



Моделювання тривимірних задач гідродинаміки і теплообміну в енергетичному устаткуванні

Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)

| Реквізити навчальної дисципліни | |
|---|---|
| Рівень вищої освіти | <i>Третій (освітньо-науковий)</i> |
| Галузь знань | <i>14 Електрична інженерія</i> |
| Спеціальність | <i>142 Енергетичне машинобудування</i> |
| Освітня програма | <i>Енергетичне машинобудування</i> |
| Статус дисципліни | <i>Нормативна, навчальні дисципліни для здобуття універсальних компетентностей дослідника</i> |
| Форма навчання | <i>очна(денна)</i> |
| Рік підготовки, семестр | <i>I курс, осінній семестр</i> |
| Обсяг дисципліни | <i>120 годин/4 кредити ЄКТС; 28 годин комп'ютерного практикуму, 92 години СРС</i> |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи | <i>Залік/ розрахункова робота</i> |
| Розклад занять | http://roz.kpi.ua/ |
| Мова викладання | <i>Українська</i> |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: д.ф.-м.н., проф. Ворopaєв Геннадій Олександрович, voropaiev.gena@gmail.com Практичні: д.ф.-м.н., проф. Ворopaєв Геннадій Олександрович, voropaiev.gena@gmail.com |
| Розміщення курсу | https://campus.kpi.ua/ , https://do.ipk.kpi.ua/ |

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.

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 виробу.

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 сфері енергетичного машинобудування та дотичних міждисциплінарних напрямках (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);
- на основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми у сфері енергетичного машинобудування з дотриманням норм академічної етики (ПРН 7);
- глибоко розуміти сучасні проблеми науково-технічного розвитку науки і техніки враховуючи світові досягнення в галузях енергетики та енергетичного машинобудування з урахуванням техніко-економічних і екологічних напрямів, знати і застосовувати сучасні технології енерго- та ресурсозбереження (ПРН 8).

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)

Пререквізити 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 нестационарних 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) рівня 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 дані (1 файл: 88.79 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 227 с. (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48806>).

2. CFD-моделювання згоряння агропелет в топковій камері автоматичного котла на твердому паливі. Навчальний посібник до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Моделювання тривимірних задач гідродинаміки і теплообміну в енергетичному устаткуванні» [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. О. В. Баранюк ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 34,29 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 59 с. – Назва з екрана. (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45702>).

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

3. Туз В.О. Гідродинаміка і тепломасообмін газорідних потоків на капілярно-пористих структурах: монографія/ В.О.Туз, Н.Л. Лебедь / Харків: ФОРМ Бровін О.В., 2018. 220с.

4. 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 р.

5. 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 р.

5. 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/cgi/viewcontent.cgi?article=4130&context=doctoral_dissertations – 14.07.2022 р.

6. 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 р.

7. 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>).

8. 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 ; КПІ ім. Ігоря Сікорського.– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 115 с. – (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/36207>).

Навчальний контент

9. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

| Зміст навчальної роботи | СРС (92 години за навчальним планом) |
|--|---|
| Комп'ютерний практикум. Заняття1. Вступне заняття. Видача методичних вказівок, роздаткового матеріалу дисципліни. Моделювання періодичних течій і теплопередачі. | 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. |
| Комп'ютерний практикум. Заняття2. Застосування програмного комплексу ANSYS-Fluent для моделювання обтікання профілів стисливої рідини. Моделювання обтікання профілів стисливої рідини. | Ознайомлення з порядком моделювання обтікання профілів стисливої рідини засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent. Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 3. |

