



Комп'ютерне моделювання процесів в елементах енергетичного обладнання

Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>G Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G4 Енерговиробництво</i>
Спеціалізація	<i>G4.02 Теплоенергетика</i>
Освітня програма	<i>Інженерія енергогенеруючого обладнання та системи термостабілізації</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин/4 кредити ЕКТС; 14 годин лекцій, 30 годин комп'ютерний практикум, 76 годин СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, розрахунково-графічна робота</i>
Розклад занять	http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доц., Воробйов Микита Валерійович , e-mail: vorobiov.nikv@gmail.com Практичні / Комп'ютерний практикум: к.т.н., доц., Воробйов Микита Валерійович , e-mail: vorobiov.nikv@gmail.com
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2774
Програма навчальної дисципліни	

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

В рамках дисципліни майбутні фахівці будуть вивчати програмний комплекс ANSYS-CFX який є одним з найпоширеніших програмних комплексів, що використовує метод кінцевих елементів. Його переваги: багатоцільова спрямованість програми, незалежність від апаратних засобів (від персональних комп'ютерів до робочих станцій і суперкомп'ютерів), використання передових засобів геометричного моделювання на базі сплайнів (технологія NURBS). Повна сумісність з CAD / CAM / CAE системами провідних виробників.

Понад 35 років використання програми ANSYS дає можливість інженерам виробляти продукцію високої якості і швидко досягати успіху на ринку товарів і послуг. Протягом цього часу компанія ANSYS Inc., безперервно вдосконалюючи технологію, створює гнучкі і зручні системи чисельного моделювання для широкого кола галузей виробництва, що дозволяє різним компаніям виконувати повноцінний аналіз своїх проектних розробок і тим самим домагатися максимальної ефективності витрат на обчислювальну техніку і програмні засоби..

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів компетентностей 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 9) та застосовувати системний підхід, знання сучасних технологій та методів при дослідженні, проектуванні, модернізації та експлуатації теплоенергетичного обладнання (ФК 10).

Предметом навчальної дисципліни є програмний комплекс ANSYS-CFX, який в даний час використовується в багатьох університетах для навчання студентів і виконання науково-дослідних робіт. Ця програма використовується для оптимізації проектних розробок на ранніх стадіях, що знижує вартість продукції. Все це допомагає проектним організаціям скоротити

цикл розробки, що складається у виготовленні зразків-прототипів, їх випробувань і повторному виготовленні зразків, а також виключити дорогий процес доопрацювання виробу.

Програмними результатами навчання є:

- Розробляти, обирати та застосовувати ефективні розрахункові методи розв'язання складних задач енергетичного машинобудування (ПРН8);
- Використовуючи сучасні комп'ютерні технології і спеціалізовані пакети програм розробляти конструкції і експлуатаційні режими роботи теплоенергетичного обладнання (ПРН14);
- Аналізувати і використовувати методи оптимізації для розв'язання складних інженерних задач (ПРН15);

Після вивчення дисципліни, майбутні фахівці зможуть отримати досвід використання відомого у всьому Світі інструменту професійного рівня для скінчено-елементного аналізу.

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

Дисципліна базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні таких дисциплін, як тепломасообмін, гідрогазодинаміка, теплогідравлічні процеси в енергетичних установках, математичне моделювання теплофізичних процесів, системи автоматизованого проектування та тривимірне моделювання енергетичних об'єктів. Також є базовою для підготовки фахівця за освітньою програмою «Інженерія і комп'ютерні технології теплоенергетичних систем».

