оптимізації, вибір оптимальної конструкції утилізатору теплоти вентиляційних викидів. [1], [2], [3], [5]. СРС. План оптимізації та теплотехнічний аналіз утилізатору теплоти вентиляційних викидів.

6. Самостійна робота студента

Основні завдання СРС: пошук додаткової інформації за темою лекцій, закріплення та більш глибоке засвоєння навчального теоретичного матеріалу, викладеного у лекціях дисципліни

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	Модель радіатору для природньої конвекції.	3
2.	План оптимізації конструкції радіатора для природньої конвекції.	2
3.	Теплообмін при природній конвекції: підготовка звіту.	3
4.	Модель радіатору для природньої конвекції з урахуванням теплообміну випромінюванням.	3
5.	План оптимізації конструкції радіатора для природньої конвекції з урахуванням теплообміну випромінюванням.	2
6.	Теплообмін при природній конвекції з урахуванням теплообміну випромінюванням: підготовка звіту.	3
7.	Модель радіатору для вимушеної конвекції.	3
8.	План оптимізації конструкції радіатора для вимушеної конвекції.	2
9.	Теплообмін при вимушеній конвекції: підготовка звіту.	3
10.	Модель системи термостабілізації на основі теплових труб.	5
11.	План оптимізації конструкції нагрівача повітря.	2
12.	Теплообмін в двофазних теплопередавальних пристроях: підготовка звіту.	5
13.	Модель нагрівача повітря.	5
14.	План оптимізації конструкції нагрівача повітря.	3
15.	Теплотехнічне проектування нагрівача повітря: підготовка звіту.	5
16.	Модель утилізатору теплоти вентиляційних викидів.	5
17.	План оптимізації та теплотехнічний аналіз утилізатору теплоти вентиляційних викидів.	8
18.	Підготовка до МКР.	4
19.	Підготовка до заліку.	8
Всього		74

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

Відвідування занять

Відвідування лекцій та консультацій не оцінюється. Однак, студентам рекомендується їх відвідувати, оскільки на них викладається теоретичний матеріал, необхідний для виконання лабораторних та самостійних робіт.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (згідно "Положення про систему забезпечення якості вищої освіти у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», "Положення про організацію навчального процесу").

Дотримання положень «Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського» (розділи 2 та 3)

Співпраця студентів у розв'язанні проблемних завдань дозволена, але відповіді кожний студент захищає самостійно. Взаємодія студентів під час заліку категорично забороняється і будь-яка така діяльність буде вважатися порушенням академічної доброчесності згідно принципів університету щодо академічної доброчесності.

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

Види контролю знань студента з дисципліни:

- опитування.
- захист практичних завдань;
- виконання МКР (одна частина);
- відповідь на заліку;
- календарний контроль.

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за:

- 1) виконання та захист практичних завдань, а також відповіді при опитуванні;
- 2) виконання МКР;
- 3) відповідь на заліку.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Практичні заняття (комп'ютерний практикум)

Передбачено 18 комп'ютерних практикумів, що формуються за шістьма темами: сумарно за три практикуми по кожній темі по 10 балів (5 бали за виконання та 5 бали за захист). Критерії оцінювання практичних завдань:

(1) Критерії оцінювання за виконання практичних завдань (5 балів):

- повне розкриття теми, творчий підхід до виконання завдання – 5 балів;
- повне розкриття теми – 3...4 бали;
- розкриття теми з певними недоліками – 1...2 бали;
- тему не розкрито 0 балів, не зараховано.

(2) Критерії оцінювання за захист практичних завдань (5 балів):

- повне розкриття питань, володіння матеріалом, обґрунтовані відповіді на запитання, оформлення роботи належним чином – 5 балів;
- розкриття питань, достатньо повні відповіді (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями, оформлення роботи належним чином – 3...4 бали;

- не повне розкриття питань, неповні відповіді (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки, оформлення роботи належним чином – 1...2 бали;
- незадовільні відповіді, або не поданий до захисту матеріал, оформлення роботи не належним чином (не відповідає вимогам) – 0 балів, не зараховано.

2. Модульна контрольна робота.

Під час семестру виконується модульна контрольна робота, яка складається з однієї частини та 20 питань, по 2 бали за кожне питання. За виконання модульної контрольної роботи максимально може бути нараховано 40 балів.

Критерії оцінювання МКР по кожному питанню:

- правильна відповідь, глибоке розкриття питання – 2 бали;
- не достатньо повне розкриття питань – 1 бал.
- неправильна відповідь чи питання не розкрито – 0 балів.

3. Завдання, що винесено на самостійну роботу

Завдання на самостійну роботу студентів пов'язані з підготовкою практичних завдань у відповідності до комп'ютерних практикумів, підготовкою до МКР та заліку. Рівень знань студента, що стосується його підготовки практичних завдань, МКР та заліку безпосередньо оцінюється під час здачі у відповідності до критеріїв їх оцінювання.

4. Залікова робота

Залікова робота складається з двох теоретичних питань (по 10 балів) та одному практичному завданні (20 балів). Тобто, максимальна кількість балів за виконану залікову роботу становить 40 балів.

(1) Критерії оцінювання кожного теоретичного питання залікової роботи:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 8...9 балів;
- неповна відповідь, з помилками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 4...7 балів;
- незадовільна відповідь, або її відсутність (менше 60% потрібної інформації та помилки) – менше 3 балів.

