

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра будівництва

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**



Декан факультету  
конструювання та дизайну

Ружило З.В.

17 травня 2022 р.

**“СХВАЛЕНО”**

на засіданні кафедри будівництва  
Протокол № 11 від “7” квітня 2022 р.

Завідувач кафедри

Бакулін Є.А.

**”РОЗГЛЯНУТО”**

Гарант ОП 192 «Будівництво  
та цивільна інженерія»

Гарант ОП  
Дмитренко Є.А.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

## **Програмне забезпечення інженерних розрахунків**

спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

освітня програма «Будівництво та цивільна інженерія»

Факультет конструювання та дизайну

Розробники: к.т.н., ст. викладач Дмитренко Є.А.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Київ – 2022 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра будівництва

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Декан факультету  
конструювання та дизайну

Ружилю З.В.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020р.

**РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО**  
на засіданні кафедри будівництва

\_\_\_\_\_  
Протокол № 8 від “28” травня 2020 р.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
Бакулін Є. А.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**„ Програмне забезпечення інженерних  
розрахунків ”**

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Факультет конструювання та дизайну

Розробники: Дмитренко Є.А., к.т.н., старший викладач

Київ – 2020 р.

## 1. Опис навчальної дисциплін

Дисципліна "Програмне забезпечення інженерних розрахунків" 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, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Освітньо-кваліфікаційний рівень	бакалавр	
Спеціальність	Будівництво та цивільна інженерія	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	вибіркова	
Загальна кількість годин	163	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект (робота) (за наявності)	-	
Форма контролю	екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	4	4
Семестр	8	8
Лекційні заняття	26 год.	14
Практичні, семінарські заняття	26 год.	16
Лабораторні заняття		
Самостійна робота	111 год.	133 год.
Індивідуальні завдання	-	-
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	4 год.	-

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Дисципліна "Програмне забезпечення інженерних розрахунків" займає важливе місце в формуванні спеціалістів в галузі будівництва. Основною метою викладання дисципліни є формування базових знань та навичок розрахунків та проектування просторових пластинчасто-стержньових багаторазово статично невизначених розрахункових схем будівель та споруд за допомогою сучасних розрахункових та графічних САПР у будівництві – ПК «ЛІРА САПР» та «САПФІР-3D». Надати знання про розрахунки будівельних конструкцій методом скінчених елементів на статичні та динамічні види навантаження, створення дискретних розрахункових моделей споруд та аналіз їх поведінки, а також методи автоматизованого розрахунку та конструювання елементів споруд.

### **Завдання курсу:**

- ознайомити студентів із основами методу скінчених елементів для аналізу напружено-деформованого стану конструкцій;
- розвинути навички застосування сучасного програмного забезпечення для автоматизації розрахунку, дослідження і проектування будівельних конструкцій;
- освоїти основні методи та прийоми формування дискретних розрахункових схем будівельних конструкцій, їх розрахунку на різні види статичних навантажень, температурних, деформаційних і динамічних дій.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

### **знати:**

- теоретичні основи та основні положення теоретичної механіки, опору матеріалів, будівельної механіки;
- методику визначення внутрішніх силових факторів та переміщень у стержньових балочних конструкціях, визначення напружень та деформацій у перерізах елементів вручну;
- головні вимоги до оформлення креслень робочої документації несучих конструкцій будівель та споруд;
- моделювання у розв'язанні інженерних задач;
- загальні поняття про напружено-деформований стан;
- дискретна модель розрахункової схеми;
- матриці жорсткості стержневих скінчених елементів;
- вузлові характеристики дискретної моделі;
- рівняння рівноваги вузлів і матриця жорсткості дискретної моделі;
- визначення зусиль у стержнях.

### **вміти:**

- моделювати інженерні об'єкти і задачі;
- вибирати розрахункову модель елемента і визначати схеми діючих на нього навантажень;
- переходити від розрахункової схеми до дискретної моделі;
- виконувати розрахунки за методом скінчених елементів;

- творчо використовувати одержані знання для вирішення практичних задач визначення міцності, тріщиностійкості, деформативності несучих конструкцій найбільш розповсюджених будівель та споруд;
- самостійно виконувати порівняльний аналіз результатів розрахунку, отриманих за допомогою програмного забезпечення ПК «ЛІРА-САПР» шляхом проведення додаткових інженерних розрахунків;
- користуватися ДБН, ДСТУ, ТУ, ТЗ, каталогами типових рішень, довідковою та технічною літературою.

