


«Затверджую»

_____ / Предун К.М. /
« ____ » _____ 2021 р.

Розробник силабусу

д.т.н., проф. Мілейковський В. О. /  /



СИЛАБУС

Аналіз та фізико-математичне моделювання газогідродинамічних та тепломасообмінних процесів

| |
|--|
| Шифр за ОПП: ОК 16 |
| Навчальний рік: 2021/2022 |
| Форма навчання: денна |
| Галузь знань: 19 «Архітектура та будівництво» |
| Спеціальність, назва освітньої програми: 192 «Будівництво та цивільна інженерія» |
| 8) Статус освітньої компоненти: (обов'язкова чи вибіркова): вибіркова |
| 9) Семестр: 1 |
| 10) Контактні дані викладача: проф, д.т.н. В. О. Мілейковський, корпоративна адреса електронної пошти: mileikovskiy.vo@knuba.edu.ua; тел.: +380938284247 сторінка викладача на сайті КНУБА http://www.knuba.edu.ua/?page_id=46645 |
| 11) Мова викладання: українська |
| 12) Пререквізити: «Вища математика», «Технічна механіка рідини і газу», «Аеродинаміка вентиляції», «Вентиляція та охолодження громадських будівель», «Кондиціонування повітря», «Вентиляція та кондиціонування повітря промислових будівель і споруд». |
| 13) Мета курсу: застосування методів фізико-математичного моделювання, зокрема обчислювальної гідродинаміки, за вибраною темою дисертації. |

| 14) Результати навчання: | | | |
|---|--|--------------------------------|--|
| Програмний результат навчання | Метод перевірки навчального ефекту | Форма проведення занять | Посилання на компетентності |
| РН01. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її; відслідковувати найновіші досягнення у сфері цивільної інженерії, застосовувати їх для створення інновацій | Обговорення під час занять, тематичне дослідження, контрольна робота | Практичні заняття | ІК, ЗК 02, ЗК 05, ЗК 08, СК 01, СК 02, СК 05 |

| | | | |
|--|--|--|--|
| РН02. Здатність продемонструвати глибинні системні знання і розуміння вітчизняного та зарубіжного наукового доробку та практичного досвіду, сучасної методологічно-методичної бази проведення наукових досліджень у царині будівництва. | Обговорення під час занять, тематичне дослідження, контрольна робота | Практичні заняття, лабораторні заняття | ІК, ЗК 02, ЗК 05, ЗК 08, СК 01, СК 02, СК 05 |
| РН03. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем в галузі будівництва та цивільної інженерії для розв'язування складних задач професійної діяльності. | Обговорення під час занять, тематичне дослідження, контрольна робота | Практичні заняття, лабораторні заняття | ІК, ЗК 02, ЗК 05, ЗК 08, СК 01, СК 02, СК 05 |
| ПРН04. Уміти виявляти наукову сутність проблем у професійній сфері, знаходити шляхи щодо їх розв'язання. | Обговорення під час занять, тематичне дослідження, контрольна робота | Практичні заняття, лабораторні заняття | ІК, ЗК 02, ЗК 05, ЗК 08, СК 01, СК 02, СК 05 |
| РН05. Планувати та виконувати наукові і прикладні дослідження в галузі будівництва та цивільної інженерії, обирати ефективні методики досліджень використання фізикоматематичного апарату, математичного та комп'ютерного моделювання з застосуванням сучасного програмного забезпечення, виконувати обробку експериментальних даних, аналізувати й оформляти результати наукових досліджень. | Обговорення під час занять, тематичне дослідження, контрольна робота | Практичні заняття, лабораторні заняття | ІК, ЗК 02, ЗК 05, ЗК 08, СК 01, СК 02, СК 05 |
| РН06. Застосовувати сучасні математичні методи для аналізу статистичних даних, розрахунку та оптимізації параметрів проектування та технологічних процесів будівництва з використанням програмних засобів і прикладних пакетів комп'ютерних програм. | Обговорення під час занять, тематичне дослідження, контрольна робота | Практичні заняття, лабораторні заняття | ІК, ЗК 02, ЗК 05, ЗК 08, СК 01, СК 02, СК 05 |

