

«Затверджую»

Декан ФІСЕ проф. Приймак О.В.

« _____ » _____ 2021 р. _____

КАРТА ДИСЦИПЛІНИ (СИЛАБУС)

1) НАЗВА ДИСЦИПЛІНИ: АНАЛІЗ ТА ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ		2) Шифр за ОНП: ОК 6		
3) Карта дисципліни дійсна протягом навчального року: 2020/2021				
4) Освітній рівень: другий рівень вищої освіти (магістр)				
5) Форма навчання: денна,				
6) Галузь знань: 19 «Архітектура та будівництво»				
7) Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»				
8) Компонента спеціальності: вільного вибору				
9) Семестр: 1				
10) Цикл дисципліни: дисципліна професійної та практичної підготовки				
11) Викладач (розробник карти): проф, д.т.н. В. О. Мілейковський				
12) Мова навчання: українська				
13) Необхідні ввідні дисципліни: «Вища математика», «Технічна механіка рідини і газу», «Аеродинаміка вентиляції», «Вентиляція та охолодження громадських будівель», «Кондиціонування повітря», «Вентиляція та кондиціонування повітря промислових будівель і споруд».				
14) Мета курсу: вивчення методів обчислювальної гідродинаміки для математичного моделювання руху рідин і газів та теплообміну. Вивчення теоретичних положень дисципліни та набуття практичних навичок передбачається на практичних і лабораторних заняттях і при самостійній роботі студентів.				
15) Результати навчання:				
№	Програмний результат навчання	Метод перевірки навчального ефекту	Форма проведення занять	Посилання на програмні компетентності
	ПРН 5. Аналізувати методи і підходи при використанні програмних засобів і інформаційних розробок у будівництві; створювати нові інформаційні засоби для будівництва; виконувати обробку експериментальних даних на ПК, аналізувати й оформляти результати наукових досліджень.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження, курсовий проект	Лабораторні, практичні заняття	ЗК 2, ЗК 3, ЗК 4, ЗК 5, ЗК 7, ЗК 8, ЗК 4, ЗК 5, ЗК 9, ЗК 11, ФК 1, ФК 3, ФК 4, ФК 6 ФК 14, ФК 15, ФК 21, ФК 22, ФК 29
	ПРН 7. Обробляти статистичні дані за допомогою спеціалізованих сучасних методів та засобів, розраховувати та оптимізувати технологічні параметри.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження, контрольна робота	Лабораторні, практичні заняття	ЗК 2, ЗК 3, ЗК 4, ЗК 5, ЗК 7, ЗК 8, ЗК 4, ЗК 5, ЗК 9, ЗК 11, ФК 1, ФК 3, ФК 4, ФК 6 ФК 14, ФК 15, ФК 21, ФК 22, ФК 29
	ПРН 10. Застосовувати набуті теоретичні знання в інженерній практиці відповідно до професійного спрямування.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження, контрольна робота	Лабораторні, практичні заняття	ЗК 2, ЗК 3, ЗК 4, ЗК 5, ЗК 7, ЗК 8, ЗК 4, ЗК 5, ЗК 9, ЗК 11, ФК 1, ФК 3, ФК 4, ФК 6 ФК 14, ФК 15, ФК 20, ФК 22, ФК 28, ФК 29