### 3. Програма та структура навчальної дисципліни для повного терміну денної та заочної форми навчання

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	
<b>Змістовний модуль №1. « Розрахунки будівельних конструкцій методом скінченних елементів»</b>														
Тема 1. Загальна характеристика програмного забезпечення інженерних розрахунків.	1	13	2	2			9	14	2	2			10	
Тема 2. Метод скінченних елементів. Математичні основи методу скінченних елементів	1	13	2	2			9	14	2	2			10	
Тема 3. Результати розрахунку конструкцій методом скінченних елементів.	1	13	2	2			9	14	2	2			10	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Тема 4. Принципи побудови скінченно-елементних моделей	1	13	2	2			9	14	2	2			10
Тема 5. Раціональне розбиття на скінченні елементи	1	13	2	2			9	10					10
Тема 6. Розрахунок конструкцій на пружній основі	1	11	2	2			7	11					11
Тема 7. Розрахунок конструкцій на динамічні впливи	1	11	2	2			7	11					11
<b>Всього за змістовним модулем 1</b>	<b>7</b>	<b>87</b>	<b>14</b>	<b>14</b>			<b>59</b>	<b>88</b>	<b>8</b>	<b>8</b>			<b>72</b>
<b>Змістовний модуль № 2. «Нелінійні розрахунки конструкцій в ПК «ЛІРА-САПР» та аналіз їх результатів»</b>													
Тема 8. Нелінійні розрахунки будівельних конструкцій	1	13	2	2			9	14	2	2			10
Тема 9. Розрахунки з врахуванням фізичної нелінійності	1	13	2	2			9	14	2	2			10
Тема 10. Розрахунки з врахуванням геометричної та конструктивної нелінійності	1	13	2	2			9	16	2	4			10
Тема 11. Моделювання життєвого циклу конструкцій	1	13	2	2			9	10					10
Тема 12. Виконання розрахунку моделі. Оцінювання точності результатів розрахунку.	1	13	2	2			9	10					10
Тема 13. Аналіз та інтерпретація результатів розрахунку	1	11	2	2			7	11					11

<b>Всього за змістовним модулем 2</b>	<b>7</b>	<b>76</b>	<b>12</b>	<b>12</b>			<b>52</b>	<b>75</b>	<b>6</b>	<b>8</b>			<b>61</b>
<b>Всього за 8 семестр</b>	<b>15</b>	<b>163</b>	<b>26</b>	<b>26</b>			<b>111</b>	<b>163</b>	<b>14</b>	<b>16</b>			<b>133</b>
<b>Усього годин</b>	<b>15</b>	<b>163</b>	<b>26</b>	<b>26</b>			<b>111</b>	<b>163</b>	<b>14</b>	<b>16</b>			<b>133</b>

#### 4. Темати практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Загальне знайомство із інтерфейсами програм ПК «САПФІР-3D», ПК «МОНОМАХ», «ЕСПРІ»	2
2	Компоновка геометричних параметрів поперечної рами одноповерхової промислової будівлі із залізобетонних конструкцій згідно завдання по проєкту.	2
3	Збір навантажень вручну та за допомогою програми «ЕСПРІ».	2
4	Розробка конструктивної схеми основних несучих конструкцій і системи зв'язків по каркасу.	4
5	Розробка тривимірної архітектурної моделі одноповерхової промислової будівлі у препроцесорі «САПФІР-3D».	4
6	Формування аналітичної моделі будівлі, експорт в ПК «ЛІРА-САПР», таблиці РСН (РСЗ), виконання статичного скінченно-елементного розрахунку будівлі.	2
7	Аналіз отриманих результатів, внесення коригувань у розрахункову схему. Вивід епюр внутрішніх зусиль від комбінації навантажень в елементах рами будівлі.	2
8	«Машинне» конструювання несучих елементів каркасу будівлі за допомогою засобів ПК «ЛІРА-САПР» - колон.	2
9	Розрахунок та конструювання рядову колону будівлі «вручну» за допомогою програм «MathCAD», «Maple», «Microsoft Excel» чи подібних. Порівняти результати із «машинним» розрахунком.	2
10	Розрахунок навантаження на фундамент в ПК «ЛІРА-САПР» та конструювання стовпчастого монолітного фундаменту за допомогою ПК «МОНОМАХ», отримання ескізного креслення.	2
11	Оформлення креслень планів, розрізів, фасадів будівлі, схем розташування конструктивних елементів, а також	2

	креслень несучих конструкцій за допомогою «САПІР-ЗБК», «САПІР-3D», ПК «МОНОМАХ» і «AutoCAD»	
Всього		26

