

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав.кафедрою будівельної механіки



/ В.А. Баженов /

« 29 » березня 2021 року

### КАРТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ (СИЛАБУС)

Назва дисципліни: НЕЛІНІЙНЕ ДЕФОРМУВАННЯ І РУЙНУВАННЯ ПРОСТОРОВИХ КОНСТРУКЦІЙ	2) Шифр за ОНП: ВК
3) Карта дисципліни дійсна протягом навчального року: 2021/2022	
4) Освітній рівень: третій рівень вищої освіти (доктор філософії)	
5) Форма навчання: денна	
6) Галузь знань: 19: «Архітектура та будівництво»	
7) Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»	
8) Компонента спеціальності: вибіркова	
9) Семестр: III	
10) Цикл дисциплін: Вибіркові освітні компоненти	
11) Викладач: професор, д.т.н. Шкриль О.О.	
12) Мова навчання: українська	
13) Необхідні ввідні дисципліни: «Вища математика», «Будівельна механіка», «Теоретична механіка», «Опір матеріалів»	
14) Мета курсу: полягає у вивченні теоретичних основ і закономірностей фізично і геометрично нелінійного деформування та руйнування просторових тіл та методик розв'язання задач, в тому числі із використанням методу скінченних елементів. Аспірант має оволодіти знаннями про фізичні співвідношення для опису фізично- і геометрично нелінійного деформування, а також методиками розв'язання задач, навичками щодо практичного аналізу достовірності результатів.	

15) Результати навчання:				
№	Програмний результат навчання	Метод перевірки навчального ефекту	Форма проведення занять	Посилання на програмні компетентності
1	<b>ПРО6.</b> Вміння застосовувати універсальні навички дослідника, достатні для розв'язання комплексних проблем у сфері будівництва та цивільної інженерії та пов'язаних з нею дослідницько-інноваційній та/або науково-педагогічній діяльності за фахом та продукування нових ідей та методів, спрямованих на покращення науково-практичної діяльності в галузі будівництва та архітектури.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження, контрольна робота	Практичні заняття	ІК ЗК.01 ФК.01 ФК.04 ФК.05 ФК.06
2	<b>ПРО9.</b> Знання та розуміння принципів створення і розвитку ефективних методів розрахунку та експериментальних досліджень споруджених, відновлених та підсилених конструкцій, влаштування інженерних мереж, проектування та виробництва будівельних матеріалів, володіти теоретично-методологічними базами проектування й організації технологічних процесів, що найбільш повно враховують специфіку впливів зовнішнього середовища, антропогенних факторів, тощо.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження, контрольна робота	Практичні заняття	ІК ЗК.01 ФК.01 ФК.04 ФК.05 ФК.06

3	<b>ПР10.</b> Володіти сучасними інформаційними технологіями для розробки, організації та управління науковими проектами та/або науковими дослідженнями в сфері будівництва та цивільної інженерії, презентації їх результатів у професійному середовищі через сучасні форми наукової комунікації.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження, контрольна робота	Практичні заняття	ІК ЗК.01 ФК.01 ФК.04 ФК.05 ФК.06
4	<b>ПР12.</b> Здатність до безперервного саморозвитку та самовдосконалення, ефективної самостійної праці, вміння отримувати бажаний результат в умовах обмеженого часу з акцентом на професійну сумлінність і з дотриманням етичних міркувань, умінь та навички проводити моніторинг робіт та вчасно вносити корективи в план робіт за проектом в сфері будівництва та цивільної інженерії.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження, контрольна робота	Практичні заняття	ІК ЗК.01 ФК.01 ФК.04 ФК.05 ФК.06
5	<b>ПР15.</b> Здатність формулювати власні авторські висновки, пропозиції та рекомендації на основі аналізу літературних джерел, патентних досліджень, повного циклу теоретичних і експериментальних досліджень, проведених за сучасними методиками	Обговорення під час занять, тематичне дослідження, контрольна робота	Практичні заняття	ІК ЗК.01 ФК.01 ФК.04 ФК.05 ФК.06

#### 16) Форми занять та їхня тривалість (кількість годин)

Лекції	Практичні заняття	Лабораторні заняття	РГР/ Контрольна робота	Самостійна робота здобувача
	50		Контрольна робота	100