ПРН 12. Аналізувати і вирішувати складні інженерні проблеми в будівництві та цивільної інженерії.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження, контрольна робота	Лабораторні, практичні заняття	ЗК 2, ЗК 3, ЗК 4, ЗК 5, ЗК 7, ЗК 8, ЗК 4, ЗК 5, ЗК 9, ЗК 11, ФК 1, ФК 3, ФК 4, ФК 6, ФК 14, ФК 15, ФК 21, ФК 22, ФК 29
ПРН 16. Вирішувати на науковому рівні інженерно-технічні питання з проектування будівель і споруд, в тому числі в умовах реконструкції; забезпечувати впровадження принципів і порядку проектування та ефективних методів керування роботою по монтажу в сучасних умовах.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження, контрольна робота	Лабораторні, практичні заняття	ЗК 2, ЗК 3, ЗК 4, ЗК 5, ЗК 7, ЗК 8, ЗК 4, ЗК 5, ЗК 9, ЗК 11, ФК 1, ФК 3, ФК 4, ФК 6, ФК 14, ФК 15, ФК 21, ФК 22, ФК 29
ПРН 17. Використовувати програмні засоби та методичне і організаційне забезпечення систем автоматизованого проектування для рішення експериментальних і практичних завдань в галузі професійної діяльності.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження, контрольна робота	Лабораторні, практичні заняття	ЗК 2, ЗК 3, ЗК 4, ЗК 5, ЗК 7, ЗК 8, ЗК 4, ЗК 5, ЗК 9, ЗК 11, ФК 1, ФК 3, ФК 4, ФК 6, ФК 14, ФК 15, ФК 21, ФК 22, ФК 29

16) Форми занять та їх тривалість (кількість годин)

Лекція	Практичне заняття	Лабораторні заняття	Курсовий проект/ курсова робота РГР/Контрольна робота	Самостійні робота студента
-	30	60	Контрольна робота	180

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

1. Теоретичні положеннями моделювання ламінарного руху рідин і газів. Система рівнянь Нав'є-Стокса. Проблеми їхнього розв'язання. – 2 год.
2. Теоретичні засади моделювання теплообміну при ламінарному русі рідин і газів. Рівняння конвекції-дифузії (енергії). Проблеми його розв'язання – 2 год.
3. Теоретичні основи моделювання турбулентних течій. Рівняння Рейнольдса. Ланцюг рівнянь Келлера-Фрідмана. Проблема його замикання – 2 год.
4. Основи моделювання тербулентних течій шляхом прямого розв'язання рівнянь Нав'є-Стокса (DNS). Проблеми та приклади реалізації на сучасних комп'ютерах – 2 год.
5. Моделювання великих вихорів (LES). Підсіткові моделі. Проблеми та приклади реалізації на сучасних комп'ютерах – 2 год.
6. Усереднення за Рейнольдсом рівнянь Нав'є-Стокса (RANS). Класифікація моделей RANS. Проблеми точності розв'язків. – 2 год.
7. $k-\epsilon$ моделі турбулентних течій. Основні принципи. Види $k-\epsilon$ моделей – 2 год.
8. Стандартна $k-\epsilon$ модель турбулентних течій. Сфера та приклади її застосування. – 2 год.
9. RNG $k-\epsilon$ модель турбулентних течій. Особливості та приклади її застосування. – 2 год.
10. Realizable $k-\epsilon$ модель турбулентних течій. Сфера та приклади її застосування. – 2 год.
11. $k-\omega$ модель турбулентних течій. Обмеження її застосування – 2 год.
12. Модель Ментера турбулентних течій. Особливості та приклади її застосування – 2 год.
13. Модель Спаларта-Аллмараса турбулентних течій. Особливості та приклади її застосування – 2 год.
14. Ейлера-Лагранжеві моделі двофазних середовищ. Особливості реалізації. – 2 год.
15. Поняття про програмне забезпечення для обчислювальної гідромеханіки. Особливості застосування – 2 год.

Лабораторні:

1. Дослідження втрат тиску за довжиною в каналах складної форми за допомогою обчислювальної гідродинаміки – 2 год.
2. Дослідження втрат тиску на місцеві опори за допомогою обчислювальної гідродинаміки – 4 год.
3. Дослідження вільної струмини за допомогою обчислювальної гідродинаміки – 2 год.

