



МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ТА ПРОЦЕСІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>143 Атомна енергетика</i>
Освітня програма	<i>ОПП Атомні електричні станції</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)/дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>І курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин/4 кредити ЕКТС, 18 годин лекцій, 36 годин комп'ютерних практикумів, 66 СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит</i>
Розклад занять	<i>Лекції (http://rozklad.kpi.ua/); Комп'ютерний практикум (http://rozklad.kpi.ua/).</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доц., Баранюк Олександр Володимирович, e-mail: olexandr.baranyuk@gmail.com Практичні / Комп'ютерні практикуми: к.т.н., доц., Баранюк Олександр Володимирович, e-mail: olexandr.baranyuk@gmail.com</i>
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3400

Програма навчальної дисципліни

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

В рамках дисципліни майбутні фахівці будуть вивчати програмний комплекс ANSYS-Fluent 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.

Предметом навчальної дисципліни є програмний комплекс ANSYS- Fluent, 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.

Метою навчальної дисципліни є формування здатностей (компетентностей), які студент набуде після вивчення дисципліни:

1. розробляти, досліджувати та застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі, розрахункові методи та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання наукових задач атомної енергетики (ФК 01);
2. застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення складних інженерних завдань в галузі атомної енергетики (ФК 02);
3. демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для моделювання систем та процесів (ФК 04);
4. демонструвати знання характеристик специфічних матеріалів, обладнання, процесів та продуктів в галузі атомної енергетики, умов їх використання та відповідних обмежень (ФК 08).

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми аспіранти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі **програмні результати навчання**:

1. Використання сучасних технологій, обладнання, засоби управління інформацією для вирішення складних інженерних завдань і проблем атомної енергетики (ПРН05).

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

Пререквізити дисципліни: є базовою для підготовки фахівця за освітньою програмою «Атомна енергетика».

Постреквізити дисципліни: Наукова робота за темою магістерської дисертації (ПО 08).

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1 Математичне моделювання систем та процесів

Тема 1.1 Методи комп'ютерного моделювання деталей теплотехнічного устаткування

Тема 1.2 Аналіз точності рішення. Джерела похибок при вирішенні зворотних задач.

Тема 1.3 Основні складові комплексу програм ANSYS-Workbench. Основні стадії рішення задачі теплообміну. Стаціонарний теплообмін. Створення моделі і постановка граничних умов. Приклад моделювання задач теплопровідності засобами ANSYS.

Тема 1.4 Засоби розрахунку теплового та напруженого стану конструкцій

Тема 1.5 Роль програмного комплексу ANSYS при визначенні температурного стану вузлів і деталей енергетичного устаткування. Основні складові комплексу програм ANSYS.

Тема 1.6 Роль обчислювальних методів в розрахунках на міцність. Моделювання взаємозв'язку між напруженнями, деформаціями та температурою в програмі ANSYS.

Тема 1.7 Числові методи, які використовуються при рішенні задач теплообміну. Матрична форма запису основних співвідношень теорії пружності. Основні співвідношення між напруженнями, деформаціями і температурою.

Тема 1.8 Розв'язок просторових задач в програмі ANSYS. Форма кінцевих елементів. Побудова мережі тетрагональних елементів. Моделювання стану біметалевих конструкцій засобами ANSYS.

Тема 1.9 Співвідношення між деформаціями і зміщенням. Рівняння рівноваги. Ідея і область застосування методу скінчених елементів. Типи скінчених елементів. Лінійний пружний елемент. Матриця жорсткості.

Розділ 2 Числове моделювання течії та теплообміну рідини, що рухається всередині труб та каналів

Тема 2.1 Основні етапи чисельного моделювання теплообміну та течії за допомогою пакету програм Fluent

Тема 2.2 Методи числового моделювання теплообміну та течії в трубах круглого і не круглого поперечного перерізу. Порядок застосування комплексу програм Fluent для моделювання течії в трубах і каналах. Турбулентний рух рідини. Вихідна система рівнянь для побудови моделей турбулентності. Усереднені рівняння руху у формі Рейнольдса. Рівняння для рейнольдсових напруг.