| | |
|--|---|
| <p>Комп'ютерний практикум. Заняття 3. Застосування програмного комплексу ANSYS-Fluent для моделювання нестационарних течій стисливої рідини. Моделювання нестационарних течій стисливої рідини.</p> | <p>Ознайомлення з порядком моделювання нестационарних течій стисливої рідини засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent. Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 4.</p> |
| <p>Комп'ютерний практикум. Заняття 4. Застосування програмного комплексу ANSYS-Fluent для моделювання радіаційного теплопереносу та природної конвекції. Моделювання радіаційного теплопереносу та природної конвекції.</p> | <p>Ознайомлення з порядком моделювання радіаційного теплопереносу та природної конвекції засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 5.</p> |
| <p>Комп'ютерний практикум. Заняття 5. Методика використання ANSYS-Fluent в умовах застосування не конформної (не узгодженої або не адаптованої) сітки.</p> | <p>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.</p> |
| <p>Комп'ютерний практикум. Заняття 6. Методика використання ANSYS-Fluent в умовах застосування одиночної обертальної системи відліку. Використання одиночної обертальної системи відліку. Використання складної (складовою, множинної) обертальної системи відліку засобами програмних комплексів ANSYS-Fluent.</p> | <p>Ознайомлення з порядком застосування засобів програмного комплексу ANSYS-Fluent в умовах використання одиночної обертальної системи відліку. Ознайомлення з порядком застосування засобів програмного комплексу ANSYS-Fluent в умовах використання складної (складовою, множинної) обертальної системи відліку Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 7.</p> |
| <p>Комп'ютерний практикум. Заняття 7. Використання моделі поєднання (об'єднання) поверхонь (Mixing Plane Model) засобами програмних комплексів ANSYS-Fluent. Використання ковзних (паливних) сіток засобами програмних комплексів ANSYS-Fluent.</p> | <p>Ознайомлення з порядком використання моделі поєднання (об'єднання) поверхонь (Mixing Plane Model) засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent. Ознайомлення з порядком використання ковзних (паливних) сіток засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 8.</p> |
| <p>Комп'ютерний практикум. Заняття 8. Використання динамічних сіток при моделюванні засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent. Використання моделі горіння без попереднього змішування при моделюванні засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent.</p> | <p>Ознайомлення з порядком використання динамічних сіток засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent. Ознайомлення з порядком використання моделі горіння без попереднього змішування засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 9.</p> |
| <p>Комп'ютерний практикум. Заняття 9. Моделювання поверхневої хімії (Modeling Surface Chemistry) при моделюванні засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent. Моделювання випаровування рідких аерозолів засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent.</p> | <p>Ознайомлення з порядком моделювання поверхневої хімії (Modeling Surface Chemistry) засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent. Ознайомлення з порядком моделювання випаровування рідких аерозолів засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 10.</p> |
| <p>Комп'ютерний практикум. Заняття 10. Використання VOF Моделі для моделювання кавітації засобами програмного комплексу ANSYS-</p> | <p>Ознайомлення з порядком використання VOF Моделі для моделювання кавітації засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent.</p> |

| | |
|---|---|
| Fluent. | Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 11. |
| Комп'ютерний практикум. Заняття 11. Використання багатофазних і багатокомпонентних моделей при моделюванні засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent. Застосування багатофазних моделей для сипучих середовищ при моделюванні засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent. | Ознайомлення з порядком використання багатофазних і багатокомпонентних моделей засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent. Ознайомлення з порядком використання багатофазних моделей для сипучих середовищ засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent. Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 12. |
| Комп'ютерний практикум. Заняття 12. Моделювання затвердіння (кристалізації) засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent. Захист розрахунково-графічної роботи. | Ознайомлення з порядком моделювання затвердіння (кристалізації) засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent. Оформлення звіту. Термін виконання – до комп'ютерного практикуму 13. |
| Комп'ютерний практикум. Заняття 13. Використання моделі Ейлера для гранульованих середовищ з теплопередачею. Захист РР. | Ознайомлення з порядком використання моделі Ейлера для гранульованих середовищ з теплопередачею засобами програмного комплексу ANSYS-Fluent. Оформлення звіту. Термін виконання – до кінця семестру. |
| Заняття 14. Залік | |

10. 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, а також визначити дійсну температуру димових газів на виході з топки. Отримані розрахункові дані, потрібно порівняти з результатами аналітичного розрахунку теплообміну в топці.

