

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра будівництва

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан факультету
конструювання та дизайну
Зіновій РУЖИЛО
"18" травня 2023 р.



«СХВАЛЕНО»

на засіданні кафедри будівництва
Протокол № 10 від "17" травня 2023 р.
Завідувач кафедри
Євгеній БАКУЛІН



«РОЗГЛЯНУТО»

Гарант ОП
192 «Будівництво та цивільна інженерія»
Євген ДМИТРЕНКО



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**«Програмне забезпечення інженерних
розрахунків»**

Спеціальність – 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
Освітня програма - «Будівництво та цивільна інженерія»
Факультет конструювання та дизайну

Розробник старший викладач, канд. техн. наук Євген ДМИТРЕНКО

Київ – 2023 р.

1. Опис навчальної дисципліни

Дисципліна «Основи автоматизованого проектування в будівництві» є теоретичною основою сукупності знань та вмінь на базі яких майбутній фахівець буде вирішувати професійні задачі розрахунку, проектування, будівництва, експлуатації, техніко-економічного аналізу існуючих несучих та огорожуючих конструкцій будівель та споруд цивільного, промислового та сільськогосподарського призначення.

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	192 «Будівництво та цивільна інженерія»	
Освітня програма	освітньо-професійна	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	обов'язкова	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістових модулів	4	
Форма контролю	Залік, екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	3,4	3,4
Семестр	6,7	6,7
Лекційні заняття	15 год./15 год.	2 год./2 год.
Практичні, семінарські заняття	-	-
Лабораторні заняття	15 год./ 30 год.	4 год./ 6 год.
Самостійна робота	15 год./ 30 год.	39 год./ 67 год.
Індивідуальні завдання	-	-
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	2 год./3 год.	-

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Дисципліна «Основи автоматизованого проектування» займає важливе місце в формуванні спеціалістів в галузі будівництва. Основною метою викладання дисципліни є формування базових знань та навичок розрахунків та проектування просторових стержньових та пластинчасто-стержньових багаторазово статично невизначених розрахункових схем будівель та споруд у статичній постановці за допомогою сучасних розрахункових та графічних САПР у будівництві – ПК «ЛІРА САПР», «Autodesk AutoCAD», «Autodesk Revit». Курс спрямований на проведення аналізу отриманих результатів із виконанням перевірочних розрахунків вручну із елементами конструювання несучих конструкцій і наближення навчального процесу до реальної

діяльності проектних, конструкторських та експлуатаційних організацій. Забезпечує студентів необхідними знаннями для самостійної розробки проектної документації, практичному застосуванню методів розрахунків, проведення техніко-економічного аналізу.

Набуття компетентностей:

- **інтегральна компетентність (ІК):**

ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі будівництва та цивільної інженерії у процесі навчання, що передбачає застосування комплексу теорій та методів визначення міцності, стійкості, деформативності, моделювання, посилення будівельних конструкцій; подальшої безпечної експлуатації, реконструкції, зведення та монтажу будівель та інженерних споруд; застосування систем автоматизованого проектування у галузі будівництва.

- **загальні компетентності (ЗК):**

ЗК1 – Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК5 – Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

- **фахові (спеціальні) компетентності (СК):**

СК3 – Здатність проектувати будівельні конструкції, будівлі, споруди та інженерні мережі, з урахуванням інженерно-технічних та ресурсозберігаючих заходів, правових, соціальних, екологічних, техніко-економічних показників, наукових та етичних аспектів, і сучасних вимог нормативної документації у сфері архітектури та будівництва, охорони довкілля та безпеки праці.

СК5 – Здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних задач будівництва та цивільної інженерії.

СК11 – Володіти методами проектування, моделювання та конструювання з використанням систем автоматизованого проектування та розрахунку будівельних конструкцій будівель та інженерних споруд об'єктів промислового, агропромислового, транспортного та цивільного призначення.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН06 – Застосовувати сучасні інформаційні технології для розв'язання інженерних та управлінських задач будівництва та цивільної інженерії.

ПРН07 – Виконувати збір, інтерпретацію та застосування даних, в тому числі за рахунок пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел.

ПРН09 – Проектувати будівельні конструкції, будівлі, споруди, інженерні мережі та технологічні процеси будівельного виробництва, з урахуванням інженерно-технічних та ресурсозберігаючих заходів, правових, соціальних, екологічних, техніко-економічних показників, наукових та етичних аспектів, сучасних вимог нормативної документації, часових та інших обмежень, у сфері архітектури та будівництва, охорони довкілля та безпеки праці.