Тема 2.3 Застосування методу скінчених різниць для розрахунку температури в ТВЕЛ ядерного реактора.

Тема 2.4 Дослідження турбулентного теплообміну. Рівняння для температурних характеристик турбулентності. Усереднена форма рівняння енергії. Рівняння для складових турбулентного теплового потоку.

Тема 2.5 Алгебраїчні моделі турбулентності. Популярні алгебраїчні моделі турбулентності.

Тема 2.6 Основні етапи чисельного моделювання теплообміну та течії за допомогою пакету програм CFX

Тема 2.7 Методи числового моделювання теплообміну та течії в трубах круглого і не круглого поперечного перерізу. Порядок застосування комплексу програм CFX для моделювання течії в трубах і каналах.

Тема 2.8 Врахування впливу зовнішньої турбулентності потоку в рамках моделі шляху змішування.

Тема 2.9 Моделі турбулентності з одним диференціальним рівнянням для характеристик турбулентності. Сукупність двопараметричних дисипативних $k-\varepsilon$ моделей турбулентності. Моделювання динамічних процесів у теплообмінному обладнанні.

Тема 2.10 Математичне моделювання напружено-деформованого стану базових елементів устаткування енергетичного призначення

Тема 2.11 Можливості комплексу програм ANSYS при проведенні модального аналізу. Методика застосування ANSYS-Workbench для виконання модального аналізу відповідальних елементів енергетичного устаткування.

Тема 2.12 Послідовність створення моделі і постановка граничних умов і отримання рішення задачі при наявності фазового переходу методами програми ANSYS. Моделювання процесу генерації пари в вертикальному парогенеруючому каналі засобами програмних комплексів Fluent і CFX.

Тема 2.13 Розробка CFD-моделі випаровування теплоносія в циліндричному каналі засобами програмного комплексу ANSYS-CFX.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова (підручники, навчальні посібники) література.

1. Баранюк, О. В. Математичне моделювання систем та процесів. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 143 "Атомна енергетика" спеціалізації "Атомні електричні станції" / О. В. Баранюк ; – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 115 с. (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/36207>).

2. Saeed Moaveni. *Finite element analysis*. Prentice Hall, Upper saddle River, New Jersey, 1999. - 272 p. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM738/Livros/Finite%20Element%20Analysis,%20Theory%20and%20Application%20with%20ANSYS,%20.pdf> – 14.07.2022 p.
3. 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/ANSYSguide_fea-concepts.pdf – 14.07.2022 p.
4. *Finite Element Analysis: Theory and Application with ANSYS*. [Електронний 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 p.
5. Lyubchenko E.A. *Study guide «oscillations and waves»* [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://web.kpi.kharkov.ua/tef/wp-content/uploads/sites/114/2020/03/STUDY_GUIDE_OSCILLATIONS_AND_WAVES.pdf – 14.07.2022 p.
6. W. G. Bickley. *Mechanical Admittances and their Applications to Oscillation Problems* [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.nature.com/articles/161954a0> – 14.07.2022 p.
7. Salman Mohammed Alzahrani. *Computational fluid dynamics modeling and comparison of advanced techniques for heat transfer augmentation for nuclear applications* [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://scholarsmine.mst.edu/cqi/viewcontent.cgi?article=4130&context=doctoral_dissertations – 14.07.2022 p.

Додаткова (монографії, статті, документи, електронні ресурси) література.