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

Політика та контроль

11. 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 вирішуються на аудиторних практичних заняттях 7 та 12. При значних заборгованостях з оформлення звітів, їх здачі і захистів, здобувачі не можуть бути недопущені до семестрового контролю і не отримують 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>).

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

Види контролю знань аспірантів з дисципліни:

- виконання і захист звітів з комп'ютерного практикуму;
- виконання і захист РР.

Рейтинг аспіранта з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

- 1) виконання завдань з комп'ютерного практикуму;
- 2) захист звітів з комп'ютерного практикуму;
- 3) виконання РР;
- 4) захист РР;
- 5) виконання залікової роботи.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: виконаний та зарахований цикл звітів з комп'ютерних практикумів, виконана і захищена РР. Для отримання залікової оцінки з кредитного модуля «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів.

1. Практичні заняття (Комп'ютерний практикум).

В семестрі проводиться 13-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) Кожна робота оцінюється наступним чином. | 45 |
| 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, що відображають фізичний зміст процесу, гарного і своєчасного захисту роботи, повних відповідей на питання щодо фізики процесів, які досліджуються | 5 |

2. Розрахункова робота

Максимальна кількість балів за виконання розрахункової роботи 30 балів і за захист 25 балів, тобто сумарна кількість балів дорівнює $r_3 = 55$. Завдання для виконання розрахунково-графічної роботи видається студенту на початку семестру, строк захисту – останнє практичне заняття. Оформлення пояснювальної записки, що входить до звіту з виконання розрахункової роботи виконати згідно вимогам ДСТУ 8302:2015. Захист розрахункової роботи на останньому практичному занятті. *Виконання завдань і захист розрахункової роботи обов'язкове.*

Критерії оцінювання (виконання розрахункової роботи):

30 балів — повне виконання завдання, відповідність вимогам щодо оформлення; **23...28 балів** — повне виконання завдання, незначна невідповідність вимогам щодо оформлення; **16...22 балів** — виконання завдання з деякими незначними неточностями, відповідність вимогам щодо оформлення; **11...15 балів** — виконання завдання з деякими неточностями, незначна невідповідність вимогам щодо оформлення; **0...10 балів** — виконання завдання з грубими помилками, невідповідність вимогам щодо оформлення – робота не зарахована, потребує доопрацювання.

Критерії оцінювання (захист розрахункової роботи):

25 балів — повна вірна відповідь на поставлені запитання за темою розрахункової роботи; **20...24 бали** — відповідь має несуттєві похибки; **16...19 балів** — неповна відповідь; **12...15 балів** — наявність несуттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді, **0...11 балів** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді, захист не зараховано.

Штрафні бали:

- несвоєчасне представлення та/або захист розрахункової роботи без поважної причини (хвороба) — **1 бал.**

Заохочувальні бали

- участь у наукових та/або науково-практичних конференціях, семінарах, симпозиумах — **5 балів** (при умові виконання завдань розрахунково-графічної роботи).

3. Розрахунок суми основних рейтингових балів

Сума основних рейтингових балів відповідає рейтинговій шкалі (100 балів)

Розрахунок шкали рейтингу: **$R = (9 \cdot 5) (\text{Комп. Пр.}) + 55 (\text{РР}) = 100 \text{ балів.}$**

Отримані бали переводяться в оцінку згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

| <i>Кількість балів</i> | <i>Оцінка</i> |
|---------------------------|---------------|
| 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** (але виконали умови допуску), а також ті, хто хоче підвищити оцінку у системі ECTS, виконують залікову роботу. Застосовується «жорстка» модель РСО. При цьому, отримані під час семестру бали анулюються і виконується залікова робота. Отримані за виконання і захист залікової роботи бали є остаточними. Отримані бали переводяться в оцінку згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою.