3. Програма та структура навчальної дисципліни для:

Назва змістовних модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма							заочна форма						
	тижні	усього	в тому числі					усього	в тому числі					
			л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Змістовний модуль №1. « Основні відомості про САПР та моделювання»														
Тема 1. САПР. Основні	1	6	2		2		2	9	2		2		5	

відомості. Види та функції. Структура. Сучасні проєктувальні системи.													
Тема 2. Ідеалізація об'єкта при створенні комп'ютерної моделі. Ідеалізація форми й геометричних параметрів конструкції.	1	6	2		2		2	5					5
Тема 3. Ідеалізація умов обпирання та вузлових з'єднань, фізичних властивостей матеріалу. Ідеалізація навантажень і впливів на об'єкт. Ідеалізація конструктивних рішень	1	6	2		2		2	5					5
Тема 4. Метод скінченних елементів (МСЕ). Загальні відомості. Історія та реалізація.	1	6	2		2		2	5					5
Всього за змістовним модулем 1	4	24	8		8		8	23	2		2		20
Змістовний модуль № 2. «Основи методу скінченних елементів, його реалізація та робота у графічних САПР»													
Тема 5. Принципи побудови скінченно-елементних моделей. Характеристики жорсткості елементів розрахункової схеми.	1	6	2		2		2	8			2		6
Тема 6. Структура ПК "ЛІРА САПР" та порядок створення розрахункової моделі.	1	6	2		2		2	6					6
Тема 7. Конструюючі	2	12	4		3		3	7					7

системи ПК «ЛІРА-САПР». Металеві конструкції.													
Всього за змістовним модулем 2	4	24	8		7		7	21	0		2		19
Всього за 6 семестр	8	48	16		15		15	44	2		4		39
Змістовний модуль № 3. «Структура та інструментарій ПК «ЛІРА-САПР для вирішення задач будівельної механіки»													
Тема 8. Бібліотека скінченних елементів ПК «ЛІРА-САПР».	2	12	4		4		5	16	2		2		12
Тема 9. Розрахункові сполучення навантажень. Розрахункові сполучення зусиль.	2	10	2		4		5	12					12
Тема 10. Конструюючі системи ПК «ЛІРА-САПР»	2	10	2		6		5	10					10
Всього за змістовним модулем 3	6	30	8		14		15	38	2		2		34
Змістовний модуль № 4. «Основи ВІМ-моделювання в ПК «САПФІР-3D», «Autodesk Revit»													
Тема 11. ПК «САПФІР-3D». Основні можливості, функції та сфери застосування	2	12	2		4		5	12			2		10
Тема 12. Технологія ВІМ в архітектурно-будівельному проектуванні. Частина І.	3	6	2		6		5	13			2		11
Тема 13. Технологія ВІМ в архітектурно-будівельному проектуванні. Частина ІІ.	3	6	2		6		5	12					12
Всього за змістовним модулем 4	8	18	6		16		15	37	0		4		33
Всього за 7 семестр	14	42	14		30		30	75	2		6		67
Усього годин	22	90	30		45		45	119	4		10		106

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Загальне знайомство з інтерфейсом програми ПК «ЛІРА-САПР». Розрахунок статично визначеної однопролітної шарнірно опертої балки при дії навантаження.	2
2	Розрахунок статично-невизначеної плоскої рами при дії одного варіанту навантаження. Задавання шарнірів.	2
3	Розрахунок статично визначеної плоскої ферми при дії одного варіанту навантаження.	2
4	Розрахунок статично визначеної плоскої арки при дії одного варіанту навантаження.	4
5	Розрахунок просторової рами балкової клітини з металевих конструкцій при дії декількох варіантів навантажень. Конструювання елементів.	5
	Всього за 6 семестр	15
6	Розрахунок та конструювання статично-невизначеної багатопрольотної залізобетонної балки із декількома варіантами завантажень.	4
7	Розрахунок та конструювання елементів залізобетонних конструкцій стержньового каркасу плоскої рами.	4
8	Розрахунок та конструювання плоскої залізобетонної плити перекриття із декількома варіантами завантажень.	4
9	Розрахунок та конструювання елементів залізобетонних конструкцій пластинчасто-стержньового каркасу просторової рами на пружній основі ПК «САПФІР-3D»	6
10	Програмний комплекс «Autodesk Revit». Основні команди та функції. Моделювання індивідуального житлового будинку в середовищі "Autodesk Revit. Частина I.	6
11	Програмний комплекс «Autodesk Revit». Основні команди та функції. Моделювання індивідуального житлового будинку в середовищі "Autodesk Revit. Частина II.	6
	Всього за 7 семестр	30
	Всього	45

5. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Загальна характеристика систем автоматизованого проектування.	4
2	Інтерфейс, можливості та налаштування системи AutoCAD.	2
3	Робота з шарами. Об'єктна прив'язка та режими відстежування.	2
4	Побудова, редагування та властивості об'єктів креслення.	2
5	Плоскі креслення в «Autodesk AutoCAD». Блоки динамічні та статичні. Анотативність. Засоби прискорення креслень.	5
	Всього за 6 семестр	15
6	Нанесення та редагування розмірів. Шаблони креслень в «Autodesk AutoCAD».	2
7	Створення та використання блоків. Робота з растровими зображеннями.	2
8	Виведення креслень на друк.	2
9	Основи роботи у тривимірному просторі.	2
10	Створення простих просторових примітивів.	2
11	Моделювання об'єктів складної форми.	2

12	Редагування просторових об'єктів.	2
13	Каркасні та поверхневі моделі.	4
14	Твердотільні моделі.	4
15	Компоновка моделей.	4
16	Рендеринг та створення фотореалістичних зображень	4
	Всього за 7 семестр	30
	Всього	45

6. Зразки контрольних питань, тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами.

Контрольні питання до заліку:

1. Для чого потрібні розрахункові сполучення зусиль (РСЗ) та розрахункові сполучення навантажень (РСН)?
2. Чим відрізняються підходи до визначення розрахункових сполучень зусиль (РСЗ) та розрахункові сполучення навантажень (РСН)?
3. Які ви знаєте типи навантажень в ПК «ЛІРА-САПР», за якими можна групувати вихідні навантаження при урахуванні РСЗ та РСН. У чому їх відмінність?
4. Перелічіть основні силові фактори, що діють у просторовому стержні при навантаженні? Які з них є визначальними і чому?
5. Перелічіть основні силові фактори, що діють в плиті? Які з них є визначальними і чому?
6. Перелічіть основні силові фактори, що діють в оболонці? Які з них є визначальними і чому?
7. Перелічіть основні силові фактори, що діють у балці-стінці? Які з них є визначальними і чому?
8. Назвіть та опишіть скінченні елементи, за допомогою яких моделюють лінійно-деформовані системи. Наведіть приклади таких систем.
9. Назвіть та опишіть скінченні елементи, за допомогою яких моделюють нелінійно-деформовані системи. Наведіть приклади таких систем.
10. Назвіть та опишіть декілька спеціальних скінченних елементів, за допомогою яких моделюють розрахункові схеми будівель та споруд. Їх призначення та особливості.
11. Ознаки схем в ПК «ЛІРА-САПР», кількості ступенів вільності у вузлах таких схем.
12. Назвіть основні ознаки схем в ПК «ЛІРА-САПР», наведіть приклади будівель та споруд, які можуть бути розраховані за їх допомогою.
13. Охарактеризуйте терміни «в'язь» та «шарнір». У чому полягає їх відмінність?
14. Опишіть докладно термін «суперелемент», «супервузол» їх призначення та особливості використання у ПК «ЛІРА-САПР».
15. Охарактеризуйте терміни «жорстка вставка», «абсолютно жорстке тіло», їх призначення та особливості використання у ПК «ЛІРА-САПР». Наведіть приклади використання.
16. Охарактеризуйте термін «об'єднання переміщень», призначення та особливості використання у ПК «ЛІРА-САПР». Наведіть приклади використання.