8. *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* [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/04/059/4059039.pdf> – 14.07.2022 p.
9. Азаров С.И. Применение метода конечных разностей для расчета температуры в ТВЭЛ ядерного реактора / С.И. Азаров, Авраменко А.А., Г.А. Сорокин, Т.В. Сорокина, А.И. Скицко. // *Промышленная теплотехника*, 2008. – Т. 30 – №2 – С. 70-79.
10. *Hydrodynamics and heat transfer of swirling flows in channels of nuclear power plants. Sci. Vol. / Hidrodinamika i teploobmen zakruchennykh potokov v kanalakh yaderno-energeticheskikh ustanovok. Nauch. izd. Hardcover – January 1, 2010* [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.amazon.com/Hydrodynamics-Gidrodinamika-teploobmen-zakruchennykh-yaderno-energeticheskikh/dp/5922112236> – 14.07.2022 p.
11. Nikolai A. Voinov, Alexander S. Frolov, Anastasiya V. Bogatkova and Denis A. Zemtsov. *Experimental Study and Numerical Simulation of Hydrodynamic Parameters of Tangential Swirlers*// *ChemEngineering* 2022, 6, 48. <https://doi.org/10.3390/chemengineering6040048>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Тиждень	Зміст навчальної роботи	СРС (66 годин за навчальним планом)
1 (01.09-03.09) – I тиждень	Лекція 1. Вступне заняття. Видача методичних вказівок до виконання лабораторних робіт та самостійної роботи. Аналіз точності рішення. Джерела похибок при вирішенні зворотних задач [7, с. 231-238; 2, с. 140-146; 9, с. 59-66].	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .
	Комп'ютерний практикум 1. Рішення	Опрацювання пройденого на

	стаціонарних задач теплопровідності засобами програмного комплексу ANSYS.	лекціях матеріалу (0,5 години) .
2 (06.09-10.09) – II тиждень	Комп'ютерний практикум 2. Рішення стаціонарних задач теплопровідності засобами програмного комплексу ANSYS.	Ознайомлення з порядком моделювання стаціонарних задач теплопровідності засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent (1,5 години) . Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 4.
3 (13.09-17.09) – I тиждень	Лекція 2. Основні складові комплексу програм ANSYS-Workbench. Основні стадії рішення задачі теплообміну. Стаціонарний теплообмін. Створення моделі і постановка граничних умов [1, с. 11-13, 17-19]. Приклад моделювання задач теплопровідності засобами ANSYS.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) . Роль програмного комплексу ANSYS при визначенні температурного стану вузлів і деталей енергетичного устаткування [1, с. 11-13]. Основні складові комплексу програм ANSYS [2]. (1,5 години) .
	Комп'ютерний практикум 3. Методи числових рішень нестаціонарних задач теплопровідності	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .
4 (20.09-24.09) – II тиждень	Комп'ютерний практикум 4. Методи числових рішень нестаціонарних задач теплопровідності	Ознайомлення з порядком моделювання нестаціонарних задач теплопровідності засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent (1,5 години) . Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 6.
5 (27.09-01.10) – II тиждень	Лекція 3. Роль обчислювальних методів в розрахунках на міцність. Моделювання взаємозв'язку між напругами, деформаціями та температурою в програмі ANSYS [1, с. 85-96].	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) . Числові методи, які використовуються при рішенні задач теплообміну [2, 3]. Матрична форма запису основних співвідношень теорії пружності. Основні співвідношення між напруженнями, деформаціями і температурою [1, с. 16-18] (1,5 години) .
	Комп'ютерний практикум 5. Моделювання стану біметалевих конструкцій	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .
6 (04.10-08.10) – II тиждень	Комп'ютерний практикум 6. Моделювання стану біметалевих конструкцій	Ознайомлення з порядком моделювання стану біметалевих конструкцій засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent (1,5 години) . Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 8.
7 (11.10-15.10) – I тиждень	Лекція 4. Розв'язок просторових задач в програмі ANSYS. Форма кінцевих елементів. Побудова мережі тетрагональних елементів [2, с. 60-76, 174-185]. Моделювання стану біметалевих конструкцій засобами ANSYS.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) . Співвідношення між деформаціями і зміщенням. Рівняння рівноваги. Ідея і область застосування методу скінчених