Контрольна залікова робота оцінюється у 100 балів і складається з розробки тривимірної моделі вузла теплоенергетичного обладнання, яку здобувач здатен розробити за дві академічні години.

Критерії оцінювання залікової роботи:

- виконане коректне моделювання всіх вузлів і елементів обладнання, вірно задані взаємозв'язки – 95...100 балів;
- модель має не значні недоліки (не всі взаємозв'язки встановлені) – 85...94 балів;
- неповна модель (відсутні не суттєві елементи та/або не всі взаємозв'язки встановлені) – 75...84 балів;
- неповна модель з суттєвими недоліками (відсутні елементи та/або не всі встановлені взаємозв'язки) – 65...74 балів;
- незавершена модель (геометрія моделі побудована з незначними недоліками та не встановлені взаємозв'язки) – 60...64 балів;
- модель не побудована – 0...59 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>).

13. 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 розрахункову роботу пропонується провести моделювання геометрії топкової камери наступних видів пелетних котлів Kotlant КГП, Altep Duo Plus, Kronas Unic New та Kraft серії F.

Хімічний склад палива (дерев'янистих пелет, що є відходами деревообробної промисловості, так звані білі пелети) приведено у [2]. Пелети, що подаються в факельний пальник з витратою 2 кг/с при швидкості повітря, яке нагнітається феном, 7,5 м/с з температурою 300 °С.

У ході виконання розрахунково-графічної роботи засобами CFD-моделювання необхідно отримати відображення поля температур, розподілу середньої фракції суміші, ступеня виходу летючих, ступеня вигорання і розподіл масових долей інших компонентів реакції (CO, CO₂ і т.д.).

Також потрібно визначити розподіл траєкторій одного потоку частинок і провести обчислення енергетичного балансу та розрахунок теплопереносу між дискретною і газовою фазами.

Додаток 2

Приклад завдання на залікову роботу

Розрахувати, кількість теплоти, що здатен передати пластинчастий теплообмінний апарат, теплообмінна секція якого складається з плоских пластин та визначити його аеродинамічний опір. Геометричні параметри теплообмінника представлені на рис. 1.

В теплообмінному апараті в якості теплоносія використати машинне мастило марки МК. Теплофізичні властивості мастила, температура мастила на вході в теплообмінник t' , та його швидкість задані w в табл. 1. Теплофізичні властивості мастила в цій задачі, не залежать від температури. Мастило охолоджується водою температура якої t'' і становить 20 °С. Швидкість води однакова для всіх варіантів і становить 0,5 м/с.

Таблиця 1. Варіанти завдання розрахунок

| Вар. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| w , м/с | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |
| t' , °С | 100 | 200 | 300 | 100 | 150 | 160 | 170 |
| ρ , кг/м ³ | 911,0 | 903,0 | 894,5 | 887,5 | 879,0 | 871,5 | 864,0 |
| C_p , кДж/(кг·К) | 1,645 | 1,712 | 1,758 | 1,804 | 1,851 | 1,897 | 1,943 |
| λ , Вт/(м·К) | 0,1510 | 0,1485 | 0,1461 | 0,1437 | 0,1413 | 0,1389 | 0,1363 |

| | | | | | | | |
|--|-------|-------|------|------|------|-------|-------|
| $\mu \cdot 10^4 \text{ Па}\cdot\text{с}$ | 35414 | 18560 | 6180 | 3031 | 1638 | 961,4 | 603,3 |
|--|-------|-------|------|------|------|-------|-------|

