

**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

«Сейсмологія»

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

Розробник: професор, докт. техн. наук Микола МАР'ЄНКОВ

Київ – 2023 р.

1. Опис навчальної дисципліни

Землетрус в лютому 2023 р. в Туреччині призвів до загибелі більше 40 тисяч мешканців у різних провінціях цієї країни та в Сирії. Аналіз характеру руйнувань будівель підтвердив актуальність врахування на стадії проектування будівель і споруд вимог Державних будівельних норм (ДБН) щодо зниження жорсткості та несучої здатності конструкцій при знакозмінних динамічних навантаженнях.

Вірогідні причини руйнування будівель – при проектуванні прийнята інтенсивність сейсмічних впливів, яка менше фактичних при землетрусі, а також не було враховано зниження жорсткості та несучої здатності конструкцій першого поверху при знакозмінних динамічних навантаженнях.

Більш 20% території України є сейсмічно небезпечними районами з інтенсивністю землетрусів від 6 до 9 балів за сейсмічною шкалою. Тому на базі знань та вмінь, здобутих студентами при вивченні дисципліни «Сейсмологія», майбутні фахівці будуть розробляти проекти сейсмостійких будівель та споруд, які повинні забезпечити збереження життя людини під час проектних та максимальних розрахункових землетрусів. Важливим є також визначення розрахункової сейсмічності будівельного майданчика та сейсмічних навантажень на будівлі з різними конструктивними схемами згідно до карт загального сейсмічного районування (ЗСР) території України.

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	192 «Будівництво та цивільна інженерія»	
Освітня програма	освітньо-професійна	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	вибіркова	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістовних 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	2	2
Лекційні заняття	26 год.	4год.
Практичні, семінарські заняття	-	-
Лабораторні заняття	26 год.	4год.
Самостійна робота	68 год.	112год.
Індивідуальні завдання	-	-
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	4 год.	-

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою дисципліни «Сейсмологія» є забезпечення майбутнього спеціаліста знаннями щодо сейсмічної безпеки землетрусів на території України, визначення розрахункової інтенсивності будівельного майданчика (від 6 до 9 балів шкали сейсмічної інтенсивності згідно до ДСТУ Б В.1.1-28:2010) та сейсмічних навантажень на несучі та огорожувальні конструкції будівель та споруд.

Завданням дисципліни є також забезпечення знаннями для оцінки сейсмостійкості існуючих будівель та проектування нових конструкцій будівель і споруд різної поверховості.

Основні задачі дисципліни: вивчення вимог нормативних документів щодо проектування сейсмостійких будівель і споруд з різними конструктивними схемами та оцінка сейсмостійкості конструкцій існуючих будівель та споруд.

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, сейсмостійкості, моделювання, посилення будівельних конструкцій; подальшої безпечної експлуатації, реконструкції, зведення та монтажу будівель та інженерних споруд; застосування систем автоматизованого проектування та моніторингу у галузі будівництва.

- загальні компетентності (ЗК):

ЗК1 – Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2 – Знання та розуміння предметної області та професійної діяльності.

ЗК5 – Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК6 – Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

- фахові (спеціальні) компетентності (ФК):

СК1 – Здатність використовувати концептуальні наукові та практичні знання з математики, хімії та фізики для розв'язання складних практичних проблем в галузі будівництва та цивільної інженерії.

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.

СК4 – Здатність обирати і використовувати відповідні обладнання, матеріали, інструменти та методи для проектування та реалізації технологічних процесів будівельного виробництва.

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

СК8 – Усвідомлення принципів проектування сельбищних територій.

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.

СК12 – Здатність здійснювати та організовувати технічну експлуатацію, обстеження, реконструкцію будівель та інженерних споруд, забезпечувати довговічність роботи, надійну та подальшу безпечну експлуатацію об'єктів та інженерних мереж агропромислової та інших галузей господарства.

