

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра будівництва

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Декан факультету

конструювання та дизайну

Зиновій РУЖИЛО

\_\_\_\_\_ 2023 р.



**“РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО”**

на засіданні кафедри будівництва

Протокол № 10 від 17.05.2023 р.

Завідувач кафедри

Євгеній БАКУЛІН

**Гарант ОПП**

«Будівництво та цивільна інженерія»

Євгеній БАКУЛІН

\_\_\_\_\_ 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
«СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ  
(САПР) В БУДІВНИЦТВІ»**

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітньо-професійна програма «Будівництво та цивільна інженерія»

Факультет конструювання та дизайну

Розробник: к.т.н., старший викладач Євген ДМИТРЕНКО

КИЇВ – 2023

## 1. Опис навчальної дисциплін

Дисципліна "Системи автоматизованого проектування (САПР) 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 за допомогою використання сучасних ВІМ-технологій, скінченно-елементних програм розрахунку та аналізу.

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Освітньо-кваліфікаційний рівень	магістр	
Спеціальність	Будівництво та цивільна інженерія	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	обов'язкова	
Загальна кількість годин	150	
Кількість кредитів ECTS	5	
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)	5	-
Семестр	2	-
Лекційні заняття	30 год.	-
Практичні, семінарські заняття	-	-
Лабораторні заняття	45 год.	-
Самостійна робота	75 год.	-
Індивідуальні завдання	-	-
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	5 год.	-

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Дисципліна "Системи автоматизованого проектування (САПР) в будівництві" займає важливе місце в формуванні спеціалістів в галузі будівництва. Основною метою викладання дисципліни є формування базових знань та навичок виконання проекту будівель та споруд за допомогою сучасних розрахункових та графічних САПР у будівництві, які підтримують BIM-технологію – ПК «ЛІРА САПР» та «Autodesk Revit».

Надати знання про основні етапи проектування будівель та споруд у середовищі програмних комплексів, які підтримують технологію імпорту/експорту даних між собою, а також методи автоматизованого розрахунку та конструювання елементів споруд. Підготувати студентів до професійної діяльності в області будівельного проектування в умовах сучасних інформаційних технологій.

### Завдання курсу:

- надати студентам необхідних знань із автоматизованого проектування конструкцій будівель і споруд;

- розвинути навички роботи із системами автоматизованого проектування (САПР): системою комп'ютерної графіки «Autodesk Revit», інтегрованими системами для розрахунку та проектування конструкцій будівель і споруд «ЛІРА-САПР», «МОНОМАХ-САПР», «САПФІР-3D» сучасними системами математичної обробки інформації;

- розвинути навички застосування сучасного програмного забезпечення для автоматизації розрахунку, дослідження і проектування будівельних конструкцій.

Згідно з вимогами освітньої програми здобувачі вищої освіти другого (магістерського) рівня мають засвоїти компетентності:

загальні компетентності (ЗК)

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК03. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

ЗК04. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Фахові (спеціальні) компетентності (СК)

ЗК05. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

СК07. Здатність зрозуміло і недвозначно доносити власні знання, висновки та аргументації до фахівців і нефахівців будівельної галузі.

СК08. Здатність інтегрувати знання з інших галузей для розв'язання складних задач у широких або мультидисциплінарних контекстах.

СК09. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в галузі будівництва та цивільної інженерії, вибирати належні напрями та відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси.

СК10. Здатність презентувати результати науково-дослідницької діяльності, готувати наукові публікації, брати участь у науковій дискусії на наукових конференціях, симпозіумах та здійснювати педагогічну діяльність у закладах освіти.

Результати навчання:

РН02. 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.

РН08. Відслідковувати найновіші досягнення в обраній спеціалізації, застосовувати їх для створення інновацій.

РН10. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її.

РН11. Дотримуватись норм академічної доброчесності, знати основні правові норми щодо захисту інтелектуальної власності, комерціалізації результатів науково-дослідної, винахідницької та проектної діяльності.

РН14. Планувати та виконувати наукові і прикладні дослідження в галузі будівництва та цивільної інженерії, обирати ефективні методики досліджень, аргументувати висновки, презентувати результати досліджень.

РН15. Уміти виявляти наукову сутність проблем у професійній сфері, знаходити шляхи щодо їх розв'язання.