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Методи комп'ютерного моделювання деталей теплотехнічного устаткування

Тема 2. Засоби розрахунку теплового та напруженого стану конструкцій

Тема 3. Основні етапи чисельного моделювання теплообміну та течії за допомогою пакету програм CFX

Тема 4. Основні етапи чисельного моделювання теплообміну та течії в умовах вільної і змішаної конвекції засобами пакету програм CFX

Тема 5. Моделювання змішування і транспорту газів засобами ANSYS-CFX

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Комп'ютерне моделювання процесів в енергетичному обладнанні. Комп'ютерний практикум з дисципліни «Комп'ютерне моделювання процесів в енергетичному обладнанні» [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування (освітня програма Інженерія і комп'ютерні технології теплоенергетичних систем) / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. О. В. Баранюк. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 105 с. (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45678>)
2. ANSYS. Fundamental FEA Concepts and Applications. A Guidebook for use and Applicability of Workbench Simulation Tools from ANSYS, Inc. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.cae.tntech.edu/~chriswilson/FEA/ANSYS/ANSYSquide_fea-concepts.pdf – 14.07.2022 р.
3. CFD-моделювання згоряння газоподібного палива в топці котельного агрегату. Курсова робота з дисципліни «Комп'ютерне моделювання процесів в енергетичному обладнанні» [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 144 “Теплоенергетика” (освітня програма “Моделювання і комп'ютерні технології в теплофізиці”) та 142 “Енергетичне машинобудування” (освітня програма “Інженерія і комп'ютерні технології теплоенергетичних систем”) / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. О. В. Баранюк. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 52 с. (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/39824>).
4. Загорулько, А.В. Програмний комплекс ANSYS в інженерних задачах [Текст] : навч. посіб. / А.В. Загорулько. - Суми : СумДУ, 2008. - 200 с.
5. Бажанова, А. Ю. Інформаційні технології в проектуванні : навчальний посібник / А.Ю. Бажанова, Д.В. Лазарева, М.Т. Сур'янінов. - Одеса : ОДАБА, 2018. - 289 с.

6. Гришанова, І. А. Системи CAD/CAE. ANSYS FLUENT : навч. посіб. для студ. приладобуд. та машинобуд. спец. висщ. навч. закл. / І.А. Гришанова, І.В. Коробко ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, НТУУ "КПІ". - Київ : ДІА ЛТД, 2012. - 207 с.

Допоміжна література:

7. Яригін, В. А. Про сучасні методи та засоби моделювання / В. А. Яригін, С. П. Вислоух // XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених "Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні", 10-11 грудня 2019 року, м. Київ, Україна : збірник праць конференції / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ, ФММ. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського; Центр учбової літератури, 2019. – С. 201–204. (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/31652>).
8. Heat and Mass Transfer in Boundary Layers. 2nd edition. By S. V. PATANKAR and D. B. SPALDING. Intertext Books, 1970. 255 pp. Journal of Fluid Mechanics , Volume 50 , Issue 1 , 15 November 1971 , pp. 206 – 208 DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022112071212532>
9. V.I. Poleshaev. Modelling of hydrodynamics, heat and mass transfer processes on the basis of unsteady Navier-Stokes equations. Applications to the material sciences at earth and under microgravity // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering Volume 115, Issues 1–2, 1994, Pages 79-92 ([https://doi.org/10.1016/0045-7825\(94\)90188-0](https://doi.org/10.1016/0045-7825(94)90188-0)).
10. Finite Element Analysis: Theory and Application with ANSYS. [Електроний ресурс] – Режим доступу: <https://www.pinterest.com/pin/ebook-pdf-finite-element-analysis-theory-and-application-with-ansys-4th-edition-dollartree4books-in-2022--1105141196033257914/> – 14.07.2022 р.
11. Saeed Moaveni. Finite element analysis. Prentice Hall, Upper saddle River, New Jersey, 1999. -272 р. [Електроний ресурс] – Режим доступу: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM738/Livros/Finite%20Element%20Analysis,%20Theory%20and%20application%20with%20ANSYS,%20.pdf> – 14.07.2022 р.
12. J.C.Rotta. Turbulent boundary layers in incompressible flow // Progress in Aerospace Sciences Volume 2, Issue 1, 1962, Pages 1-95 ([https://doi.org/10.1016/0376-0421\(62\)90014-3](https://doi.org/10.1016/0376-0421(62)90014-3)).
13. Theory and practice of modeling turbulent flows [Електроний ресурс] – Режим доступу: http://www.southampton.ac.uk/~nwb/lectures/GoodPracticeCFD/Articles/Turbulence_Notes_Fluent-v6.3.06.pdf – 14.07.2022 р.
14. Heat transfer in nuclear power plants. Report of a panel sponsored by the international atomic energy agency and held in vienna 14-17 september 1970 [Електроний ресурс] – Режим доступу: <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/04/059/4059039.pdf> – 14.07.2022 р.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зміст навчальної роботи	CPC
Лекція 1. Роль програмного комплексу ANSYS при визначенні температурного стану вузлів і деталей енергетичного обладнання. Основні складові програмного комплексу ANSYS.	Приклади застосування різних методів контролю форми елементів сітки.
Комп'ютерний практикум 1. Рішення стаціонарних задач теплопровідності засобами програмного комплексу ANSYS.	Ознайомлення з порядком рішення стаціонарних задач теплопровідності засобами програмного комплексу ANSYS. Оформлення звіту.
Комп'ютерний практикум 2-3. Методи числових рішень нестационарних задач теплопровідності.	Ознайомлення з порядком числових рішень нестационарних задач теплопровідності засобами програмного комплексу ANSYS. Оформлення звіту..
Лекція 2. Числові методи, які використовуються при рішенні задач теплообміну. Розвиток методу скінчених елементів.	Співвідношення між деформаціями і зміщенням. Рівняння рівноваги. Ідея і область застосування методу скінчених елементів. Типи скінчених елементів. Лінійний пружний елемент. Матриця