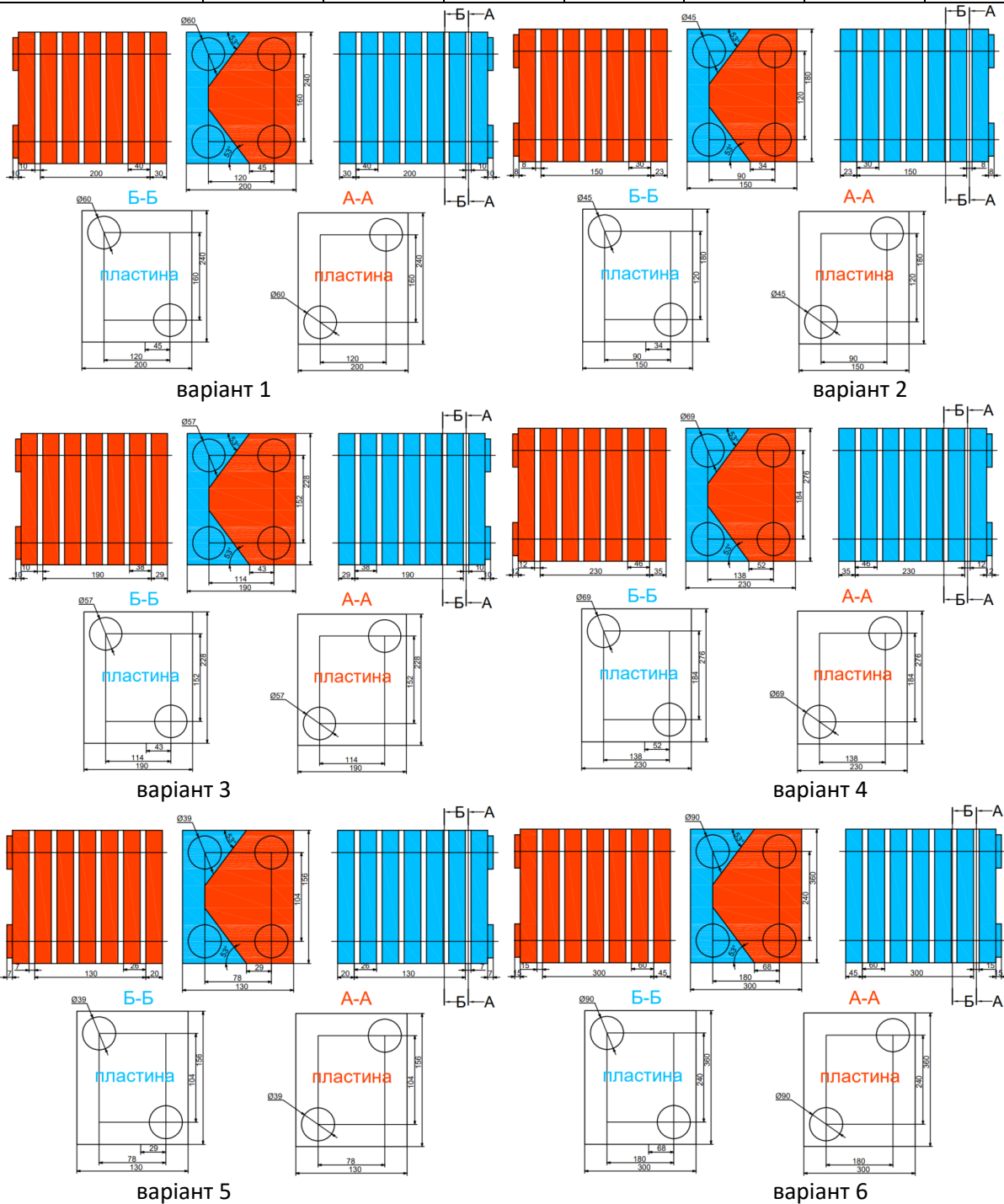


Рис. 1 – Теплообмінні апарати

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором, докт. фіз.-мат наук, чл.кор. *Воропаєвим Геннадієм Олександровичем*

Ухвалено: кафедрою АЕ (протокол № 20 від 12.06. 2024 р.)

Погоджено: Методичною комісією НН ІАТЕ (протокол № 10 від 25.06. 2024 р.)