		елементів [1, с. 18-21]. Типи скінчених елементів. Лінійний пружний елемент. Матриця жорсткості [1, с. 32-35] (1,5 години) .
	Комп'ютерний практикум 7. Моделювання опорної конструкції для теплообмінних апаратів.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .
8 (18.10-22.10) – II тиждень	Комп'ютерний практикум 8. Моделювання опорної конструкції для теплообмінних апаратів.	Ознайомлення з порядком моделювання опорної конструкції для теплообмінних апаратів засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent (1,5 години) . Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 10.
9 (25.10-29.10) – I тиждень	Лекція 5. Методи числового моделювання теплообміну та течії в трубах круглого і не круглого поперечного перерізу. Порядок застосування комплексу програм Fluent для моделювання течії в трубах і каналах. Турбулентний рух рідини. Вихідна система рівнянь для побудови моделей турбулентності. Усереднені рівняння руху у формі Рейнольдса. Рівняння для рейнольдсових напруг [3, с. 9-16]	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) . Застосування методу скінчених різниць для розрахунку температури в ТВЕЛ ядерного реактора. [7, 9].
	Комп'ютерний практикум 9. Методи числового моделювання теплообміну та течії в трубах круглого поперечного перерізу.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .
10 (01.11-05.11) – II тиждень	Комп'ютерний практикум 10. 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-Fluent (1,5 години) . Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 12.
11 (08.11-12.11) – I тиждень	Лекція 6. Дослідження турбулентного теплообміну. Рівняння для температурних характеристик турбулентності. Усереднена форма рівняння енергії. Рівняння для складових турбулентного теплового потоку [3, с. 12-17; 3, с. 22-53].	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) . СРС: Алгебраїчні моделі турбулентності. Популярні алгебраїчні моделі турбулентності [4].
	Комп'ютерний практикум 11. Моделювання теплообміну і гідродинаміки відривної течії.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .
12 (15.11-19.11) – II тиждень	Комп'ютерний практикум 12. Моделювання теплообміну і гідродинаміки відривної течії.	Ознайомлення з порядком моделювання теплообміну і гідродинаміки відривної течії засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent (1,5 години) . Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 14.
13 (22.11-26.11)	Лекція 7. Методи числового моделювання теплообміну та течії в трубах круглого і не	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .

– I тиждень	круглого поперечного перерізу. Порядок застосування комплексу програм CFX для моделювання течії в трубах і каналах.	Врахування впливу зовнішньої турбулентності потоку в рамках моделі шляху змішування [4].
	Комп'ютерний практикум 13. Моделювання задач теплопередачі.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .
14 (29.11-03.12) – II тиждень	Комп'ютерний практикум 14. Моделювання задач теплопередачі.	Ознайомлення з порядком моделювання задач теплопередачі засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent (1,5 години) . Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 16.
15 (06.12-10.12) – I тиждень	Лекція 8. Моделі турбулентності з одним диференціальним рівнянням для характеристик турбулентності. Сукупність двопараметричних дисипативних k- ϵ моделей турбулентності [3, с. 35-40]. Моделювання динамічних процесів у теплообмінному обладнанні.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) . Можливості комплексу програм ANSYS при проведенні модального аналізу [5, 6]. Методика застосування ANSYS-Workbench для виконання модального аналізу відповідальних елементів енергетичного устаткування.
	Комп'ютерний практикум 15. Моделювання процесу генерації пари в вертикальному парогенеруючому каналі.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .
16 (13.12-17.12) – II тиждень	Комп'ютерний практикум 16. Моделювання процесу генерації пари в вертикальному парогенеруючому каналі.	Ознайомлення з порядком моделювання процесу генерації пари в вертикальному парогенеруючому каналі засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent (1,5 години) . Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 18.
17 (20.12-24.12) – I тиждень	Лекція 9. Послідовність створення моделі і постановка граничних умов і отримання рішення задачі при наявності фазового переходу методами програми ANSYS [2, с. 441-462]. Моделювання процесу генерації пари в вертикальному парогенеруючому каналі засобами програмних комплексів Fluent і CFX.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .
	Комп'ютерний практикум 17. Моделювання стану термонапружених конструкцій теплоенергетичного обладнання.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .
18 (27.12-31.12) – II тиждень	Комп'ютерний практикум 18. Моделювання стану термонапружених конструкцій теплоенергетичного обладнання.	Ознайомлення з порядком моделювання стану термонапружених конструкцій теплоенергетичного обладнання засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent (1,5 години) . Оформлення звіту. Термін виконання – до кінця семестру.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Види самостійної роботи та терміни часу, які на це відводяться, вказані в таблиці в п.5 відповідно до навчальних тижнів та запланованих навчальних занять.