(2) Критерії оцінювання практичного завдання залікової роботи:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 20 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 13...19 балів;
- неповна відповідь, з помилками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 6...12 балів;
- незадовільна відповідь, або її відсутність (менше 60% потрібної інформації та помилки) – менше 6 балів.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_D):

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

$$R_C = r_{np} + r_{мкр}.$$

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

Максимально можливий стартовий рейтинг: $R_C = 60+40 = 100$ балів.

Необхідною умовою допуску до заліку є зарахування практичних завдань, самостійних робіт, захист всіх лабораторних робіт і семестровий рейтинг не менше 30 балів.

Якщо в продовж семестру студент отримав більше 60 балів, він має право отримати оцінку «автоматом» згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою (див. нижче).

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хочуть підвищити оцінку в системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу. При цьому застосовується «м'яка» PCO: до балів за практичні завдання ($r_{пз}$) додаються бали за залікову роботу і ця рейтингова оцінка є остаточною.

Студенти, які набрали в семестрі рейтинг з дисципліни менше, ніж 25 балів або не виконали умов допуску на залік, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до заліку з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Залікова складова R_z шкали дорівнює: **$R_z = 40$ балів** (не враховуються бали за МКР)

Таким чином, максимальна кількість балів при здачі заліку (не враховуються бали за МКР) за рейтинговою шкалою з дисципліни складає:

$$R_D = R_c + R_z = 60 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

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://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>).

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

1. Дистанційне навчання:

В умовах дистанційного режиму організація освітнього процесу здійснюється з використанням технологій дистанційного навчання: платформи дистанційного навчання «Сікорський» та «Електронний кампус», служби Telegram. 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).

2. 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;

- кінцеві терміни виконання індивідуальних завдань і завдань самостійної роботи переносяться на кінець семестру (з обов'язковим виконанням і захистом);
- у рейтингову систему оцінювання вносяться зміни стосовно нарахування штрафних балів за не своєчасне виконання завдань: штрафні бали не нараховуються.

3. *Для студентів існує можливість зарахування (у вигляді додаткових балів до рейтингу до 10 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.

В умовах дистанційного режиму навчання та/або навчання в умовах правового режиму воєнного стану можливе проведення МКР та залікової роботи у вигляді тестування на платформі дистанційного навчання «Сікорський».

Перелік питань, які виносяться на залік

№ з/п	Питання	Бали
1.	Застосування FloTHERM.	10
2.	Функціонування (фізичні основи) FloTHERM.	10
3.	Побудова та налаштування моделі.	10
4.	Основні елементи (примітиви, об'єкти, збірки, атрибути).	10
5.	Завдання граничних умов.	10
6.	Точки моніторингу.	10
7.	Основні принципи побудови сітки.	10
8.	Згладжування, обмеження та розширення сітки.	10
9.	Локалізована сітка.	10
10.	Вибір співвідношення сторін комірки сітки.	10
11.	Рекомендації щодо побудови сітки.	10
12.	Вибір сітки у відповідності до її впливу на результат рішення.	10
13.	Постобробка.	10
14.	Особливості моделювання теплообміну випромінюванням.	10
15.	Налаштування моделі з урахуванням випромінювання.	10
16.	Невідповідність рішення та її причини.	10
17.	Рекомендації щодо зменшення невідповідності рішення.	10
18.	Невідповідність рішення: Конвергентний профіль.	10
19.	Невідповідність рішення: Профіль розбіжностей.	10
20.	Невідповідність рішення: Стійкий профіль.	10
21.	Невідповідність рішення: Коливальний профіль.	10
22.	Оптимізація конструкції.	10
23.	Поверхня відгуку.	10
24.	Чутливість.	10
25.	Верифікація моделі.	10
26.	Валідація моделі.	10
27.	Побудувати модель радіатора для природньої конвекції, провести аналіз результатів моделювання.	20
28.	Побудувати модель радіатора для природньої конвекції з урахуванням теплообміну випромінюванням, провести аналіз результатів моделювання.	20
29.	Побудувати модель радіатора для вимушеної конвекції, провести аналіз результатів моделювання.	20
30.	Побудувати модель системи терморегулювання на основі теплової труби, провести аналіз результатів моделювання.	20

Перелік питань до модульної контрольної роботи

1. Застосування FloTHERM.
2. Функціонування (фізичні основи) FloTHERM.
3. Побудова та налаштування моделі.
4. Основні елементи (примітиви, об'єкти, збірки, атрибути).
5. Завдання граничних умов.
6. Точки моніторингу.
7. Основні принципи побудови сітки.
8. Згладжування, обмеження та розширення сітки.
9. Локалізована сітка.
10. Вибір співвідношення сторін комірки сітки.
11. Рекомендації щодо побудови сітки.
12. Вибір сітки у відповідності до її впливу на результат рішення.
13. Постобробка.
14. Особливості моделювання теплообміну випромінюванням.
15. Налаштування моделі з урахуванням випромінювання.
16. Невідповідність рішення та її причини.
17. Рекомендації щодо зменшення невідповідності рішення.
18. Невідповідність рішення: Конвергентний профіль.
19. Невідповідність рішення: Профіль розбіжностей.
20. Невідповідність рішення: Стійкий профіль.
21. Невідповідність рішення: Коливальний профіль.
22. Оптимізація конструкції.
23. Поверхня відгуку.
24. Чутливість.
25. Верифікація моделі.
26. Валідація моделі.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: професором кафедри АЕ Хайрнасовим Сергієм Манісовичем

Ухвалено: кафедрою АЕ (протокол № 26 від 23.06. 2025 р.)

Погоджено: Методичною комісією НН ІАТЕ (протокол № 9 від 27.06. 2025 р.)