Програмні результати навчання (ПРН) ОП:

ПРН01 – Застосовувати основні теорії, методи та принципи математичних, природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук, сучасні моделі, методи та програмні засоби підтримки прийняття рішень для розв'язання складних задач будівництва та цивільної інженерії.

ПРН02 – Брати участь у дослідженнях та розробках у сфері архітектури та будівництва.

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, і сучасних вимог нормативної документації, часових та інших обмежень, у сфері архітектури та будівництва, охорони довкілля та безпеки праці.

ПРН11 – Оцінювати відповідність проектів принципам проектування сейсмостійких будівель і споруд з метою збереження життя людини та обладнання під час землетрусів.

ПРН14 – Забезпечувати безпечну та надійну експлуатацію будівельних конструкцій будівель, споруд та інженерних мереж та за необхідності здійснювати їхнє посилення (повну або часткову заміну) із використанням економічно-обґрунтованих та доцільних методів реконструкції.

ПРН15 – Демонструвати вміння працювати з приладами технічної діагностики та неруйнівного контролю, вимірювальними і геодезичними щодо визначення можливості подальшої експлуатації будівельних конструкцій та/або реконструкції об'єктів у галузі будівництва.

ПРН16 – Виконувати обґрунтування щодо економічної доцільності варіантного проектування, зведення, реконструкції та експлуатації будівель і споруд, використовувати методи інвестиційної оцінки об'єктів будівництва.

3. Програма та структура навчальної дисципліни:

- повного терміну денної (заочної) форми навчання;
- скороченого терміну денної (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	
Змістовний модуль №1. «Основні принципи визначення сейсмічності будівельного майданчику та проектування сейсмостійких будівель і споруд»														
Тема 1. Шкала сейсмічної інтенсивності України за ДСТУ Б В.1.1-28:2010. Визначення інтенсивності землетрусу за результатами оцінки наслідків (пошкодження конструкцій будівель та вплив на людину та ґрунт)	2	16	4	-	4	-	8	16						16
Тема 2. Застосування карт загального сейсмічного районування (ЗСР-2004) та результатів сейсмічного мікрорайонування (СМР) при визначенні розрахункової сейсмічної інтенсивності будівельного майданчику	1	11	2	-	2	-	7	18	2					16

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
Тема 3. Основні принципи проектування сейсмостійких будівель і споруд	2	18	4	-	4	-	10	16					16
Всього за змістовним модулем 1	5	45	10	-	10	-	25	50	2				48
Змістовний модуль № 2 «Методи розрахунку конструкцій на сейсмічні дії (спектральний та прямий динамічний метод із застосуванням акселерограм)»													
Тема 4. Визначення сейсмічних навантажень на будівлі і споруди за спектральним методом.	1	12	2	-	2	-	8	20	2		2		16
Тема 5. Прямий динамічний метод розрахунку будівель із застосуванням акселерограм.	2	18	4	-	4	-	10	16					16
Тема 6. Особливості проектування будівель із залізобетонним каркасом і діафрагмами або ядрами жорсткості	3	24	6	-	6	-	12	16					16
Тема 7. Особливості проектування будівель з несучими стінами із монолітного залізобетону та великопанельних будинків	2	21	4	--	4	-	13	18			2		16
Всього за змістовним модулем 2	8	75	16	-	16	-	43	70	2		4		64
Всього по дисципліні	13	120	26	-	26	-	68	120	4		4		112

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення розрахункової сейсмічної інтенсивності будівельного майданчику	2
2	Складання динамічної розрахункової схеми каркасної будівлі	4
3	Розрахунок динамічних характеристик 5 поверхової будівлі	4
4	Визначення сейсмічних навантажень згідно ДБН В.1.1-12:2014	4
5	Розрахунок несучої здатності монолітної залізобетонної діафрагми при дії вертикальних статичних та горизонтальних сейсмічних навантажень	6
6	Розрахунок залізобетонної плити перекриття прогоном 12 м на вертикальні сейсмічні навантаження	2
7	Розрахунок перекосів поверхів будівлі та порівняння з допустимими значеннями	4
	Всього	26

5. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Сейсмічна небезпека будівель і споруд в регіонах України	12
2	Методи визначення динамічних характеристик будівель і споруд	12
3	Визначення розрахункової сейсмічності будівельного майданчика з урахуванням категорії ґрунту за сейсмічними властивостями	12
4	Просторові та плоскі розрахункові динамічні схеми будівель	10
5	Параметри акселерограм, які рекомендовані ДБН В.1.1-12:2014 при виконанні прямих динамічних розрахунків будівель і споруд	10
6	Вимоги Зміни №1 ДБН В.1.1-12:2014 щодо проектування в сільській місцевості малоповерхових будинків з несучими стінами із газобетонних блоків автоклавного тверднення	12
	Всього	68

6. Контрольні запитання для визначення рівня засвоєння знань студентами: Контрольні питання до екзамену:

1. Як визначається сейсмічна інтенсивність будівельного майданчику (у балах шкали сейсмічної інтенсивності за ДСТУ Б В.1.1-28:2010) з урахуванням списку населених пунктів України, розташованих у сейсмічно небезпечних районах (додаток А до ДБН В.1.1-12:2014)?
2. Як визначається сейсмічна інтенсивність будівельного майданчику за допомогою карт загального сейсмічного районування (ЗСР-2004) території України (додаток Б до ДБН В.1.1-12:2014)?
3. Як визначається сейсмічна інтенсивність будівельного майданчику за результатами сейсмічного мікрорайонування (СМР)?
4. Як визначається сейсмічна інтенсивність будівельного майданчику за матеріалами загальних інженерно-геологічних вишукувань (із застосуванням таблиці 5.1 ДБН В.1.1-12:2014)?
5. Назвіть основні принципи проектування сейсмостійких будівель і споруд:
 - з конструктивними рішеннями, які передбачають регулярність розподілення у плані та по висоті будівлі мас і жорсткостей;

- на майданчиках зі складними ґрунтовими умовами (просідаючі ґрунти, з зсувами, карстом);
- з конструктивними заходами, які виключають можливість крихкого руйнування конструкцій і з'єднань між ними;
- з застосуванням конструктивних схем, матеріалів, сейсмоізоляції та інших систем динамічного регулювання, що забезпечують зниження сейсмічних навантажень.

6. Приведіть розрахункові динамічні схеми та основні формули для визначення сейсмічних навантажень на будівлі і споруди за спектральним методом:

- розрахункові схеми будівель та формули для визначення сейсмічних навантажень S_{ki} ;
- визначення коефіцієнтів k_1, k_2 (за таблицями 6.3 та 6.4 ДБН В.1.1-12:2014); k_3 в залежності від поверховості будівлі; коефіцієнта динамічності β в залежності від періоду власних коливань та категорії ґрунту за сейсмічними властивостями; експериментальні залежності для визначення періодів власних коливань будівель;
- визначення допустимих значень перекосів поверхів будівель з різними конструктивними схемами в залежності від експлуатаційного рівня (СЗ, ПЗ, МРЗ – слабкий, проектний та максимальний розрахунковий землетрус);
- визначення сейсмічного навантаження (сейсмічного моменту) на будівлі завширшки понад 30 м та з несиметричним планом.

7. Приведіть основні положення прямого динамічного методу розрахунку будівель із застосуванням акселерограм:

- параметри рекомендованих у таблиці 6.10 ДБН В.1.1-12:2014 інструментальних записів землетрусів та синтезованих акселерограм (переважаючі періоди, амплітуди прискорень, крок дискретизації, масштабні коефіцієнти);
- визначення коефіцієнтів жорсткості та демпфування основи та значень логарифмічних декрементів коливань залізобетонних та сталевих конструкцій будівель, рекомендованих у пункті 6.4.13 ДБН В.1.1-12:2014, при розрахунках динамічних моделей конструкцій із застосуванням акселерограм.