15) Структура курсу:

| Лекції, год. | Практичні заняття, год. | Лабораторні заняття, год. | Курсовий проект/ курсова робота РГР/Контрольна робота | Самостійні робота здобувача, год. | Форма підсумковою контролю |
|--|-------------------------|---------------------------|---|-----------------------------------|----------------------------|
| - | 30 | 60 | Контрольна робота | 180 | Іспит |
| Сума годин: | | | | 270 | |
| Загальна кількість кредитів ECTS: | | | | 9 | |
| Кількість годин (кредитів ECTS) аудиторного навантаження: | | | | 90 (3) | |

16) Зміст: (окремо для кожної форми занять – Л/Пр/Лаб/ КР/СРС)

Практичні:

Заняття 1. Місце обчислювальної гідромеханіки в сучасній газогідродинаміці та тепломасообміні: мета, завдання та місце дисципліни в загальному процесі виконання аспірантом дисертаційного дослідження; короткий історичний нарис обчислювальної гідромеханіки.

Заняття 2. Теоретичні підходи до моделювання турбулентних течій: основні методи теоретичного аналізу турбулентних течій біля твердих поверхонь; основні методи теоретичного аналізу вільних турбулентних течій.

Заняття 3. Вибір моделі обчислювальної гідромеханіки: методи Ейлера та Лагранжа, їхнє застосування для руху рідин/газів та твердих тіл; моделювання ламінарних течій, система рівнянь Нав'є-Стокса; проблеми моделювання турбулентних течій.

Заняття 4. Вибір моделі турбулентного руху для розв'язання різних задач: класифікація моделей турбулентного руху за розміром вихорів, що моделюються: моделі DNS, LES і RANS; класифікація моделей RANS, проблеми їхньої точності.

Заняття 5. Моделювання теплообмінних процесів: моделювання теплопровідності у твердих тілах;

урахування конвективного теплообміну при моделюванні течій рідин і газів; моделювання радіаційного теплообміну, трасування променів теплової радіації.

Заняття 6. Програмне забезпечення обчислювальної гідродинаміки: можливості програмного забезпечення; огляд програм обчислювальної гідродинаміки: безкоштовні програми з відкритим кодом, комерційні програми та спеціалізовані модулі до платформ тривимірного проектування й ВІМ.

Заняття 7. Постановка задачі обчислювальної гідродинаміки: виявлення впливових факторів задачі; планування чисельних експериментів залежно від поставленої задачі.

Заняття 8. Підготовка моделі об'єкта дослідження: спрощення об'єкта дослідження, усунення незначущих елементів; побудова тривимірної моделі об'єкта в програмному забезпеченні.

Заняття 9. Підготовка моделі об'єкта дослідження: спрощення об'єкта дослідження, усунення незначущих елементів; побудова тривимірної моделі об'єкта в програмному забезпеченні.

Заняття 10. Виконання машинного розрахунку: побудова розрахункової сітки; чисельне розв'язання рівнянь, моніторинг виконання.

Заняття 11. Отримання результатів розрахунку у графічній формі: отримання графічного зображення полів параметрів твердих тіл, рідин і газів; побудова ліній течії; анімація результатів розрахунку.

Заняття 12. Отримання числових результатів розрахунку: отримання точкових та усереднених параметрів; отримання табличних значень величин; автоматизований аналіз табличних значень, визначення нестандартних параметрів.

Заняття 13. Аналіз коректності результатів: причини виникнення помилок моделювання; коригування моделі для підвищення коректності моделювання.

Заняття 14. Розв'язання спеціалізованих задач методами обчислювальної гідромеханіки за методом Ейлера: спрощене моделювання рухливих об'єктів та поверхонь за методом Ейлера; моделювання обертання робочого колеса нагнітача.

Заняття 15. Моделювання процесів горіння: особливості процесів горіння для обчислювальної гідромеханіки; принципи моделювання горіння.

Заняття 16. Моделювання руху твердих тіл у потоку рідин і газів: поєднання методів Ейлера й Лагранжа для моделювання одночасного руху твердих тіл, рідин і газів; моделювання руху твердих під дією потоку рідин або газів.

Заняття 17. Програмне забезпечення для моделювання руху твердих тіл у потоку рідин і газів: основні задачі, з руху твердих тіл у потоку рідин і газів; програми для моделювання руху твердих тіл разом з рухом рідин і газів.