<i>Зміст навчальної роботи</i>	<i>CPC</i>
	жорсткості
Комп'ютерний практикум 4-5. Моделювання стану біметалевих конструкцій.	Ознайомлення з порядком моделювання стану біметалевих конструкцій засобами програмного комплексу ANSYS. Оформлення звіту.
Лекція 3. Моделювання взаємозв'язку між напругами, деформаціями та температурою в програмі ANSYS. Визначення і сфера застосування біметалевих конструкцій.	Можливості комплексу програм ANSYS при проведенні модального аналізу. Методика застосування ANSYS-Workbench для виконання модального аналізу відповідальних елементів енергетичного устаткування.
Комп'ютерний практикум 5-6. Моделювання опорної конструкції для теплообмінних апаратів.	Ознайомлення з порядком моделювання опорної конструкції для теплообмінних апаратів засобами програмного комплексу ANSYS. Оформлення звіту.
Лекція 4. Турбулентний рух рідини. Вихідна система рівнянь для побудови моделей турбулентності	Дослідження турбулентного теплообміну. Рівняння для температурних характеристик турбулентності. Усереднена форма рівняння енергії. Рівняння для складових турбулентного теплового потоку.
Комп'ютерний практикум 7-8. Методи числового моделювання теплообміну та течії в трубах круглого поперечного перерізу.	Ознайомлення з порядком моделювання теплообміну та течії в трубах круглого поперечного перерізу засобами програмного комплексу ANSYS. Оформлення звіту.
Комп'ютерний практикум 6. Моделювання задач теплопередачі.	Ознайомлення з порядком моделювання задач теплопередачі засобами програмного комплексу CFX. Оформлення звіту.
Комп'ютерний практикум 9-10. Моделювання задач вільної конвекції	Ознайомлення з порядком моделювання змішування та спалювання газів засобами програмного комплексу CFX. Оформлення звіту.
Лекція 5. Короткий огляд процесів горіння. Визначальні рівняння. Додаткові труднощі, які виникають при рішенні визначальних рівнянь.	Математична модель полум'я в примежовому шарі
Лекція 6. CFD-моделювання згоряння газоподібного палива в топці котельного агрегату.	Вибір та валідація моделей горіння газового палива.
Комп'ютерний практикум 11-12. Моделювання змішування та спалювання газів.	Ознайомлення з порядком моделювання змішування та спалювання газів засобами програмного комплексу CFX. Оформлення звіту.
Лекція 7. CFD-моделювання згоряння твердого палива топці котельного агрегату.	Вибір та валідація моделей горіння твердого палива.
Комп'ютерний практикум 13-14. Моделювання спалювання твердих алив.	Ознайомлення з порядком моделювання змішування твердих палив засобами програмного комплексу CFX. Оформлення звіту.
Комп'ютерний практикум 15. Захист завдань з комп'ютерного практикуму.	