**Зміст (окремо для кожної форми занять):**

**Лекції:** лекційні заняття відсутні

**Практичні:**

1	Вихідні положення і співвідношення теорії пружності для просторових тіл. Фізико-механічні характеристики матеріалу. Загальне поняття про фізично і геометрично-нелінійне деформування
2	Теорія деформацій. Компоненти деформацій і їхнє перетворення при змінні систем координат. Тензор деформацій. Головні деформації
3	Теорія напружень. Перетворення напружень при змінні систем координат. Рівняння рівноваги. Тензор напружень.
4	Система рівнянь теорії розв'язувальних рівнянь теорії пружності і методи їх розв'язання.
5	Умови початку пластичності. Поверхня пластичності. Умови текучості. Ідеально пружно-пластичний матеріал, зміцнення. Траєкторії навантаження і деформацій. Параметр Одквіста
6	Основні закони деформаційної теорії пластичності. Теорема про просте навантаження. Теорія течії і деформаційна теорія.
7	Найпростіші практичні задачі пластичного деформування
8	Загальні поняття про повзучість і релаксація. В'язкопружність. Моделі Максвелла, Фойгта, Кельвина.
9	Опис повзучості конструкційних матеріалів: експериментальні дослідження, крива повзучості.. Повзучість бетону.
10	Геометрична нелінійність і способи її урахування. Рівні геометричної нелінійності
11	Математичний опис просторових задач геометрично-нелінійного деформування. Конфігурації об'єкта і системи координат. Індиферентність тензорів деформацій, напружень та їх прирощень
12	Індиферентність тензорів деформацій, напружень та їх прирощень
13	Приклади розв'язання найпростіших геометрично-нелінійних задач
14	Основні гіпотези механіки руйнування. Механізми утворення і розповсюдження тріщин. Експериментальні дослідження руйнування тіл з тріщинами

15	Типи руйнування. Розподілення напружень і переміщень в околі вершини тріщини. Коефіцієнт інтенсивності напружень (КІН). Силовий критерій руйнування. Деформаційний критерій руйнування
16	Енергетичний критерій руйнування. Інваріантні інтеграли. J-інтеграл Черепанова-Райса.
17	Втомне руйнування. Малоциклове і багатоциклове навантаження.
18	Формування дискретних моделей МСЕ просторових тіл. Методи розв'язання нелінійних систем рівнянь МСЕ. Обчислення напружень при наявності температурних деформацій та деформацій пластичності.
19	Формування покровкових процедур розв'язання нелінійних задач по параметру навантаження. Дослідження збіжності результатів
20	Особливості побудови дискретних моделей тіл з тріщинами. Методи обчислення параметрів механіки руйнування в дискретних моделях МСЕ.
21	Аналіз результатів і особливостей перебігу процесів нелінійного деформування просторових тіл

**Лабораторні: лабораторні заняття відсутні**

**Контрольна робота: Визначення тріщиностійкості пластини з тріщиною при дії статичного та багатоциклового навантаження**

1. Розрахунок пластини з тріщиною на дію статичного навантаження із застосуванням програмного комплексу Lira чи Scad
2. Побудова графіка К-тарировки, та визначення області безпечного навантаження пластини в заданому діапазоні довжин тріщин
3. Моделювання розвитку тріщини в пластині при дії багатоциклового навантаження на основі програмного комплексу Mathcad або Excell із використанням аналітичних формул визначення КІН

**Самостійна робота здобувача:**

1. Процеси розвитку тріщини за умов повзучості
2. Метод віртуального росту тріщини в механіці руйнування
3. Метод еквівалентного об'ємного інтегрування при визначенні J-інтеграла в МСЕ
4. Існуючі програмні комплекси в яких реалізовано процедури розв'язання задач механіки руйнування
5. Методологія експериментального визначення критичних значень КІН та параметра G
6. Пошук інформації стосовно нових об'єктів будівництва, машинобудування, енергетики, транспорту для яких застосовують підходи механіки руйнування на сьогодні

**17) Іспит:** немає

**18) Основна література:**

1. Баженов В.А., Перельмутер А.В., Шишов О.В. Будівельна механіка. Комп'ютерні технології і моделювання. Підручник. – К.: ПАТ ВІПОЛ, 2013.  
<https://drive.google.com/file/d/1I9V3ooSECDG5Vq-O8tMi7UDwCcR2EtT4/view>
2. Селиванов В.В. Механика разрушения деформируемого тела: Учебник для втузов. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. — 420 с. (Прикладная механика сплошных сред; Т. 2).
3. Партон В.З., Морозов Е.М. Механика упругопластического разрушения: Основы механики разрушения: учебное пособие для студентов университетов и втузов – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 352 с.
4. Партон В.З., Морозов Е.М. Механика упругопластического разрушения: специальные задачи механики разрушения: учебное пособие для студентов университетов и втузов – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 192 с.
5. Баженов В.А., Пискунов С.О., Шкриль О.О. Напіваналітичний метод скінчених елементів у задачах руйнування тіл з тріщинами - Монографія - Київ, Каравела, 2017, 208 с.
6. Баженов В.А., Пискунов С.О., Солодей І.І. Чисельне дослідження процесів нелінійного статичного і динамічного деформування просторових тіл. - Монографія - К.: Каравела, 2017. – 302 с.
7. Баженов В.А., Максимюк Ю.В., Пискунов С.О. Метод скінчених елементів у задачах деформування та руйнування тіл обертання при термосиловому навантаженні - Монографія - Київ, Каравела, 2018, 312 с.

