Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра
Атомної енергетики

Моделювання тривимірних задач гідродинаміки і теплообміну в енергетичному устаткуванні

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Третій (освітньо-науковий)***
Галузь знань	*14 Електрична інженерія*
Спеціальність	*143 Атомна енергетика*
Освітня програма	*ОНП Атомна енергетика*
Статус дисципліни	*Нормативна, навчальні дисципліни для здобуття універсальних компетентностей дослідника*
Форма навчання	*очна(денна)*
Рік підготовки, семестр	*І курс, весняний семестр*
Обсяг дисципліни	*90 годин/3 кредити ЄКТС; 36 годин комп'ютерного практикуму, 54 години СРС*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Розрахункова робота, залік*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua/*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	*Практичні / Комп'ютерний практикум: к.т.н., доц., Баранюк Олександр Володимирович, e-mail: olexandr.baranyuk@gmail.com*
Розміщення курсу	*https://campus.kpi.ua*, *https://do.ipo.kpi.ua/*
Програма навчальної дисципліни	

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання 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.

Метою навчальної дисципліни є формування у здобувачів компетентностей:

– здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності (ФК 3);

- здатність використовувати новітні досягнення сучасної науки і передових технологій в наукових дослідженнях (ФК 8);
- здатність розробляти, застосовувати та удосконалювати математичні моделі, наукові і технічні методи та сучасне комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення складних завдань у технічних та природничих системах (ФК 9).

Предметом навчальної дисципліни є програмний комплекс ANSYS, який в даний час використовується в багатьох університетах для навчання здобувачів 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 вироби.

Програмними результатами навчання:

- розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у галузі атомної енергетики та дотичних міждисциплінарних напрямах (ПРН 4);
- застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи (ПРН 6).

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)

Пререквизити дисципліни: Іноземна мова для наукової діяльності, Методи інтенсифікації процесів тепло- і масообміну в гетерогенних системах, Кінетика фазових перетворень в енергетичному обладнанні.

Постреквізити дисципліни: робота над докторською дисертацією.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Моделювання періодичних течій і теплопередачі.
Тема 2. Моделювання обтікання профілів стисливої рідини.
Тема 3. Моделювання нестаціонарних течій стисливої рідини.
Тема 4. Моделювання радіаційного теплопереносу та природної конвекції.
Тема 5. Використання не конформної (не узгодженої або не адаптованої) сітки.
Тема 6. Використання одиночної обертальної системи відліку.
Тема 7. Використання складної (складовою, множинної) обертальної системи відліку.
Тема 8. Використання моделі поєднання (об'єднання) поверхонь (Mixing Plane Model).
Тема 9. Використання ковзних (паливних) сіток.
Тема 10. Використання динамічних сіток.
Тема 11. Використання моделі горіння без попереднього змішування.
Тема12. Моделювання поверхневої хімії (Modeling Surface Chemistry).
Тема13. Моделювання випаровування рідких аерозолів.
Тема14. Використання VOF Моделі для моделювання кавітації.
Тема15. Використання багатофазних і багатокомпонентних моделей.
Тема16. Застосування багатофазних моделей для сипучих середовищ.
Тема17. Моделювання затвердіння (кристалізації).
Тема18. Використання моделі Ейлера для гранульованих середовищ з теплопередачею.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова (підручники, навчальні посібники) література.