6. Самостійна робота студента

Згідно навчального плану для опанування матеріалу дисципліни передбачено виконання певних теоретичних завдань СРС (видається після лекцій) та у якості індивідуального завдання передбачається виконання розрахункової роботи по матеріалам практичних занять. Обсяг часу, який відводиться на виконання індивідуального завдання: 15 годин самостійної роботи.

Тема розрахунково-графічної роботи: CFD-моделювання згоряння газоподібного палива в топці котельного агрегату. В якості завдання на розрахунково-графічну роботу пропонується виконати В якості завдання на розрахунок виконати CFD-моделювання поширення продуктів згоряння в топці котельного агрегату ГМ-50-1 і визначити дійсну температуру димових газів на виході з топки.

Отримані розрахункові дані, потрібно порівняти з результатами аналітичного розрахунку теплообміну в топці.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог до студентів:

- правила відвідування занять** – відвідувати навчальні заняття та контрольні заходи передбачені графіком освітнього процесу (п. 9.4 <https://kpi.ua/admin-rule>), як при навчанні в аудиторіях, так і при використанні дистанційного режиму навчання. В останньому випадку заняття проводяться в режимі онлайн-конференцій і студенти їх «відвідують» під'єднуючись за наданими викладачем посиланням;
- правила поведінки на заняттях** – не заважати зайвою діяльністю, розмовами (в тому числі телефоном) іншим студентам слухати лекцію чи працювати під час виконання практичних занять. В аудиторіях/лабораторіях та при дистанційному навчанні вдома дотримуватись правил техніки безпеки при роботі з обладнанням;
- правила захисту звіту з комп'ютерних практикумів** – викладач особисто спілкується зі студентом та задає теоретичні питання за тематикою роботи та отриманими результатами;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів** – заохочувальні бали передбачені за академічну активність на лекційних заняттях, штрафні бали нараховуються при виявленні фактів порушення правил доброчесності при складанні контрольних та комп'ютерних практикумів і можуть накладатися у розмірі оцінки передбаченої за конкретну роботу;
- політика дедлайнів та перескладань**:
 - 1) перескладання заліку здійснюються за графіком, встановленим на рівні університету;
 - 2) захист звітів з комп'ютерних практикумів відбувається на наступному занятті після вивчення теми даного практичного заняття. Всі проблемні питання з вирішуються на аудиторних практичних заняттях 7-8. При значних заборгованостях з оформлення протоколів, їх здачі і захистів робіт, студенти можуть бути недопущені до семестрового контролю і не отримати позитивну оцінку.
- політика щодо академічної доброчесності** – студенти зобов'язані дотримуватись положень Кодексу честі та вимог академічної доброчесності під час освітнього процесу.

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

Поточний контроль: захист 8-ти звітів з комп'ютерних практикумів, захист ДКР.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр на 7-8 та 14-15 тижнях як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу – студент отримує «задовільно» під час першого та другого календарного контролю, якщо його поточний рейтинг складає не менше за 50% від максимальної кількості балів, можливої на момент контролю. Детально умови отримання позитивної оцінки наведено в календарному плані в п.5.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: виконаний та зарахований цикл звітів з комп'ютерного практикуму, зарахована РР та загальний бал за всі види робіт не менше 26 балів. Для отримання заліку з кредитного модуля «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів.

1. Комп'ютерні практикуми.

В семестрі виконується 9-ть комп'ютерних практикумів. Вісім з яких мають однакову складність, а остання «Моделювання стану термонапружених конструкцій теплоенергетичного обладнання» – є найбільш складною з переставлених комп'ютерних практикумів.

Для перших 8-ми робіт застосовуються наступні критерії оцінювання:

Критерії оцінювання

Оцінка

- максимальна оцінка за захист звітів за повний цикл комп'ютерних практикумів 100

Кожна робота оцінюється наступним чином.