4. Дослідження криволінійної напівобмеженої струмини за допомогою обчислювальної гідродинаміки – 4 год.
5. Дослідження обтікання будівлі вітром за допомогою обчислювальної гідродинаміки – 4 год.
6. Дослідження обтікання вітром забудованого мікрорайону або промислового майданчика за допомогою обчислювальної гідродинаміки – 6 год.
7. Дослідження теплообміну в каналі складної форми за допомогою обчислювальної гідродинаміки – 4 год.
8. Дослідження теплопередачі опалювального приладу за допомогою обчислювальної гідродинаміки – 4 год.
9. Дослідження нагнітача (насоса або вентилятора) за допомогою обчислювальної гідродинаміки – 4 год.
10. Постановка задачі моделювання для магістерської атестаційної роботи. Аналіз об'єкта дослідження. Прийняття припущень. Попереднє виявлення впливових факторів. Планування чисельного експерименту. Вибір моделі турбулентності. – 4 год.
11. Побудова тривимірної моделі об'єкта досліджень для математичного моделювання. Спрощення моделі – 4 год.
12. Створення проєктів для кожної точки експериментального плану. Задання початкових і граничних умов. Оцінка правильності моделі. – 4 год.
13. Побудова сітки. Виконання розрахунків. Моніторинг ходу виконання. Коригування моделі при виявленні сумнівних проміжних результатів – 6 год.
14. Аналіз отриманих результатів. Побудова кольорових полів параметрів, векторних полів, ліній течії, ізоліній. Виявлення проблемних місць в об'єкті дослідження. – 4 год.
15. Обробка числових результатів моделювання. Отримання таблиць даних. Побудова рівнянь регресії. – 4 год.

Курсовий проєкт/курсова робота/РГР/Контрольна робота:

КОНТРОЛЬНА РОБОТА

Для поглибленого вивчення і закріплення теоретичних знань студенти виконують контрольну роботу. Контрольна робота обсягом до 15 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:

1-30. Опрацювання матеріалу практичних занять, а саме:

Теоретичні положеннями моделювання ламінарного руху рідин і газів. Система рівнянь Нав'є-Стокса. Проблеми їхнього розв'язання. – 2 год.

Теоретичні засади моделювання теплообміну при ламінарному русі рідин і газів. Рівняння конвекції-дифузії (енергії). Проблеми його розв'язання – 2 год.

Теоретичні основи моделювання турбулентних течій. Рівняння Рейнольдса. Ланцюг рівнянь Келлера-Фрідмана. Проблема його замикання – 2 год.

Основи моделювання тербулентних течій шляхом прямого розв'язання рівнянь Нав'є-Стокса (DNS). Проблеми та приклади реалізації на сучасних комп'ютерах – 2 год.

Моделювання великих вихорів (LES). Підсіткові моделі. Проблеми та приклади реалізації на сучасних комп'ютерах – 3 год.

Усереднення за Рейнольдсом рівнянь Нав'є-Стокса (RANS). Класифікація моделей RANS. Проблеми точності розв'язків. – 2 год.

k - ϵ моделі турбулентних течій. Основні принципи. Види k - ϵ моделей – 2 год.

Стандартна k - ϵ модель турбулентних течій. Сфера та приклади її застосування. – 2 год.

RNG k - ϵ модель турбулентних течій. Особливості та приклади її застосування. – 2 год.

Realizable k - ϵ модель турбулентних течій. Сфера та приклади її застосування. – 2 год.

k - ω модель турбулентних течій. Обмеження її застосування – 2 год.

Модель Ментера турбулентних течій. Особливості та приклади її застосування – 2 год.

Модель Спаларта-Аллмараса турбулентних течій. Особливості та приклади її застосування – 2 год.

Ейлера-Лагранжеві моделі двофазних середовищ. Особливості реалізації. – 2 год.

Поняття про програмне забезпечення для обчислювальної гідромеханіки. Особливості застосування – 2 год.

31-130. Опрацювання матеріалу лабораторних занять, а саме:

Дослідження втрат тиску за довжиною в каналах складної форми за допомогою обчислювальної гідродинаміки

– 6 год.