### **5. Контрольні запитання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами**

1. Дослідження якого класу конструкцій забезпечують програмні комплекси SCAD, ЛІРА-САПР, МОНОМАХ-САПР?
2. В чому полягає відмінність між CAD/CAM/CAE програмами?
3. Назвіть програмне забезпечення, яке використовується для розрахунку НДС конструкцій?
4. Назвіть програмне забезпечення, яке використовується для підготовки проектної документації?
5. В чому полягають переваги використання програмних засобів в інженерній діяльності?
6. Дайте коротку характеристику методу скінченних елементів.
7. Назвіть основні етапи розв'язку задач методом скінченних елементів.
8. Охарактеризуйте переваги та недоліки методу скінченних елементів порівняно із аналітичними методами.
9. В чому полягають особливості методу скінченних елементів у формі переміщень?
10. Коли і ким були сформовані принципи сучасного методу скінченних елементів? Коли розпочалося його практичне використання?
11. Що таке ступені вільності у методі скінченних елементів?
12. Як моделюються граничні умови?
13. Як формується матриця жорсткості для скінченного елемента?
14. Чим визначається розмірність матриці жорсткості скінченного елемента та всієї схеми?
15. Як формується матриця жорсткості для розрахункової схеми?
16. Для яких видів навантажень виконуються розрахунки?
17. Запишіть основне рівняння методу скінченних елементів у матричній формі.
18. Назвіть методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь.
19. Які компоненти НДС конструкцій обчислюються у результаті статичного розрахунку?
20. Як відбувається розрахунок сил, моментів та напружень в елементах схеми?
21. Які правила використовуються при побудові епюр для стрижневих елементів?
22. Охарактеризуйте структуру ПК ЛІРА-САПР.
23. Як можуть бути задані статичні та динамічні навантаження?
24. Назвіть основні джерела похибок при виконанні моделювання методом скінченних елементів.

25. Назвіть базові одиниці вимірювання, що використовуються за замовчуванням у ПК ЛІРА-САПР.
26. Де можна знайти файли з вихідними даними, протоколом розрахунку та результатами по закінченні розрахунку задачі?
27. Як викликати файл повідомлень про помилки у випадку невиконання розрахунку?
28. Які причини можуть викликати повідомлення про геометричну змінюваність схеми об'єкта?
29. Які типи скінченних елементів включені до ПК ЛІРА-САПР?
30. Назвіть основні властивості, якими характеризуються різні типи скінченних елементів.
31. Назвіть найбільш вживані скінченні елементи (СЕ) для лінійних задач. Роботу яких типів конструкцій вони моделюють?
32. Які навантаження допускає скінченний елемент № 10?
33. Охарактеризуйте універсальні скінченні елементи балок-стінок, тонких плит і пологих оболонок.
34. Які види навантажень передбачені для таких СЕ?
35. Охарактеризуйте універсальні скінченні елементи просторової задачі теорії пружності.
36. Для чого призначені спеціальні СЕ № 51, 53, 54, 55?
37. Що таке глобальна, місцева та локальна системи координат?
38. Що означає поняття «ознака схеми»?
39. Назвіть основні принципи побудови скінченно-елементних моделей.
40. Охарактеризуйте ознаки схеми в ПК ЛІРА-САПР.
41. Яким чином в розрахунковій схемі враховується пряма та коса симетрія?
41. Що розуміють під словом «шарнір»?
42. Опишіть порядок створення розрахункової схеми.
43. Чи можна прогнозувати час розв'язку задачі за допомогою ПК ЛІРА-САПР?
44. Назвіть основні принципи раціонального членування на скінченні елементи.
45. У яких випадках використовуються абсолютно жорсткі вставки?
46. У яких випадках здійснюють моделювання податливості вузлів спряження елементів?
47. Якими способами досягається коректне моделювання сполучення стрижневих та плоских елементів схеми?
48. У яких випадках доцільне використання суперелементів? Наведіть приклади.
49. На чому ґрунтується алгоритм розв'язку задачі із застосуванням суперелементів?
50. Що таке супервузли та базисні вузли суперелемента?
51. В яких випадках доцільно використовувати об'єднання переміщень вузлів розрахункової схеми?

52. Що таке завантаження?
53. Що є критерієм для визначення небезпечного РСЗ для стержнів?
54. Як здійснюється визначення РСЗ для плоского напруженого стану?
55. Як визначаються нормальні й дотичні напруження на верхній і нижній поверхнях плити?
56. Що є критерієм для визначення небезпечних сполучень напружень для об'ємних елементів?
57. Сформулюйте загальні правила формування РСЗ у ПК ЛІРА-САПР.
58. Назвіть параметри та коефіцієнти РСЗ.
59. Які обмеження накладаються на логічні зв'язки між завантаженнями?
60. В чому полягає основна відмінність між розрахунком за розрахунковими сполученнями зусиль та розрахунковими сполученнями навантажень?