### 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. « Основні відомості про САПР та моделювання»</b>														
Тема 1. Поняття про системи автоматизованого проектування.	1	8	2		2		4							
Тема 2. Загальні засади створення САПР у будівництві	1	12	2		4		6							
Тема 3. BIM-технології: поняття, історія розвитку, перспективи	1	12	2		4		6							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Тема 4. Методологія проектної роботи на основі інформаційної моделі будівництва	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>2</b>		<b>2</b>		<b>4</b>						
Тема 5. Базові програми САПР у будівництві	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>2</b>		<b>4</b>		<b>6</b>						
Тема 6. Принципи розрахунку, покладені в основу обчислювальних комплексів	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>2</b>		<b>2</b>		<b>4</b>						
Тема 7. Використання засобів візуального програмування при проектуванні будівельних об'єктів на прикладі «САПФІР- ГЕНЕРАТОР»	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>2</b>		<b>4</b>		<b>6</b>						
Тема 8. Технологія проектування панельних будівель засобами ПК «САПФІР-3D»	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>2</b>		<b>2</b>		<b>4</b>						
<b>Всього за змістовним модулем 1</b>	<b>8</b>	<b>80</b>	<b>16</b>		<b>24</b>		<b>40</b>						
<b>Змістовний модуль № 2. «Графічна САПР «Autodesk Revit. Основні відомості та прийоми роботи»»</b>													
Тема 9. Програмний комплекс «Autodesk Revit». Основні поняття. Основи моделювання.	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>2</b>		<b>4</b>		<b>6</b>						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Тема 10. «Autodesk Revit». Поняття про сімейства, види, їх використання. Засоби огляду та навігації по моделі.	1	12	2		4		6						
Тема 11. «Autodesk Revit». Ключові інструменти моделювання і редагування об'єктів моделі.	1	8	2		2		4						
Тема 12. «Autodesk Revit». Імпорт файлів AutoCAD, налаштування. Створення моделей за допомогою формуютьуючих. Робота із зонуванням частин моделей.	1	10	2		3		5						
Тема 13. «Autodesk Revit». Створення основи об'єкта вісі та рівні. Робота в єдиній моделі: координати, зв'язки, рівні.	1	10	2		3		5						
Тема 14. «Autodesk Revit». Оформлення видів, специфікацій, візуалізація.	1	20	4		6		10						
<b>Всього за змістовним модулем 2</b>	<b>7</b>	<b>70</b>	<b>14</b>		<b>21</b>		<b>35</b>						
<b>Всього за 2 семестр</b>	<b>7</b>	<b>150</b>	<b>30</b>		<b>45</b>		<b>75</b>						
<b>Усього годин</b>	<b>15</b>	<b>150</b>	<b>30</b>		<b>45</b>		<b>75</b>						

#### 4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Загальне знайомство із інтерфейсами програм ПК «САПФІР-3D» та «ЛІРА САПР». Вибір варіантів завдань проектів. Створення нового проекту, налаштування властивостей.	2
2	Коригування властивостей поверху, створення координатних осей, колон та стін будівлі засобами ПК «САПФІР-3D».	2
3	Побудова дверного прорізу, створення і редагування плити перекриття, копіювання поверхів будівлі у середовищі ПК «САПФІР-3D».	2
4	Моделювання процесу зведення конструкцій будівлі (Система «МОНТАЖ» ПК «ЛІРА САПР»). Створення завантажень і їх призначення.	4
5	Створення скінченно-елементної моделі будівлі в системі «САПФІР-КОНСТРУКЦІЇ». Створення файлу для ПК «ЛІРА САПР».	4
6	Задання параметрів матеріалів елементів схеми, редагування монтажної таблиці, повний розрахунок схеми. Перегляд і аналіз результатів статичного розрахунку.	2
7	Перегляд і аналіз результатів конструювання. Експорт результатів армування плит перекриттів у «САПФІР-3D». Імпорт результатів підбору арматури в «САПФІР-ЗБК».	2
8	Розміщення на схемі ділянок додаткового армування. Обрамлення отвору в плиті перекриття. Формування специфікацій і листа креслення.	4
9	Імпорт результатів армування. Уніфікація колон. Створення маркувального плану та розрізу вертикальних елементів. Створення листа креслення з маркувальним планом і розрізом.	4
10	Конструювання уніфікованої монолітної з/б колони. Уніфікація балок. Коригування автоматичного конструювання балки, створення листа креслення. Відображення арматури колони та балки в 3D.	4
11	Загальне знайомство із інтерфейсом програми «Autodesk Revit». Вибір варіантів завдань проектів. Створення рівнів та координатних осей. Розміщення колон проекту в середовищі «Autodesk Revit».	2