17. Опишіть декілька способів створення розрахункових схем ферм у ПК «ЛІРА-САПР» і супутніх програмах («САПФІР-3D», «AutoCAD»).
18. Що таке триангуляція? Охарактеризуйте основні види триангуляції в ПК «ЛІРА-САПР».
19. Охарактеризуйте терміни «триангуляція» та «дискретизація». У чому полягає їх відмінність чи подібність?
20. Як впливає розмір скінченно-елементної сітки та її вид на результати розрахунку за методом скінченних елементів і чому?
21. Опишіть докладно концепцію ВІМ-моделювання при проектуванні, її особливості, сфери застосування.
22. Опишіть докладно концепцію САД-моделювання при проектуванні та розрахунках, її особливості, сфери застосування.
23. Концепції ВІМ і САД-моделювання. Основні переваги та недоліки.
24. Опишіть способи створення розрахункових схем рам у ПК «ЛІРА-САПР» і супутніх програмах («САПФІР-3D», «AutoCAD»).
25. Дослідження якого класу конструкцій забезпечують програмні комплекси SCAD, ЛІРА-САПР, МОНОМАХ-САПР?
26. В чому полягає відмінність між САД/САМ/САЕ програмами?
27. Назвіть програмне забезпечення, яке використовується для підготовки проектної документації?
28. Які додаткові дані необхідно задавати для розрахунку елементів ферм, колон, ригелів, канатів?
29. Назвіть основні етапи розв'язку задач методом скінченних елементів.
30. Охарактеризуйте переваги та недоліки методу скінченних елементів порівняно із аналітичними методами.

Контрольні питання до екзамену:

1. Що таке ступені вільності у методі скінченних елементів?
2. Як формується матриця жорсткості для скінченного елемента?
3. Чим визначається розмірність матриці жорсткості скінченного елемента та всієї схеми?
4. Як формується матриця жорсткості для розрахункової схеми?
5. Запишіть основне рівняння методу скінченних елементів у матричній формі.
6. Назвіть методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь.
7. Які компоненти НДС конструкцій обчислюються у результаті статичного розрахунку?
8. Назвіть основні джерела похибок при виконанні моделювання методом скінченних елементів.
9. Які причини можуть викликати повідомлення про геометричну змінюваність схеми об'єкта?
10. Назвіть основні властивості, якими характеризуються різні типи скінченних елементів.
11. Для чого призначені спеціальні СЕ № 51, 53, 54, 55?
12. Що таке глобальна, місцева та локальна системи координат? Дайте визначення та опишіть відмінності між ними.
13. Назвіть основні принципи побудови скінченно-елементних моделей.
14. Назвіть основні принципи раціонального членування на скінченні елементи.

15. Якими способами досягається коректне моделювання сполучення стрижневих та плоских елементів схеми?
16. У чому полягає основна перевага конструкцій ферм у порівнянні з балковими? Які прольоти будівель дозволяють перекривати ферми покриття?
17. Яку передумову застосовують при обчисленні внутрішніх зусиль у фермах при виконанні аналітичних розрахунків?
18. Які існують методи визначення внутрішніх зусиль у фермах? У чому полягають переваги та недоліки застосування кожного із методів?
19. Розглянемо ферму із паралельними поясами. Які зусилля сприймають елементи поясів та решітки ферм покриття? Який елемент решітки є найбільш завантаженим?
20. Які основні гіпотези опору матеріалів застосовуються під час комп'ютерного моделювання та чисельного розрахунку у ПК «ЛПРА-САПР»?
21. У чому полягає алгоритм розрахунку статично визначеної балки на згин?
22. Які внутрішні силові фактори є визначальними щодо проектування балкових конструкцій?
23. Який тип кривої має епюра моментів на ділянці із рівномірнорозподіленим навантаженням? Поясніть чому.
24. Який взаєзв'язок мають епюри моментів та поперечних сил у балці?
25. Який аналітичний метод застосовують для під час побудови епюр внутрішніх зусиль?
26. У чому полягає різниця між статично-визначеними та статично-невизначеними стержневими системами (конструкціями)?
27. Які внутрішні силові фактори є визначальними щодо проектування рамних конструкцій?
28. Який тип поперечного перерізу сталевій конструкції є найбільш ефективним з точки зору використання матеріалу при роботі на згин і чому?
29. У чому полягає різниця між жорстким та шарнірним вузлом поперечної рами? Обґрунтуйте відповідь.
30. Яку кількість ступенів вільності має вузол розрахункової схеми з ознакою 2? Обґрунтуйте відповідь.
31. Назвіть та охарактеризуйте основні типи балкових клітин. Із яких несучих елементів складаються балкові клітини?
32. Наведіть алгоритм підбору складеного перерізу головної балки.
33. Які умови (перевірки) мають бути виконані у процесі проектування перерізу прокатної другорядної балки під час улаштування клітини?
34. Яка умова міцності нормального перерізу сталевій колони застосовується при центральному стиску?
35. У чому полягає суть явища поздовжнього згину під час проектування несучих конструкцій балкової клітини?