Дослідження втрат тиску на місцеві опори за допомогою обчислювальної гідродинаміки – 8 год.

Дослідження вільної струмини за допомогою обчислювальної гідродинаміки – 6 год.

Дослідження криволінійної напівобмеженої струмини за допомогою обчислювальної гідродинаміки – 8 год.

Дослідження обтікання будівлі вітром за допомогою обчислювальної гідродинаміки – 8 год.

Дослідження обтікання вітром забудованого мікрорайону або промислового майданчика за допомогою обчислювальної гідродинаміки – 10 год.

Дослідження теплообміну в каналі складної форми за допомогою обчислювальної гідродинаміки – 8 год.

Дослідження теплопередачі опалювального приладу за допомогою обчислювальної гідродинаміки – 8 год.

Дослідження нагнітача (насоса або вентилятора) за допомогою обчислювальної гідродинаміки – 8 год.

Постановка задачі моделювання для магістерської атестаційної роботи. Аналіз об'єкта дослідження. Прийняття припущень. Попереднє виявлення впливових факторів. Планування чисельного експерименту. Вибір моделі турбулентності. – 8 год.

Побудова тривимірної моделі об'єкта досліджень для математичного моделювання. Спрощення моделі – 8 год.

Створення проєктів для кожної точки експериментального плану. Задання початкових і граничних умов. Оцінка правильності моделі. – 8 год.

Побудова сітки. Виконання розрахунків. Моніторинг ходу виконання. Коригування моделі при виявленні сумнівних проміжних результатів – 10 год.

Аналіз отриманих результатів. Побудова кольорових полів параметрів, векторних полів, ліній течії, ізоліній.

Виявлення проблемних місць в об'єкті дослідження. – 8 год.

Обробка числових результатів моделювання. Отримання таблиць даних. Побудова рівнянь регресії. – 8 год.

Підготовлення до презентації КР – 10 год.

131-151. Підготовка до іспиту – 20 год.

17) Іспит: є

18) Основна література:

1. Wilcox D. C. Turbulence Modeling for CFD. DCW Industries, La Canada, CA 91011, USA, 2006. 522 p.
2. Гарбарук А.В. Курс лекцій «Моделювання турбулентності». Лекція 4. Обзор методов расчета турбулентных течений. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Институт прикладной математики и механики. Кафедра «Гидроаэродинамика, горение и теплообмен». 2019. 20 с.
3. Cebeci T., Shao J. P., Kafyeke F., Laurendeau E. Computational Fluid Dynamics for Engineers. Long Beach, Heidelberg: Springer, Horizons Publishing, 2005. XIV, 396 p.
4. Bengt Andersson, Ronnie Andersson, Love Håkansson, Mikael Mortensen, Rahman Sudiyo, Berend van Wachem. Computational Fluid Dynamics for Engineers. Cambridge University Press, 2012. 212 p. ISBN: 9781139093590
5. Jayanti S. Computational Fluid Dynamics for Engineers and Scientists. Springer, Dordrecht, 2018. 402 p.
6. Tannehill J. C., Pletcher R. H., Anderson D. Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer. Third edition. Washington: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2012. XX, 774 p.
7. Волков К. Н., Емельянов В. Н., Зазимко В. А. Турбулентные струи – статистические модели и моделирование крупных вихрей. ФИЗМАТЛИТ, 2013. 360 с.
8. Ferziger J. H., Peric M. Computational Methods for Fluid Dynamics. Springer Science & Business Media: New York, NY, USA, 2012. 431 p.
9. Garnier E., Adams N., Sagaut P. Large Eddy Simulation for Compressible Flows. Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2009. 276 p.
10. Grinstrein F. F., Margolin L. G., Rider W. J. Implicit Large Eddy Simulation-Computing Turbulent Fluid Dynamics. Cambridge University Press: New York, NY, USA, 2007. 562 p.
11. Алямовский А. А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2008. 1040 с. ISBN: 978-5-94157-994-5.