12	Додавання зовнішніх стін, фундаментів, внутрішніх стін, дверей та вікон будівлі в середовищі “Autodesk Revit”.	2
13	“Autodesk Revit”. Коригування розмірів дверних та віконних прорізів. Створення архітектурних та структурних поверхів. Вирізання отворів у плитах перекриття.	2
14	“Autodesk Revit”. Створення сходів та їх поручнів, їх моделювання.	2
15	“Autodesk Revit”. Створення покриття, коригування моделі будівлі під покриття, моделювання стелі. Завантаження компонентів. Додавання елементів інтер'єру.	2
16	“Autodesk Revit”. Створення рел'єфу та елементів зовнішнього середовища, що оточує будівлю. Додавання призначень кімнатам, матеріалів конструкціям. Створення просторів, розрізів та планів.	2
17	“Autodesk Revit”. Додавання та редагування деталей. Розташування та редагування видів на кресленнях, специфікацій матеріалів. Створення та редагування анотацій, вивід на друк.	3
	Всього	45

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

1. Для яких видів навантажень виконуються розрахунки?
2. Запишіть основне рівняння методу скінченних елементів у матричній формі.
3. Назвіть методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь.
4. Як відбувається розрахунок сил, моментів та напружень в елементах схеми?
5. Які правила використовуються при побудові епюр для стрижневих елементів?
6. Охарактеризуйте структуру ПК ЛПА-САПР.
7. Як можуть бути задані статичні та динамічні навантаження?
8. Назвіть основні джерела похибок при виконанні моделювання методом скінченних елементів.
9. Назвіть основні принципи побудови скінченно-елементних моделей.
10. Охарактеризуйте ознаки схеми в ПК ЛПА-САПР.
11. Яким чином в розрахунковій схемі враховується пряма та коса симетрія?
12. Що розуміють під словом «шарнір»?
13. Опишіть порядок створення розрахункової схеми.
14. Чи можна прогнозувати час розв'язку задачі за допомогою ПК ЛПА-САПР?



15. У яких випадках використовуються абсолютно жорсткі вставки?
16. У яких випадках здійснюють моделювання податливості вузлів спряження елементів?
17. Якими способами досягається коректне моделювання сполучення стрижневих та плоских елементів схеми?
18. У яких випадках доцільне використання суперелементів? Наведіть приклади.
19. На чому ґрунтується алгоритм розв'язку задачі із застосуванням суперелементів?
20. Що таке супервузли та базисні вузли суперелемента?
21. В яких випадках доцільно використовувати об'єднання переміщень вузлів розрахункової схеми?
22. Що таке завантаження?
23. Що є критерієм для визначення небезпечного РСЗ для стержнів?
24. Як здійснюється визначення РСЗ для плоского напруженого стану?
25. Як визначаються нормальні й дотичні напруження на верхній і
26. На які зусилля виконує підбір арматури модуль армування СТРИЖЕНЬ?
27. За якими групами граничних станів виконується розрахунок?
28. Яке армування (симетричне, несиметричне) застосовують для балок і колон? Чому?
29. Які два алгоритми підбору арматури реалізовані у модулі СТРИЖЕНЬ?
30. Чому основний алгоритм при підборі арматури надає перевагу кутовим стрижням?
31. Які додаткові дані необхідно задавати для розрахунку армування?
32. Які величини видаються програмним комплексом у результаті підбору арматури?
33. На які зусилля та напруження виконується підбір арматури для пластинчастих елементів?
34. Чим відрізняється розрахунок для модуля армування ПЛИТА і БАЛКАСТІНКА?
35. Як виконується підбір поперечної арматури для плит і оболонки?
36. Як здійснюється перевірка армування в АРМ-САПР у локальному режимі?
37. Для чого призначена уніфікація елементів?
38. Які типи конструктивних елементів задаються в ПК ЛІРА-САПР? Для чого вони призначені?
39. Чи можлива уніфікація конструктивних елементів в ПК ЛІРА-САПР?
40. Що є результатами розрахунку металевих перерізів у стрижньових елементах?
41. Які розрахункові процедури визначені для елементів ферм, колон, ригелів, канатів?
42. Які додаткові дані необхідно задавати для розрахунку елементів ферм, колон, ригелів, канатів?