8. Брок Д. Основы механики разрушения / Д. Брок. – М. : Высш. шк., 1980. – 368 с.
9. Качанов Л. М. Основы теории пластичности / Л. М. Качанов. – М. : Физматгиз, 1960. – 456 с.
10. Качанов Л. М. Основы механики разрушения / Л. М. Качанов. – М. : Наука, 1974. – 420 с.
11. Малинин Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести / Н. Н. Малинин. – М. : Машиностроение, 1975. – 398 с.

**19) Додатковна література:**

1. Ключников В. Д. Математическая теория пластичности / В. Д. Ключников. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 208 с.
2. Комп'ютерні технології розрахунку просторових конструкцій при статичних і динамічних навантаженнях: Монографія // Баженов В.А., Вабіщевич М.О., Ворона Ю.В., Перельмутер А.В., Пискунов С.О., Солодей І.І / Київ, Каравела, 2018. – 316 с.
3. Победря Б. Е. Численные методы в теории упругости и пластичности : учеб. пособие / Б. Е. Победря. – М. : Изд-во МГУ, 1995. – 366 с.
4. Поздеев А. А. Большие упруго-пластические деформации / А. А. Поздеев, П. В. Трусов, Ю. И. Няшин – М. : Наука, 1986. – 232 с.
5. Ползучесть и длительная прочность металлов. / А.М. Локощенко М.: Физматлит.– 2016. – 504 с.
6. Работягов Д. Д. Механика материалов при больших деформациях / Д. Д. Работягов– Кишинев : Штеница, 1975. – 168 с.
7. Морозов Е. М. ANSYS в руках инженера : Механика разрушения / Морозов Е. М., Муйземнек А. Ю., Шадский А. С. – М. : ЛЕНАНД., 2008, – 453 с.
8. Морозов Е. М. Механика разрушения твердых тел / Е. М. Морозов, В. М. Пестриков. – СПб. : Профессия. – 2002. – 300 с.
9. Морозов Е. М. Метод конечных элементов в механике разрушения / Е. М. Морозов, Г. П. Никишков. – М. : Наука, 2017. – 257 с.
10. Панасюк В. В. Методы оценки трещиностойкости конструкционных материалов / В. В. Панасюк, А. Е. Андрейкив, С. Е. Ковчик. – К. : Наук. думка, 1977. – 277 с.
11. Писаренко Г. С. Уравнения и краевые задачи теории пластичности и ползучести / Г. С. Писаренко, Н. С. Можаровский. –К. : Наук. думка, 1981. – 492 с.
12. Сиратори М. Вычислительная механика разрушения [пер. с японск.] / М. Сиратори, Т. Миеси, Х. Мацусита. – М. : Мир, 1986. – 334 с.
13. Ясній П. В. Пластично деформовані матеріали: втота і тріщинотривкість / П. В. Ясній – Львів : Світ, 1998. – 292 с.

**20) Робоче навантаження аспіранта, необхідне для досягнення результатів навчання**

№	№ Форма занять	Кількість годин аудиторні / СРЗ
1.	Лекція	--
2.	Практичні заняття	50 / 84
3.	Лабораторні заняття	
4.	РГР / Контр.роб.	Контрольна робота / 15
5.	Форма контролю	Залік / 1
	Всього годин	50 / 100

<b>21) Сума всіх годин</b>	150
<b>22) Загальна кількість кредитів ECTS</b>	5,0
<b>23) Кількість годин (кредитів ECTS) аудиторного навантаження</b>	50 (1,67)
<b>24) Кількість необхідних годин (кредитів ECTS) СРЗ для забезпечення аудиторного навантаження</b>	84 (2,8)
<b>25) Кількість годин (кредитів ECTS) СРЗ, забезпечених навчальним планом</b>	100 (3,33)
<b>26) Розробники силябусу д.т.н., професор Пискунов С.О., д.т.н., професор Шкриль О.О.</b>	

  
(підпис розробника)

  
(підпис розробника)