7. Методи навчання.

Методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності студентів, які використовуються при вивченні дисципліни:

- В аспекті передачі і сприйняття навчальної інформації:
 - словесні (лекція);
 - наочні (ілюстрація, демонстрація).

- В аспекті логічності та мислення:
 - пояснювально-ілюстративні (презентація);
 - репродуктивні (короткі тестові завдання).
- В аспекті керування навчанням:
 - навчальна робота під керівництвом викладача;
 - самостійна робота під керівництвом викладача.
- В аспекті діяльності в колективі:
 - методи стимулювання (додаткові бали за реферати, статті, тези).
- В аспекті самостійної діяльності:
 - навчальний модуль: структурно-логічні схеми; вибіркові тести.

8. Форми контролю.

Система поточного, модульного та підсумкового контролю з навчальної дисципліни «Основи автоматизованого проектування».

Поточний контроль знань здійснюється за модульно - рейтинговою системою та передбачає усне експрес-опитування під час аудиторних занять, проведення 1 письмового модуля контрольної роботи та виконання практичних робіт. Мінімум балів при яких студент допускається до заліку становить 42 бали. Підсумковий контроль проводиться у формі екзамену із виконанням письмових завдань.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно чинної редакції "Положення про екзамени та заліки у НУБіП України".

Рейтинг студента, бали	Оцінка національна за результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	Відмінно	Зараховано
74-89	Добре	
60-73	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни $R_{дис}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $R_{НР}$ (до 70 балів): $R_{дис} = R_{НР} + R_{ат}$.

10. Навчально - методичне забезпечення

Перелік наочних та інших навчально-методичних посібників, методичних матеріалів.

№ пор	Назва	Кількість
1	2	4
1.	Слайди (електронна форма) до лекційного курсу	1 прим.
2.	Конспект лекцій	Електронна версія
3.	Методичні вказівки з виконання лабораторних робіт (10 прим)	Електронна версія

11. Рекомендована джерела інформації

Основні:

1. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення : ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний з 2011-07-01]. – К. : Мінгеріонбуд України, Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2011. – 71 с. – (Державні будівельні норми).
2. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування : ДСТУ Б.В.2.6–156:2010. – [Чинний з 2011-06-01]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2011. – 118 с. – (Національний стандарт України).
3. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови : ДСТУ 3760:2019.–[Чинний з 2019–08–01]. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2019. – (Державний стандарт України). Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення : ДБН В.2.6-162:2010. – [Введені в дію з 2011-09-01]. – К. : Держбуд України.
4. Навантаження і впливи: норми проектування : ДБН В.1.2.–2:2006. – [Чинний з 2007-01-01]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2006. – 68 с. – (Державні будівельні норми України).
5. Основи комп'ютерного моделювання: навч. посібник / М.С. Барабаш, П.М. Кір'язев, О.І. Лапенко, М.А. Ромашкіна. 2-е вид. стер. – К.: НАУ, 2019. – 492 с.
6. Основи автоматизації проектування в будівництві : конспект лекцій Укладач : Сорочак А.П. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 120 с.
7. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із дисципліни "Основи автоматизованого проектування в будівництві" для студентів за спеціальністю 192 - "Будівництво та цивільна інженерія" / Є.А. Дмитренко, І.А. Яковенко, О.А. Фесенко. - К., : НУБіП України, 2021. - 91 с.

Допоміжна

1. Комп'ютерні технології проектування металевих конструкцій: навч. посіб. / М.С. Барабаш, С.В. Козлов, Д.В. Медведенко. – К. : НАУ, 2012. – 572 с.
2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із дисципліни "Будівельні конструкції" для студентів за спеціальністю 192 - "Будівництво та цивільна інженерія" / Є.А. Дмитренко, О.А. Фесенко. - К. : НУБіП України, 2020. - 78 с.
3. Проектування монолітних ребристих перекриттів : навч. посібник / А.М. Павліков, О.В. Бойко ; за ред. А.М. Павлікова. – Полтава : ПолНТУ, 2015. – 84 с.

Інформаційні ресурси

1. <https://www.liraland.ua/>
2. <https://www.twirpx.com>
3. <https://www.nbu.gov.ua>

4. <http://www.dnabb.org/>
5. <https://dntb.gov.ua/>
6. <http://dglib.nubip.edu.ua/>