43. За якими формулами здійснюються перевірки несучої здатності елементів металевих конструкцій?
44. Як здійснюється підбір перерізів прокатних елементів?
45. Як здійснюється підбір складених перерізів?
46. Для яких типів вузлів можливе автоматичне конструювання?
47. Якими коефіцієнтами характеризуються механічні властивості моделі Пастернака та Вінклера?
48. Чим модифікована модель основи Вінклера відрізняється від класичної?
49. Який скінчений елемент використовується в ПК ЛІРА-САПР для реалізації моделі Вінклера у випадку лінійної задачі? У випадку нелінійної задачі?
50. Яким чином при моделюванні враховується робота основи за межами фундаменту?
51. Опишіть порядок розрахунку плити на пружній основі зі зв'язками скінченної жорсткості.
52. Охарактеризуйте основні типи динамічних навантажень.
53. Яким чином задається сейсмічне навантаження на розрахункову схему?
54. Яким чином задається вітрове навантаження з врахуванням пульсації?
55. Які форми імпульсів використовуються при моделюванні?
56. Яким чином виконується розрахунок ударної дії?
57. Назвіть параметри, які необхідно задати для розрахунку гармонічного навантаження.

## **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 «Системи автоматизованого проектування (САПР) в будівництві».

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 здобувачі вищої освіти.** Оцінювання студента відбувається згідно положення «Про екзамени та заліки у НУБіП України» від 27.12.2020р. протокол №5 з табл. 1.

## ПОЛІТИКА ОЦІНЮВАННЯ

<b>Політика щодо дедлайнів та перескладання:</b>	Студент повинен здавати усі роботи в заплановані терміни до закінчення вивчення поточного модуля. Роботи, що здаються з порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання модульної контрольної роботи відбувається за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний) і дозволяється в термін до закінчення наступного модуля.
<b>Політика щодо академічної доброчесності:</b>	Списування, використання мобільних девайсів, додаткової літератури під час модульних контрольних робіт, заліків та екзаменів заборонено. Письмові роботи, реферати повинні мати конкретні текстові посилання на використану літературу та відповідати завданню на виконання.
<b>Політика щодо відвідування:</b>	Відвідування лекційних та лабораторних занять є обов'язковим для всіх студентів. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись згідно з індивідуальним навчальним планом, затвердженим у визначеному порядку. Пропущені лекції, після їх опрацювання здобувачем вищої освіти, відпрацьовується у вигляді співбесіди з викладачем або в он-лайн формі. Пропущені лабораторні заняття відпрацьовуються студентами в лабораторії кафедри.

## ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ СТУДЕНТІВ

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка національна за результати складання екзаменів заліків	
	екзаменів	заліків
90-100	відмінно	зараховано
74-89	добре	
60-73	задовільно	
0-59	незадовільно	не зараховано

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

- 1 ДБН В 1.2-2:2006 Навантаження і впливи.
- 2 ДБН В.1.2-14:2018 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд.
- 3 ДБН В.2.6-98-2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Норми проектування
- 4 ДСТУ В.2.6-156:2011 Бетонні та залізобетонні конструкції. Правила проектування.
- 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 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.
- 7 Ланцов А.Л. Компьютерное проектирование зданий: REVIT 2015. – М.: Consistent SoftWare Distribution; РИОР, 2014. – 664 с.: ил.
- 8 вандезанд Дж., Рид Ф., Кригел Э. Autodesk Revit Architecture 2013–2014. Официальный учебный курс/Перевод с англ. В. В. Талапов. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 328 с.: ил

### 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. Сопротивление 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.nbu.gov.ua>
7. <https://knowledge.autodesk.com/ru>
8. <https://stepik.org/course/738/promo>
9. [https://www.youtube.com/watch?v=a8PK569V8E8&list=PLIV84uuUwBVBKKV3MНp2Mtv\\_1E1A3AKTf](https://www.youtube.com/watch?v=a8PK569V8E8&list=PLIV84uuUwBVBKKV3MНp2Mtv_1E1A3AKTf)