Критерії оцінювання	Оцінка
● робота не виконана	0
● неакуратно виконаний звіт, поверхнєве знання особливості процесів що моделюються або не надання відповідей на контрольні запитання, що приводяться в методичних вказівках до виконання комп'ютерних практикумів	3
● в роботі є певні недоліки, студент дав повні відповіді на контрольні запитання, що приводяться в методичних вказівках до виконання комп'ютерних практикумів	4
● за умови отриманих фізичних результатів роботи, гарного і своєчасного захисту роботи, повних відповідей на контрольні запитання, що приводяться в методичних вказівках до виконання комп'ютерних практикумів	5

Для останнього комп'ютерного практикуму застосовуються наступні критерії оцінювання:

Критерії оцінювання	Оцінка
● робота не виконана	0
● неакуратно виконаний звіт, поверхнєве знання особливості процесів що моделюються або не надання відповідей на контрольні запитання, що приводяться в методичних вказівках до виконання комп'ютерних практикумів	6
● в роботі є певні недоліки, студент дав повні відповіді на контрольні запитання, що приводяться в методичних вказівках до виконання комп'ютерних практикумів	8
● за умови отриманих фізичних результатів роботи, гарного і своєчасного захисту роботи, повних відповідей на контрольні запитання, що приводяться в методичних вказівках до виконання комп'ютерних практикумів	10

2. **Домашня контрольна робота**

Протягом семестру виконується одна розрахункова робота:

Критерії оцінювання	Оцінка
● побудована модель відповідає завданню, проте отримані результати не мають фізичного змісту. Робота оформлена без дотримання діючих стандартів ДСТУ щодо оформлення науково-технічних розробок	20
● побудована модель відповідає завданню, проте отримані результати не мають фізичного змісту. Робота оформлена на основі діючих стандартів ДСТУ щодо оформлення науково-технічних розробок	35
● побудована модель відповідає завданню, отримані коректні, з фізичної точки зору, результати. Робота оформлена на основі діючих стандартів ДСТУ щодо оформлення науково-технічних розробок	50

3. **Розрахунок суми основних рейтингових балів**

Сума основних рейтингових балів відповідає рейтинговій шкалі (100 балів)

Розрахунок шкали рейтингу:

$$R = (8 \cdot 5 + 10) (\text{Комп. Пр.}) + 50 (\text{ДКР}) = 100 \text{ балів.}$$

Система додаткових рейтингових балів та відповідні критерії оцінювання

1. Заохочувальні бали

Сума заохочувальних балів не повинна перевищувати 10 балів.

1.1. За отримані сертифікати, що підтверджують участь у науково-практичних і наукових конференціях за тематикою дисципліни (5 балів/доповідь);

1.2. За публікацію статті у науковому журналі за тематикою дисципліни. (10 балів/стаття).

1.3. У разі, коли студент не набирає за семестр мінімальну кількість балів яка необхідна для допуску до заліку, йому надається додаткове завдання. Тема завдання відповідає відрізка часу навчання, за який студентом показані погані результати. Повне виконання завдання відповідає 10 балам.

Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг з кредитного модуля менше $R_c < 25$, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до заліку і мають академічну заборгованість.

Студенти, що набрали протягом семестру кількість балів $25 \leq R_c < 60$ балів зобов'язані виконувати залікову контрольну роботу при виконанні умов допуску до семестрового контролю: захист звітів з комп'ютерних практикумів та захист розрахунково-графічної роботи. Студенти, які не виконали умов допуску до семестрового контролю до заліку не допускаються.

Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг з дисципліни $R_c \geq 60$ мають можливості:

- отримати залікову оцінку відповідно набраного рейтингу «автоматом»;
- виконувати залікову контрольну роботу з метою підвищення оцінки.

У разі отримання рейтингових балів, менших ніж «автоматом» (при виконанні умов допуску), або бажанні підвищити рейтингові бали, застосовується «жорстка» РСО – попередній рейтинг студента скасовується і він отримує семестрову оцінку з урахуванням результатів залікової роботи.

Залікова робота містить одне практичне завдання. Ваговий бал залікової роботи $R_z = 100$ балів. Приклад завдання наведений у Додатку 1.