19) Додаткова література:

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Механика сплошних сред. Москва: Гостехиздат, 1954. 795 с.
2. Лапин Ю. В., Стрелец М. Х. Внутренние течения газовых смесей. Москва: Наука, 1989, 368 с. ISBN 5-02-014009-0.
3. Trinh H. P. Modeling of Turbulence Effect on Liquid Jet Atomization. National Aeronautics and Space Administration. Marshall Space Flight Center, Marshall Space Flight Center, Alabama, 2007. 92 p.
4. Kajishima T., Taira K. Computational Fluid Dynamics. Incompressible Turbulent Flows. Springer International Publishing AG, 2017. 358 p.
5. Liu X., Chen L., Kachanov Yu., Liu Ch. DNS for Ring-Like Vortices Formation and Roles in Positive Spikes Formation: Technical Report 2009-18. AIAA Paper 2010-1471, Orlando, Fla, USA, 2010.
6. Белоцерковский О. М. Численное моделирование в механике сплошных сред. 2-е изд. Москва: Физматлит, 1994. 448 с.
7. Segura J., Eaton J., Oefelein J. Predictive Capabilities of Particle Laden LES. Stanford, CA: Stanford University, 2004. Report No. TSD-156.
8. Авраменко А. А., Басок Б. И., Дмитренко Н. П., Ковецкая М. М., Тыринов А. И., Давыденко Б. В. Ренормализационно-групповой анализ турбулентности. Киев: ТОВ «Видавнично-поліграфічний центр «ЕКСПРЕС», 2013. 300 с. ISBN 978-966-02-6796-1.
9. Белоцерковский С. М. Моделирование турбулентных струй и следов на основе метода дискретных вихрей. Москва: Изд. фирма «Физ.-мат. лит.», 1995. 364 с.
10. Белов И. А., Исаев С. А. Моделирование турбулентных течений: Учебное пособие. Балтийский государственный технический университет «Военмех», Санкт-Петербург, 2001. 107 с.

20) Робоче навантаження студента, необхідне для досягнення результатів навчання

№	Форма занять	Кількість годин аудиторні / СРС
1.	Лекція	-
2.	Практичне заняття	30/30
3.	Лабораторні заняття	60/120
4.	КП/КР/РГР/Контр.роб.	Контр.роб./10
5.	Форма контролю	Іспит/20
	Всього годин	270/180

22) Сума всіх годин:

270

23) Загальна кількість кредитів ECTS

9

24) Кількість годин (кредитів ECTS) аудиторного навантаження:

90 (3)

25) Кількість необхідних годин (кредитів ECTS) СРС для забезпечення аудиторного навантаження:

90 (3)

26) Кількість годин (кредитів ECTS) СРС, забезпечених навчальним планом:

270 (9)

27) Примітки: підсумковий семестровий контроль знань здобувачів освіти Університету (форма, час, критерії оцінювання тощо) за даною дисципліною регламентується у відповідності до вимог «Положення про заходи щодо підтримки академічної доброчесності в Київському національному університеті будівництва і архітектури» (введено в дію наказом ректора № 180 від «21» квітня 2020 р.), «Положення про критерії оцінювання знань здобувачів освіти в КНУБА» (затверджено Вченою радою КНУБА, протокол № 44 від «22» квітня 2016 р.). Апеляція результатів оцінювання проводиться у відповідності до «Положення про апеляцію результатів підсумкового контролю знань здобувачів освіти в КНУБА» (введено в дію наказом ректора №513 від 09.12.2019 р.) та на підставі інших діючих в КНУБА на момент викладання курсу регламентів (http://www.knuba.edu.ua/?page_id=15305).

Розробники: проф, д.т.н. В. О. Мілейковський

« » 2021 р.

«Затверджено»

Зав. кафедри проф. Предун К.М.