## 6. Методи навчання.

При викладанні даної дисципліни використовуються словесні, наочні та практичні методи навчання.

## 7. Форми контролю.

Система поточного, модульного та підсумкового контролю з навчальної дисципліни «Програмне забезпечення інженерних розрахунків».

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.

## 8. Розподіл балів, які отримують студенти

Оцінка національна	Процент студентів, які досягають відповідної оцінки в Європейських університетах	Визначення оцінки ECTS	Рейтинг студента, бали
1	2	3	4
<b>Відмінно</b>	10	<b>ВІДМІННО</b> – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	<b>90 – 100</b>
<b>Добре</b>	25	<b>ДУЖЕ ДОБРЕ</b> – вище середнього рівня з кількома помилками	<b>82 – 89</b>

	30	<b>ДОБРЕ</b> – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	<b>74 – 81</b>
<b>Задово-вільно</b>	25	<b>ЗАДОВІЛЬНО</b> – непогано, але зі значною кількістю недоліків	<b>64 – 73</b>
	10	<b>ДОСТАТНЬО</b> – виконання задовольняє мінімальні критерії	<b>60 – 63</b>
<b>Незадо-вільно</b>	–	<b>НЕЗАДОВІЛЬНО</b> – потрібно працювати перед тим, як отримати залік (позитивну оцінку)	<b>35 – 59</b>
	–	<b>НЕЗАДОВІЛЬНО</b> – необхідна серйозна подальша робота	<b>01 – 34</b>

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

## 9. 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

## 10. Рекомендована література

### Основна

- ДБН В 1.2-2:2006 Навантаження і впливи.
- ДБН В.1.2-14:2018 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд.
- ДБН В 2.6-198:2014 Металеві конструкції. Норми проектування
- ДБН В.2.6-98-2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Норми проектування
- ДСТУ В.2.6-156:2011 Бетонні та залізобетонні конструкції. Правила проектування.
- ДСТУ Б В.1.2-3:2006 Прогини і переміщення. Вимоги проектування – К. : Мінбуд України, 2006. – 15 с.
- 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.

- 8 Комп'ютерні технології проектування металевих конструкцій: навч. Посіб. / М.С. Барабаш, С.В. Козлов, Д.В. Медведенко. – К.: НАУ, 2012. – 572 с.
- 9 Комп'ютерні технології проектування залізобетонних конструкцій: Навч. посібник / Ю.В. Верюжський, Вл. І. Колчунов, М.С. Барабаш, Ю.В. Гензерський. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 808 с.
- 10 Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике [Текст] / О. Зенкевич; пер. с англ. Б.Е. Победри. – М.: Мир, 1975. – 542 с.
- 11 Перельмутер, А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа [Текст] / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. - К.: Из-во "Сталь", 2002. – 600 с.

### **Допоміжна**

1. Бойченко В.В. САПФИР-2017. Учебное пособие. Бойченко В.В., Медведенко Д.В., Палиенко О.И., Шут А.А. Под ред. Академика РААСН, докт. техн. наук, проф. А.С. Городецкого.– К.: Издательство «LIRALAND», 2017.– 130 с
2. Городецкий А.С. Компьютерные модели конструкций / А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров. – [2-е изд., доп.] – К. : ФАКТ, 2007. – 394 с.
3. Городецкий А.С. Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона: проблемы, опыт, возможные решения и рекомендации, компьютерные модели, информационные технологии / А.С. Городецкий, Д.А. Городецкий, Л.Г. Батрак. – К.: Факт, 2004. – 106 с.
4. Дарков А.В. Строительная механика: Учеб. для строит. спец. вузов. / Дарков А.В., Шапошников Н.Н. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 607 с.: ил.
5. Александров А.В. Соппротивление материалов: Учеб. для вузов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин; Под ред. А.В. Александрова. – 4-е изд. испр. – М.: Высш. шк., 2004. – 560 с.: ил.
6. Байков В.Н. Железобетонные конструкции: Общий курс: учеб. для вузов / В.Н. Байков, Э.Е. Сигалов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1991. – 767 с.: ил.

### **Інформаційні ресурси**

1. <https://www.liraland.ua/>
2. <https://www.youtube.com/channel/UCZMHGsR2-a8e-944XaQiXng>
3. <https://www.youtube.com/channel/UCqR7P2jDNMsTXdDhrc0H7SQ>
4. <https://www.twirpx.com>
5. <https://dwg.ru/>
6. <https://www.twirpx.com>
7. <https://www.nbu.gov.ua>