1. *Моделювання тривимірних задач гідродинаміки і теплообміну в енергетичному устаткуванні [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів третього (освітньо-наукового) ступеня вищої освіти за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування» та 143 «Атомна енергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. : Баранюк Олександр Володимирович, Воробйов Микита Валерійович, Рачинський Артур Юрійович – Електронні текстові данні (1 файл: 88.79 КБ, docx). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 227 с. (https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48806).*
2. *CFD-моделювання процесу генерації пари в моделі прямоточного парогенератора реактора ВВЕР-1000 [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів третього (освітньо–наукового) ступеня вищої освіти за спеціальністю 143 Атомна енергетика / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. О. В. Баранюк, М. В. Воробйов, А. Ю. Рачинський. – Електронні текстові дані (1 файл: 7,07 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 33 с. – Назва з екрана. (https://ela.kpi.ua/handle/123456789/46177).*
3. *Туз В.О. Гідродинаміка і тепломасообмін газорідинних потоків на капілярно-пористих структурах: монографія/ В.О.Туз, Н.Л. Лебедь / Харків: ФОП Бровін О.В., 2018. 220с.*
4. *Saeed Moaveni. Finite element analysis. Prentice Hall, Upper saddle River, New Jersey, 1999. -272 p. [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.*
5. *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.*
6. *ANSYS. Fundamental FEA Concepts and Applications. A Guidebook for use and Applicability of Workbench Simulation Tools from ANSYS, Inc. [Електроний ресурс] – Режим доступу: https://www.cae.tntech.edu/~chriswilson/FEA/ANSYS/ANSYSguide_fea-concepts.pdf – 14.07.2022 р.*

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

7. *Salman Mohammed Alzahrani. Computational fluid dynamics modeling and comparison of advanced techniques for heat transfer augmentation for nuclear applications [Електроний ресурс] – Режим доступу: https://scholarsmine.mst.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4130&context=doctoral_dissertations – 14.07.2022 р.*
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 [Електроний ресурс] – Режим доступу: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/04/059/4059039.pdf – 14.07.2022 р.*
9. *W. G. Bickley. Mechanical Admittances and their Applications to Oscillation Problems [Електроний ресурс] – Режим доступу: https://www.nature.com/articles/161954a0 – 14.07.2022 р.*
10. *Lyubchenko E.A. Study guide «oscillations and waves» [Електроний 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 р.*
11. *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.*
12. *V.IPoleshaev. 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).*

13. Hydrodynamics and heat transfer of swirling flows in channels of nuclear power plants. Nauch. izd. Hardcover – January 1, 2010 [Електроний ресурс] – Режим доступу: https://www.amazon.com/Hydrodynamics-Gidrodinamika-teploobmen-zakruchennykh-yaderno-energeticheskikh/dp/5922112236 – 14.07.2022 р.
14. 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.
15. Парогенератори АЕС [Електронний ресурс] : методичні вказівки до курсового проекту «Парогенератори та теплообмінники АЕС» для студентів спеціальності 143 «Атомна енергетика», спеціалізації «Атомні електричні станції» та 142 «Енергетичне машинобудування» спеціалізації «Тепло- і парогенеруючі установки / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. Є. В. Шевель, М. В. Воробйов. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 25 с. – (https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19672).

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Тиждень	*Зміст навчальної роботи*	*СРС (54 годин за навчальним планом)*
1 (01.02-05.02) – I тиждень	**Комп'ютерний практикум. Заняття1.** Вступне заняття. Видача методичних вказівок, роздаткового матеріалу дисципліни. Моделювання періодичних течій і теплопередачі.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу **(0,5 години).**
		Ознайомлення з порядком моделювання періодичних течій і теплопередачі засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent **(1,5 години).** Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 2.
2 (08.02-12.02) – II тиждень	**Комп'ютерний практикум. Заняття2.** Застосування програмного комплексу ANSYS-Fluent для моделювання обтікання профілів стисливої рідини. Моделювання обтікання профілів стисливої рідини.	Опрацювання пройденого на практичних заняттях матеріалу **(0,5 години).**
		Ознайомлення з порядком моделювання обтікання профілів стисливої рідини засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent **(1,5 години).** Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 3.
3 (15.02-19.02) – I тиждень	**Комп'ютерний практикум. Заняття3.** Застосування програмного комплексу ANSYS-Fluent для моделювання нестаціонарних течій стисливої рідини. Моделювання нестаціонарних течій стисливої рідини.	Опрацювання пройденого на практичних заняттях матеріалу **(0,5 години).**
		Ознайомлення з порядком моделювання нестаціонарних течій стисливої рідини засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent **(1,5 години).** Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 4.