В рамках виконання розрахунково-графічної роботи здобувачам вищої освіти пропонується провести CFD-моделювання процесів теплообміну і гідродинаміки в каналах реактору типу ВВЕР. Завдання на розрахунково-графічну роботу є індивідуальними оскільки залежать від значення типу реактора і кроку між твелями.

Результати чисельного моделювання потрібно представити так, щоб була можливість пояснити з фізичної точки зору явища, які моделюються.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог до студентів:

- **правила відвідування занять** – відвідування занять усіх виді (лекцій та практичних занять) є обов'язковим 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 лабораторних робіт 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) переписування модульних контрольних робіт не передбачено;
 - 3) 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: РГР.

Семестровий контроль: екзамен.

1. Комп'ютерні практикуми.

В семестрі проводиться 9-ти комп'ютерних практикумів які мають однакову складність.

Для лабораторних робіт застосовуються наступні критерії оцінювання:

Критерії оцінювання	Оцінка
● максимальна оцінка за захист звітів за повний цикл комп'ютерних практикумів	45

Кожна робота оцінюється наступним чином. $9 \times 5 = 45$.

Критерії оцінювання	Оцінка
● звіт не підготовлений	0
● неакуратно виконаний звіт, поверхневе знання особливості процесів що моделюються або не надання відповідей на контрольні запитання, що приводяться в методичних вказівках до виконання лабораторних робіт	36

<ul style="list-style-type: none"> в роботі є певні недоліки, студент дав повні відповіді на контрольні запитання, що приводяться в методичних вказівках до виконання лабораторних робіт 	4
<ul style="list-style-type: none"> за умови отриманих фізичних результатів роботи, гарного і своєчасного захисту роботи, повних відповідей на контрольні запитання, що приводяться в методичних вказівках до виконання лабораторних робіт 	5

2. Розрахунково-графічна робота

При поданні на перевірку звіту з розрахунково-графічної роботи (РГР) до рейтингу здобувача додається 3 бали. Наступні 2 (до максимальної оцінки за РГР – **5 балів**) здобувач може отримати після захисту роботи. Під час захисту РГР перевіряються наступні вимоги:

- отримані результати моделювання повинні мати фізичний зміст;
- наявність графічного підтвердження співпадіння результатів моделювання і аналітичного розрахунку;
- повних відповідей на питання щодо фізики процесів, які досліджуються.

Під час семестру здобувачі вищої освіти опрацьовують індивідуальні розрахунково-графічні роботи (РГР). Оцінка за РГР є сумарною за наступним критеріями:

Критерії оцінювання	Оцінка (бали)
- співпадінні результатів моделювання і аналітичного розрахунку	0...3
- оформлення РГР	0...1
- своєчасний захист	0...1
Загалом	до 5

Заохочувальні бали

Сума заохочувальних балів не повинна перевищувати 20 балів. Додатково до рейтингу зараховуються бали:

- за отримані сертифікати, що підтверджують участь у науково-практичних і наукових конференціях за тематикою дисципліни (5 балів/доповідь);
- за публікацію статті у науковому журналі за тематикою дисципліни. (10 балів/стаття).