Заняття 18. Моделювання газогідродинамічних і тепломасообмінних процесів у турбулентних потоках на базі методу особливостей: використання методу особливостей для моделювання турбулентних пристінних примежових шарів: підхід А. Я. Ткачука; використання методу особливостей для моделювання вільних турбулентних течій.

Курсовий проект/курсова робота/РГР/Контрольна робота:

Контрольна робота:

Для поглибленого вивчення і закріплення теоретичних знань студенти виконують Контрольну роботу обсягом до 24 сторінок А4 друкованого тексту включає наступні опрацьовані розділи:

Постановка задачі моделювання

1. Планування експериментального дослідження.
2. Побудова тривимірної моделі об'єкта.

Обробка результатів моделювання

3. Аналіз полів параметрів, ліній течії тощо.
4. Числові результати дослідження, рівняння регресії.
5. Література

Самостійна робота студента:

Опрацювання матеріалу практичних занять, а саме:

Місце обчислювальної гідромеханіки в сучасній газогідродинаміці та тепломасообміні: мета, завдання та місце дисципліни в загальному процесі виконання аспірантом дисертаційного дослідження; короткий історичний нарис обчислювальної гідромеханіки.

Теоретичні підходи до моделювання турбулентних течій: основні методи теоретичного аналізу турбулентних течій біля твердих поверхонь; основні методи теоретичного аналізу вільних турбулентних течій – 2 год.

Вибір моделі обчислювальної гідромеханіки: методи Ейлера та Лагранжа, їхнє застосування для руху рідин/газів та твердих тіл; моделювання ламінарних течій, система рівнянь Нав'є-Стокса; проблеми моделювання турбулентних течій.

Вибір моделі турбулентного руху для розв'язання різних задач: класифікація моделей турбулентного руху за розміром вихорів, що моделюються: моделі DNS, LES і RANS; класифікація моделей RANS, проблеми їхньої точності.

Моделювання теплообмінних процесів: моделювання теплопровідності у твердих тілах; урахування конвективного теплообміну при моделюванні течій рідин і газів; моделювання радіаційного теплообміну, трасування променів теплової радіації.

Програмне забезпечення обчислювальної гідродинаміки: можливості програмного забезпечення; огляд програм обчислювальної гідродинаміки: безкоштовні програми з відкритим кодом, комерційні програми та спеціалізовані модулі до платформ тривимірного проектування й ВІМ.

Постановка задачі обчислювальної гідродинаміки: виявлення впливових факторів задачі; планування чисельних експериментів залежно від поставленої задачі.

Підготовка моделі об'єкта дослідження: спрощення об'єкта дослідження, усунення незначущих елементів; побудова тривимірної моделі об'єкта в програмному забезпеченні – 4 год.

Підготовка моделі об'єкта дослідження: спрощення об'єкта дослідження, усунення незначущих елементів; побудова тривимірної моделі об'єкта в програмному забезпеченні.

Виконання машинного розрахунку: побудова розрахункової сітки; чисельне розв'язання рівнянь, моніторинг виконання.

Отримання результатів розрахунку у графічній формі: отримання графічного зображення полів параметрів твердих тіл, рідин і газів; побудова ліній течії; анімація результатів розрахунку.

Отримання числових результатів розрахунку: отримання точкових та усереднених параметрів; отримання табличних значень величин; автоматизований аналіз табличних значень, визначення нестандартних параметрів.

Аналіз коректності результатів: причини виникнення помилок моделювання; коригування моделі для підвищення коректності моделювання – 4 год.

Розв'язання спеціалізованих задач методами обчислювальної гідромеханіки за методом Ейлера: спрощене моделювання рухливих об'єктів та поверхонь за методом Ейлера; моделювання обертання робочого колеса нагнітача – 4 год.

Моделювання процесів горіння: особливості процесів горіння для обчислювальної гідромеханіки; принципи моделювання горіння – 4 год.

Моделювання руху твердих тіл у потоку рідин і газів: поєднання методів Ейлера й Лагранжа для моделювання одночасного руху твердих тіл, рідин і газів; моделювання руху твердих під дією потоку рідин або газів – 4 год.

Програмне забезпечення для моделювання руху твердих тіл у потоку рідин і газів: основні задачі, з руху твердих тіл у потоку рідин і газів; програми для моделювання руху твердих тіл разом з рухом рідин і газів – 6 год.