Критерії оцінювання виконання завдання залікової роботи:

95-100 балів – студент демонструє повні і міцні знання навчального матеріалу в заданому обсязі, необхідний рівень умінь і навичок, правильно і обґрунтовано приймає необхідні рішення.

85-94 балів – студент засвоює в повному обсязі робочу програму кредитного модуля, правильно і обґрунтовано використовує знання для вирішення стандартних і деяких нестандартних завдань.

75-84 балів – студент засвоює в повному обсязі робочу програму кредитного модуля, уміє використовувати знання для вирішення стандартних завдань.

65-74 балів – студент засвоїв основний теоретичний матеріал, уміє використовувати знання для вирішення стандартних завдань, але допускає неточності, що не є перешкодою для подальшого навчання.

60-64 балів – студент засвоїв слабо основний теоретичний матеріал, дає неповні відповіді на теоретичні запитання, при застосуванні знань для вирішення стандартних завдань допускає помилки, які може виправити після додаткових запитань або зауважень викладача.

менше 60 балів – незасвоєння окремих розділів робочої програми кредитного модуля, нездатність застосувати знання на практиці, що робить неможливим розв'язування найпростіших стандартних завдань; потрібна додаткова робота над матеріалом кредитного модуля.

Для виставлення оцінок до екзаменаційної відомості кількість балів за виконання залікової роботи переводиться у традиційні оцінки відповідно до таблиці:

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

Здобувачі 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).

Здобувачі 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». 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 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.

Перелік питань (приклад), які виносяться на залікову роботу

1. Визначити температурне поле оболонкової конструкції:

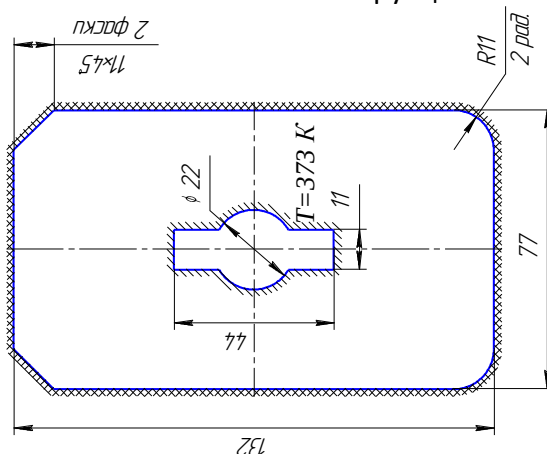


Рис. 1 Область рішення задачі

2. Числові методи, які використовуються при рішенні задач теплообміну.
3. Розрахувати задачу термонапруженого стану конструкції: За умови, що $l_1 = b = 2$ м, $l_2 = 3$ м, $l_3 = l_4 = a = c = 1$ м. $F = 1$ кН, M_1 і M_2 відповідно 0.6 і 0.8 кНм. $q = 0.5$ кН/м. Балка має квадратний переріз. Розміри перерізу балки – 100×100×5 мм. Балка знаходиться в умовах вільної конвекції ($\alpha = 5$ Вт/(м²·К) при $T = 300$ К). У місці закріплення до балки підводиться тепловий потік потужністю $Q = 500$ Вт (рис. 2).

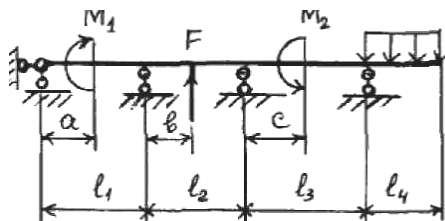


Рис. 2 Область рішення задачі

4. Матрична форма запису основних співвідношень теорії пружності. Основні співвідношення між напруженнями, деформаціями і температурою.
5. Співвідношення між деформаціями і зміщенням. Рівняння рівноваги. Ідея і область застосування методу скінчених елементів.
6. Типи скінчених елементів. Лінійний пружний елемент. Матриця жорсткості.
7. Визначити спектр власних частот листа жалюзійного сепаратора. Лист знаходиться в умовах $t = \text{const}$. Тиск прикладений до зовнішньої і внутрішньої поверхні листа становить відповідно 0.1 і 1 МПа. Довжина листа становить 300 мм (рис. 3).