4 (22.02-26.02) – II тиждень	**Комп'ютерний практикум. Заняття4.** Застосування програмного комплексу ANSYS-Fluent для моделювання радіаційного теплопереносу та природної конвекції. Моделювання радіаційного теплопереносу та природної конвекції.	Опрацювання пройденого на практичних заняттях матеріалу **(0,5 години).**
		Ознайомлення з порядком моделювання радіаційного теплопереносу та природної конвекції засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent **(1,5 години).** Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 5.
5 (01.03-05.03) – I тиждень	**Комп'ютерний практикум. Заняття 5.** Методика використання ANSYS-Fluent в умовах застосування не конформної (не узгодженої або не адаптованої) сітки.	Опрацювання пройденого на практичних заняттях матеріалу **(0,5 години).**
		Ознайомлення з порядком застосування засобів програмного комплексу ANSYS-Fluent в умовах використання не конформної (не узгодженої або не адаптованої) сітки **(1,5 години).** Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 6.
6 (08.03-12.03) – II тиждень	**Комп'ютерний практикум. Заняття 6.** Методика використання ANSYS-Fluent в умовах застосування одиночної обертальної системи відліку. Використання одиночної обертальної системи відліку.	Опрацювання пройденого на практичних заняттях матеріалу **(0,5 години).**
		Ознайомлення з порядком застосування засобів програмного комплексу ANSYS-Fluent в умовах використання одиночної обертальної системи відліку **(1,5 години).** Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 7.
7 (15.03-19.03) – I тиждень	**Комп'ютерний практикум. Заняття 7.** Використання складної (складовою, множинної) обертальної системи відліку засобами програмних комплексів ANSYS-Fluent.	Опрацювання пройденого на практичних заняттях матеріалу **(0,5 години).**
		Ознайомлення з порядком застосування засобів програмного комплексу ANSYS-Fluent в умовах використання складної (складовою, множинної) обертальної системи відліку **(1,5 години).** Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 8.
8 (22.03-26.03) – II	**Комп'ютерний практикум. Заняття 8.** Використання моделі поєднання (об'єднання) поверхонь (Mixing Plane Model) засобами	Опрацювання пройденого на практичних заняттях матеріалу **(0,5 години).**

тиждень	програмних комплексів ANSYS-Fluent.	Ознайомлення з порядком використання моделі поєднання (об'єднання) поверхонь (Mixing Plane Model) засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent **(1,5 години).** Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 9.
9 (29.03-02.04) – I тиждень	**Комп'ютерний практикум. Заняття 9.** Використання ковзних (паливних) сіток засобами програмних комплексів ANSYS-Fluent.	Опрацювання пройденого на практичних заняттях матеріалу **(0,5 години).**
		Ознайомлення з порядком використання ковзних (паливних) сіток засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent **(1,5 години).** Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 10.
10 (05.04-09.04) – II тиждень	**Комп'ютерний практикум. Заняття 10.** Використання динамічних сіток при моделюванні засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent.	Опрацювання пройденого на практичних заняттях матеріалу **(0,5 години).**
		Ознайомлення з порядком використання динамічних сіток засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent **(1,5 години).** Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 11.
11 (12.04-16.04) – I тиждень	**Комп'ютерний практикум. Заняття 11.** Використання моделі горіння без попереднього змішування при моделюванні засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent.	Опрацювання пройденого на практичних заняттях матеріалу **(0,5 години).**
		Ознайомлення з порядком використання моделі горіння без попереднього змішування засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent **(1,5 години).** Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 12.
12 (19.04-23.04) – II тиждень	**Комп'ютерний практикум. Заняття 12.** Моделювання поверхневої хімії (Modeling Surface Chemistry) при моделюванні засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent.	Опрацювання пройденого на практичних заняттях матеріалу **(0,5 години).**
		Ознайомлення з порядком моделювання поверхневої хімії (Modeling Surface Chemistry) засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent **(1,5 години).** Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 13.