Моделювання газогідродинамічних і тепломасообмінних процесів у турбулентних потоках на базі методу особливостей: використання методу особливостей для моделювання турбулентних пристінних примежових шарів: підхід А. Я. Ткачука; використання методу особливостей для моделювання вільних турбулентних течій.

Підготовляння до презентації Контрольної роботи.

Підготовка до іспиту.

18) Основна література:

1. Белов И. А., Исаев С. А. Моделирование турбулентных течений: Учебное пособие. Балтийский государственный технический университет “Военмех”, Санкт-Петербург, 2001. 107 с. URL: http://cfdhelper.ru/library/book/Modelirovanie_turbulentnu_belov.pdf.

2. Алямовский А. А., Одинцов Е.В., Пономарёв Н. Б., Собачкин А.А., Харитонович А. И. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2005. 800 с. ISBN: 978-5-94157-994-5. URL: <http://padabum.com/d.php?id=29688>

3. 65. Wilcox D. C. Turbulence Modeling for CFD. DCW Industries, La Canada, CA 91011, USA, 2006. 522 p. URL: https://cfd.spbstu.ru/agarbaruk/doc/2006_Wilcox_Turbulence-modeling-for-CFD.pdf.

4. Tannehill J. C., Pletcher R. H., Anderson D. Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer. Second edition. Washington: CRC Press, Taylor & Francis Group, 1997. XX, 774 p. URL: <https://www.twirpx.com/file/345973/>

19) Додаткові джерела:

1. Волков К. Н. Методы визуализации вихревых течений в вычислительной газовой динамике и их применение при решении прикладных задач. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. 2. Т. 14. № 3(91). С. 1-10. URL: <https://ntv.ifmo.ru/file/article/9610.pdf>.

2. Spalart P. R. Strategies for turbulence modelling and simulation. International Journal of Heat and Fluid Flow, 2000. Vol. 21, pp. 252-263. [https://doi.org/10.1016/S0142-727X\(00\)00007-2](https://doi.org/10.1016/S0142-727X(00)00007-2).

3. Subramaniam S. Lagrangian-Eulerian Methods for Multiphase Flows. Progress in Energy and Combustion Science, 2013. Vol. 39. Iss. 2-3. P. 215-245. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2012.10.003>.

20) Система оцінювання навчальних досягнень (розподіл балів):

| Поточне оцінювання | | | | | | Підсумковий контроль | Сума балів |
|--------------------|------|------|------|------|------|----------------------|------------|
| PH01 | PH02 | PH03 | PH04 | PH05 | PH06 | | |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 40 | 100 |

21) Умови допуску до підсумкового контролю:

Умовою допуску студента до заліку є мінімальна сума балів, яку студент повинен набрати у разі виконання всіх елементів модулів.

Студенту, який має підсумкову оцінку за дисципліну від 35 до 59 балів, призначається додаткова залікова сесія. В цьому разі він повинен виконати додаткові завдання, визначені викладачем.

Студент, який не здав та/або не захистив індивідуальне завдання, не допускається до складання заліку.

Студент, який не виконав вимог робочої програми за змістовними модулями, не допускається до складання підсумкового контролю. У цьому разі він повинен виконати визначене викладачем додаткове завдання за змістом відповідних змістових модулів у період між основною та додатковою сесіями.

Студент має право на опротестування результатів контролю (апеляцію). Правила подання та розгляду апеляції визначені внутрішніми документами КНУБА, які розміщені на сайті КНУБА та зміст яких доводиться до студентів на початку вивчення дисципліни.

22) Політика щодо академічної доброчесності:

Тексти індивідуальних завдань (в т.ч. у разі, коли вони виконуються у формі презентацій або в інших формах) перевіряються на плагіат. Для цілей захисту індивідуального завдання оригінальність тексту має становити не менше 70 %. Винятками є випадки зарахування публікацій здобувачів у матеріалах наукових конференціях та інших наукових збірниках, які вже пройшли перевірку на плагіат.

Списування під час тестування та інших опитувань, які проводяться у письмовій формі, заборонені (в т.ч. із використанням мобільних пристроїв). У разі виявлення фактів списування з боку здобувача він отримує інше завдання. У разі повторного виявлення призначається додаткове заняття для проходження тестування.

23) Посилання на сторінку електронного навчально-методичного комплексу дисципліни:

Microsoft Teams <http://org2.knuba.edu.ua>