8. Назвіть основні вимоги до проектування будівель із залізобетонним каркасом і діафрагмами або ядрами жорсткості:

- обмеження поверховості будівель в залежності від конструктивного рішення та сейсмічності будівельного майданчика (6, 7, 8 та 9 балів);
- вимоги до влаштування фундаментів та підземних поверхів;
- вимоги до довжини секцій та мінімальної товщини монолітного перекриття;
- визначення ширини антисейсмічного шва на кожному рівні будівлі;
- конструктивні рішення щодо влаштування збірних залізобетонних перекриттів та покриттів;
- вимоги до армування вертикальних та горизонтальних несучих конструкцій.

9. Які вимоги ДБН В.1.1-12:2014 з проектування сейсмостійких будівель з несучими стінами із монолітного залізобетону та великопанельних будівель?

10. Назвіть вимоги ДБН В.1.1-12:2014 з проектування будівель зі стінами з цегли або кам'яної кладки:

- конструктивні рішення будівель зі стінами з цегли або кам'яної кладки;
- мінімальна висота антисейсмічного поясу та вимоги до його армування (діаметр та кількість стрижнів);
- вимоги до міцності цегли та розчину в залежності від інтенсивності сейсмічних впливів;
- граничні значення розмірів елементів будівель при розрахунковій сейсмічності майданчика будівництва від 6 до 9 балів (таблиця 7.2 ДБН В.1.1-12:2014);
- вимоги до проектування сполучень стін, виходів зі сходових клітин; будинків зі стінами комплексної конструкції; каркасно-кам'яних будівель.

11. Особливості проектування сейсмостійких сталевих конструкцій:

- матеріали сталевих несучих каркасів;

- проектування зон пластичності у ригелях;
- вимоги до вертикальних в'язей по колонах каркасів будівель;
- вимоги до проектування наземних резервуарів та фундаментів сталевих веж.

7. Методи навчання.

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

8. Форми контролю.

Система поточного, модульного та підсумкового контролю з навчальної дисципліни «Сейсмологія».

Поточний контроль знань здійснюється за модульно - рейтинговою системою та передбачає усне експрес-опитування під час аудиторних занять, проведення 2 письмових модулів контрольної роботи та виконання лабораторних робіт. 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 з табл. 1 «Положення про екзамен та заліки у НУБіП України».

ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ СТУДЕНТІВ

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка національна за результати складання екзаменів та 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): $R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{АТ}}$.

10. Навчально-методичне забезпечення

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

№ пор	Назва	Кількість
1.	Слайди (електронна форма) до лекційного курсу	1 прим.
2.	Завдання до лабораторних робіт	Електронна версія

11. Рекомендовані джерела інформації

Основні

1. ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України». – К.:Мінрегіон України, 2014. – 110 с.
2. ДСТУ Б В.1.1-28:2010. Шкала сейсмічної інтенсивності.
3. ДБН В.1.2.-5:2007. СЗНББО. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. – К: Мінрегіонбуд України, 2007.
4. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи / Мінрегіон України. – Київ: 2006 р. – 60 с.
5. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – Київ. Мінрегіонбуд України. – 2009.
6. ДБН В.2.1-10-2018. Основи та фундаменти споруд. – Київ.: Мінрегіонбуд України, – 2018.
7. ДБН В.1.1-45-2017. Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення. -Київ.- 2017.
8. ДСТУ-Н Б В.1.1-44:2016. Настанова щодо проектування будівель і споруд на просідаючих ґрунтах. – Київ.-2016.
9. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування. – Київ: Мінрегіонбуд України. – 2009 р. – 97с.
10. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. К., Мінрегіонбуд України. 2010.
11. ДСТУ Б В.2.7-61:2008. Цегла та камені керамічні рядові та лицьові. – Київ: Мінбуд України, 2009. – 27 с.

Допоміжні

1. ДБН В.1.1-12:2023 «Будівництво у сейсмічних районах України». – К.: Мінінфраструктури України, 2023. – 85 с. (на розгляді).