13 (26.04-30.04) – I тиждень	**Комп'ютерний практикум. Заняття 13.** Моделювання випаровування рідких аерозолів засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent.	Опрацювання пройденого на практичних заняттях матеріалу **(0,5 години).**
		Ознайомлення з порядком моделювання випаровування рідких аерозолів засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent **(1,5 години).** Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 14.
14 (03.06-07.05) – II тиждень	**Комп'ютерний практикум. Заняття 14.** Використання VOF Моделі для моделювання кавітації засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent.	Опрацювання пройденого на практичних заняттях матеріалу **(0,5 години).**
		Ознайомлення з порядком використання VOF Моделі для моделювання кавітації засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent **(1,5 години).** Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 15.
15 (10.05-14.05) – I тиждень	**Комп'ютерний практикум. Заняття 15.** Використання багатофазних і багатокомпонентних моделей при моделюванні засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent.	Опрацювання пройденого на практичних заняттях матеріалу **(0,5 години).**
		Ознайомлення з порядком використання багатофазних і багатокомпонентних моделей засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent **(1,5 години).** Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 17.
16 (17.05-21.05) – II тиждень	**Комп'ютерний практикум. Заняття 16.** Застосування багатофазних моделей для сипучих середовищ при моделюванні засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent.	Опрацювання пройденого на практичних заняттях матеріалу **(0,5 години).**
		Ознайомлення з порядком використання багатофазних моделей для сипучих середовищ засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent **(1,5 години).** Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 17.
17 (24.05-28.05) – I тиждень	**Комп'ютерний практикум. Заняття 17.** Моделювання затвердіння (кристалізації) засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent. Захист розрахунково-графічної роботи.	Опрацювання пройденого на практичних заняттях матеріалу **(0,5 години).**
		Ознайомлення з порядком моделювання затвердіння (кристалізації) засобами програмного комплексу ANSYS-

		Fluent **(1,5 години).** Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 18.
18 (31.05-04.06) – II тиждень	**Комп'ютерний практикум. Заняття 18.** Використання моделі Ейлера для гранульованих середовищ з теплопередачею.	Опрацювання пройденого на практичних заняттях матеріалу **(0,5 години).**
		Ознайомлення з порядком використання моделі Ейлера для гранульованих середовищ з теплопередачею засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent **(1,5 години).** Оформлення звіту. Термін виконання – до кінця семестру.

6. Самостійна робота 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.

Завдання РР: необхідно виконати CFD-моделювання поширення продуктів згоряння в топці котельних агрегатів в залежності від варіанту за списком академічної групи), що використовують в якості палива агропелети (і визначити дійсну температуру димових газів на виході з топки. Отримані розрахункові дані, потрібно порівняти з результатами аналітичного розрахунку теплообміну в топці.

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 здобувачів:

- **правила відвідування занять** – відвідування занять (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 здобувачі їх «відвідують» під'єднуючись за наданими викладачем посиланням;
- **правила поведінки на заняттях** – не заважати зайвою діяльністю, розмовами (в тому числі телефоном) іншим здобувачам 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 практичних занять** – викладач особисто спілкується зі здобувачем та задає теоретичні питання за тематикою заняття 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, здобувачі можуть бути недопущені до семестрового контролю і не отримати позитивну оцінку.

- **політика щодо академічної доброчесності** – здобувачі зобов'язані дотримуватись положень Кодексу честі та вимог академічної доброчесності під час освітнього процесу (http://kpi.ua/code).

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

Поточний контроль: захист 9-ти звітів з комп'ютерних практикумів; МКР; РР .
Семестровий контроль: залік.
Умови допуску до семестрового контролю: виконаний та зарахований цикл звітів з комп'ютерних практикумів, зарахована РР та загальний бал за всі види робіт не менше 26 балів. Для отримання залікової оцінки з кредитного модуля «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів.