3. Розрахунок суми основних рейтингових балів

Сума основних рейтингових балів відповідає рейтинговій шкалі (100 балів)

Розрахунок шкали рейтингу:

$$R = 9 \times 5 \text{ (КП)} + 5 \text{ (РГР)} + 50 \text{ (Екзамен)} = \mathbf{100 \text{ балів.}}$$

Система додаткових рейтингових балів та відповідні критерії оцінювання

На екзамені студенти виконують письмову екзаменаційну роботу. Кожне завдання містить два питання, що присвячені темам комп'ютерного моделювання процесів, що мають місце в елементах енергетичного обладнання засобами ANSYS-Fluent. Питання однакові за складністю і оцінюються по 25 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», результати моделювання мають фізичний зміст і можуть бути перевірені за допомогою аналітичних розрахунків – 25-20 балів;
- «добре», в роботі є незначні неточності – 19-15 балів;
- «задовільно», студент знає теоретичну послідовність дій при моделюванні, але не може практично реалізувати її засобами ANSYS-Fluent (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 10-9 балів;
- «незадовільно», не зроблено жодної моделі – 0 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

Умови допуску до семестрового контролю: виконаний та зарахований цикл звітів з практичних робіт, захищена РГР та загальний бал за всі види робіт не менше **25 балів**.

За рішенням кафедри, згідно Тимчасового регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (Наказ № 7/86 від 08.05 2020 року), допускається застосувати підхід щодо виставлення оцінки з кредитного модуля «автоматом» шляхом пропорційного перерахунку стартових балів у підсумкові за 100-бальною шкалою. При цьому обов'язковим залишається виконання студентом умов допуску до екзамену. Здобувачі, які набрали фактичний стартовий рейтинг не менший, ніж 0,9 від максимально можливого (тобто $R_c \geq 45$), екзаменатор може запропонувати виставити оцінку «Дуже добре». Найвища оцінка «автоматом» не виставляється.

Переведення стартових балів у підсумкові здійснюється за формулою

$$R = 50 + \frac{50 \cdot (R_i - R_D)}{(R_c - R_D)},$$

де R – оцінка за 100-бальною шкалою;

R_i – сума балів, набраних студентом продовж семестру;

R_c – максимальна сума вагових балів контрольних заходів продовж семестру;

R_D – бал допуску до екзамену.

Студенти, які хочуть підвищити оцінку з кредитного модуля, виконують екзаменаційну роботу. При цьому переведення стартових балів у підсумкові не здійснюється.

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.

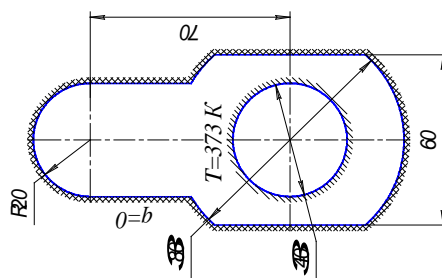
Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (детальніше: <https://kpi.ua/code>).

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Приклад питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Визначити нестационарне температурне поле оболонкової конструкції:

при $\tau = 0$ с $T = 273$ К.



2. Визначити локальні коефіцієнти тепловіддачі на стінці циліндричної труби 32×1000×2 мм. Теплоносій – повітря. Режим течії – турбулентний. Температура потоку на вході в трубу

становить 18 °С. Стінки труби мають температуру 98 °С. Побудувати також епюри швидкості на виході і провести порівняння з теоретичною залежністю.

3. Визначити власні форми коливань сталевго стержня діаметром 10 мм довжиною 6 м, за допомогою числового моделювання.

4. Визначити локальні коефіцієнти тепловіддачі на стінці циліндричної труби 32×1000×2 мм. Теплоносій – вода. Температура і швидкість потоку на вході в трубу становлять відповідно 28 °С і 1 м/с. Стінки труби мають температуру 98 °С. Побудувати також епюри швидкості на виході.

5. Визначити власні форми коливань швелера, довжини полицок якого становлять 40, 20 мм при довжині 3 м, за допомогою числового моделювання. Товщина полицок швелера 3 мм. Торці швелера закріплені, а по центру прикладене навантаження 1 кН.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом каф. АЕС і ІТФ, к.т.н., доц., Баранюком Олександром Володимировичем

Ухвалено кафедрою АЕС і ІТФ (протокол № 15/а від 30.06.2022р.)

Погоджено Методичною комісією ТЕФ (протокол № 9 від 30.06.2022р.)