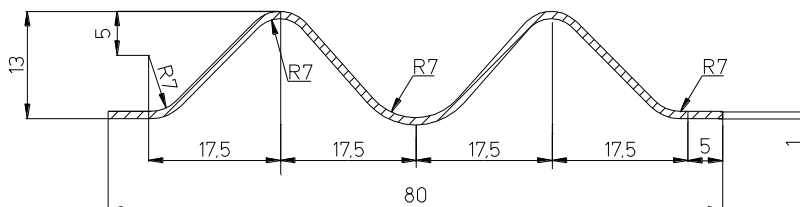


Рис.3. Область рішення задачі

8. Застосування методів Ньютона-Раффсона при вирішенні задач механіки деформованого тіла.

Приклад завдань до розрахунково-графічної роботи

Завданням до розрахунково-графічної роботи є розробка CFD-моделі топкової камери котельного агрегату ГМ-50-1 за допомогою якої слід визначити температуру димових газів на виході із топки і верифікувати її з аналітичним розрахунком. Розміри топки розрахувати за допомогою приведеної нижче методики. Результат розрахунку використати для створення тривимірної моделі і кресленика загального виду котельного пучка труб.

Зовнішній вигляд моделі котла ГМ-50 (рис. 1) призначений для роботи на природному газі та нафті. Котел двохбарабаний з природною циркуляцією, має П-подібну компоновку з винесеним водяним економайзером. Всі стіни камери згоряння закривають радіаційні поверхні нагрівання, які утворюючи фронтний, задній і бічні екрани.

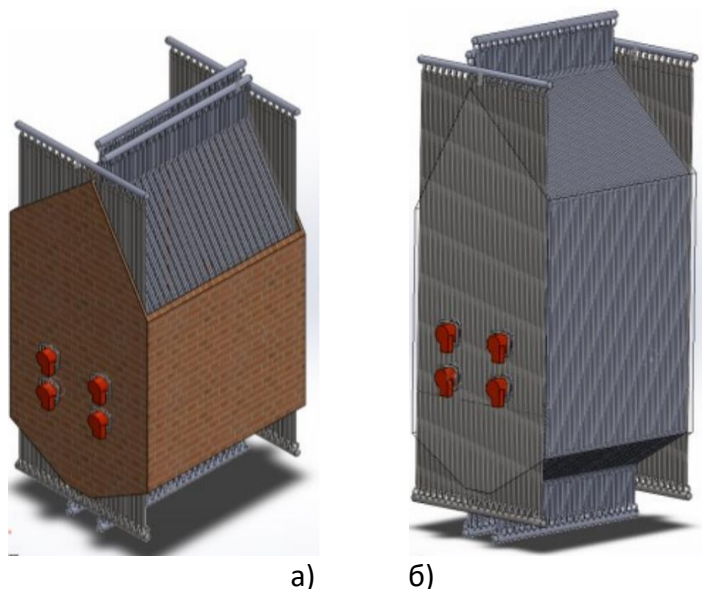


Рис.1 Зовнішній вигляд моделі котла ГМ-50 (а), та модель котла без обмуровки (б)

До конвективних поверхонь нагрівання відносяться: котельний пучок, труби, повітряпідігрівач і водяний економайзер. Труби заднього і фронтного екрану в нижній частині утворюють холодну воронку. Труби заднього екрану у верхній частині розведені в чотирирядний фестон. У поворотній камері газоходу розташовані труби пароперегрівача і трубчастий підігрівач повітря вертикального типу.

Введення палива в топку здійснюється за допомогою вихрових пальників з тангенціальним підведенням повітря, розташованих на бічних стінах топки. Подача в топку необхідного для горіння повітря здійснюється за допомогою дуттєвого вентилятора.

Початкові дані, необхідні для виконання розрахунково-графічної роботи приведені в <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/39824>.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри, к.т.н., *Воробйовим Микитою Валерійовичем*

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

Погоджено: Методичною комісією НН ІАТЕ (протокол № 9 від 27. 06. 2025 р.)