1. Практичні заняття (Комп'ютерний практикум).

В семестрі проводиться 18-ть занять (комп'ютерних практикумів). Результати роботи представляються у вигляді 9-ти звітів комп'ютерного практикуму.

Для оцінювання результатів виконання і захисту застосовуються наступні критерії:

Критерії оцінювання	Оцінка
– максимальна оцінка за захист звітів комп'ютерного практикуму (9 робіт по 5 балів)	45

Кожна робота оцінюється наступним чином.

Критерії оцінювання	Оцінка
– робота не виконана	0
– неохайно виконаний звіт, поверхневе знання особливостей процесів, що моделюються або не надання відповідей на питання щодо фізики процесів, які досліджуються	3
– в роботі є певні недоліки, здобувач орієнтується в фізиці процесів, які досліджуються	4
– за умови отриманих результатів роботи, гарного і своєчасного захисту роботи, повних відповідей на питання щодо фізики процесів, які досліджуються	5

2. Розрахункова робота

При поданні на перевірку звіту з розрахункової роботи (РР) до рейтингу здобувача додається 30 балів. Наступні 25 (до максимальної оцінки за РР – 55 балів), здобувач може отримати після захисту роботи. Під час захисту РР 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.

В разі невідповідності будь-якому з пунктів перерахованих вимог, за кожен не виконаний пункт віднімається по одному балу.

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*5) (Комп. Пр.) + 55 (РР) = 100 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

Здобувачі, які наприкінці семестру мають рейтинг *менше 60 балів*, а також ті, хто хоче підвищити оцінку у системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу. При цьому, до отриманих під час семестру балів за РР та за захист звітів з практичних занять (максимум 50 балів) додаються бали за залікову контрольну роботу і визначається фінальна оцінка (яка може бути як більша, ніж отримана раніше за рейтингом, так і менша).

Контрольне завдання залікової роботи оцінюється в 40 балів і складається з розробки тривимірної моделі будь-якого вузла теплоенергетичного обладнання, яку здобувач здатен розробити за дві академічних години.

Оцінювання залікової роботи здійснюється наступним чином:

– повна модель (виконане коректне моделювання всі вузлів і елементів обладнання) – 30-40 балів;

– неповна модель (не всі взаємозв’язки встановлені або відсутні деякі елементи) – 20-30 балів;

– незавершена модель (поверхнева схожість з об’єктом, який підлягає моделюванню) – 10-20 балів;

– модель не побудована – 0 балів.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Аспіранти 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).

Аспіранти 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 аспірантів 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.

Додаток 1

Приклад завдання на розрахункову роботу

В якості завдання на розрахунково-графічну роботу пропонується провести моделювання теплогідравлічних процесів, що мають місце в ньому при генерації водяної пари та розрахунку на міцність окремих елементів парогенератора.

Аспірантам пропонується виконати моделювання процесу генерації пари при поздовжньому омиванні двофазним потоком зовнішньої поверхні шахового пучка труб в комп'ютерній моделі прямоточного пароперегрівача. Модель являє собою циліндричний корпус, який обмежує рідинний парогенератора виконаний в масштабі 1:100 з радіальним підведенням теплоносія (рис. 1).

Варіанти завдань відрізняються один від одного температурою і тиском живильної води, її витратою та діаметрами труб у шаховому трубному пучку (табл. 1). В ході розрахунку потрібно визначити температуру перегрітої пари.

При вирішенні поставлених задач розрахунково-графічної роботи аспіранти поглиблюють досвід моделювання засобами Ansys-CFX, вивчають спеціальну літературу, та розвивають творчу ініціативу при самостійному вирішенні технічних завдань для їх подальшої реалізації під час навчання та професійної діяльності.

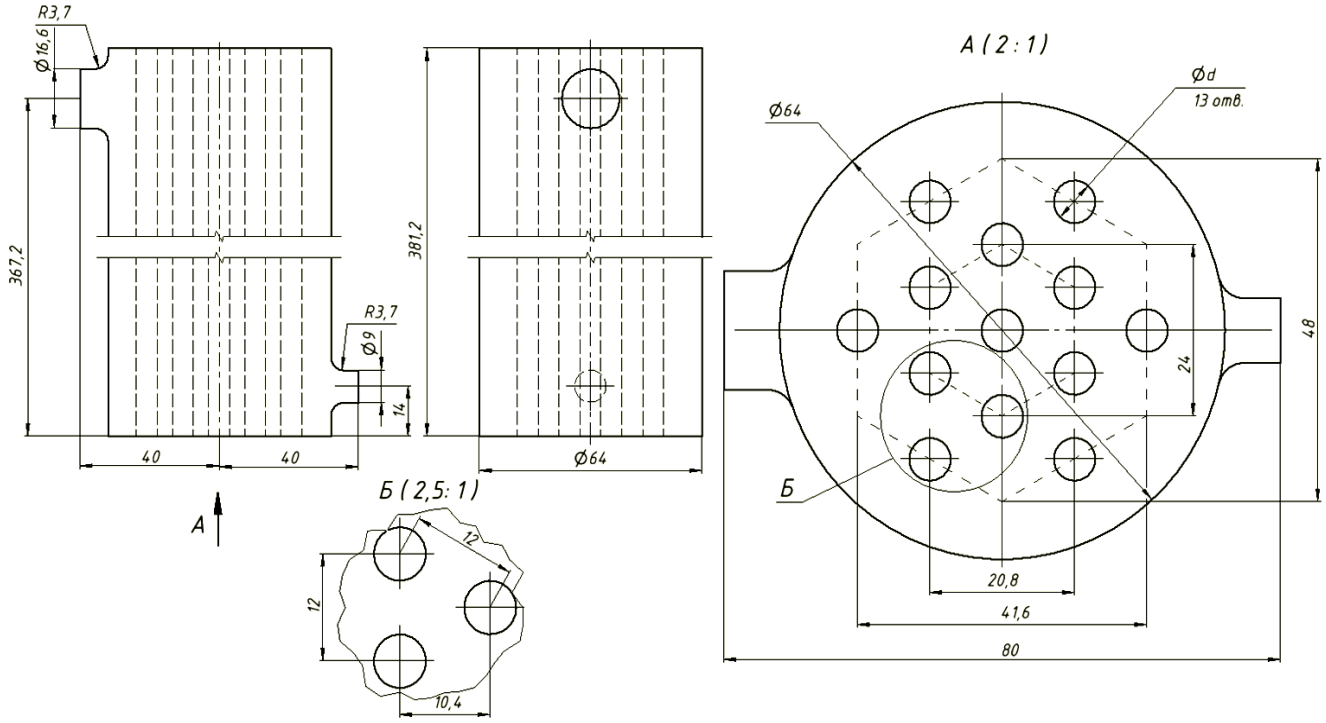

Рисунок 1 – Кресленик моделі прямоточного парогенератора

Таблиця 1. Варіанти до розрахунку ПГ до реактора ВВЕР-1000

№ вар.	P''_2, МПа	t''_1, °C	D, кг/с	d, мм
1	6,4	288	780	14×1,4
2	6,26	290	800	12×1,2
3	6,4	288	820	12×1,2
4	6,26	290	800	14×1,4
5	6,4	288	780	12×1,2
6	6,26	290	820	12×1,2
7	6	288	780	14×1,4
8	6	290	800	14×1,4

Після виконання теплового розрахунку, потрібно виконати розрахунок на міцність корпусу парогенератора шляхом конвертації результатів розрахунку поля температур і тисків на його внутрішній поверхні в Static Structure ANSYS для коректної роботи якого слід створити тривимірну модель твердотільного об’єму корпусу прямоточного парогенератора.

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. 2022 р.)

Погоджено Методичною комісією ТЕФ (протокол № 9 від 30. 06. 2022 р.)