

Міністерство освіти і науки України  
Львівський національний університет природокористування  
Факультет будівництва та архітектури  
Кафедра будівельних конструкцій

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Проректор  
з навчально-виховної роботи ЛНУП

---

Професор Віталій БОЯРЧУК

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
БУДІВЕЛЬНА МЕХАНІКА**

**Освітня програма “Будівництво та цивільна інженерія”  
Спеціальність - 192 “Будівництво та цивільна інженерія”  
перший (бакалаврський) рівень вищої освіти**

Робоча програма з дисципліни «Будівельна механіка» для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», освітня програма «Будівництво та цивільна інженерія».

Розробник: доцент каф. будівельних конструкцій, к.т.н., доцент  
Боднар Юрій Іванович \_\_\_\_\_

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри будівельних конструкцій

Протокол від 29 серпня 2024р. № 2

Завідувач кафедри будівельних конструкцій

\_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Олександр ГНАТЮК.  
(підпис)

Робочу програму схвалено на засіданні методичної комісії факультету будівництва та архітектури

Протокол від 29 серпня 2024р. № 2

Голова методичної комісії факультету будівництва та архітектури

\_\_\_\_\_ в.о.професора Андрій МАЗУРАК  
(підпис)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Освітній ступінь: бакалавр

Галузь знань: 19 “Архітектура та будівництво”

Спеціальність: 192 “Будівництво та цивільна інженерія”

Освітня програма: “Будівництво та цивільна інженерія”

Характеристика навчальної дисципліни: обов’язкова

Мова навчання: українська

Перелік дисциплін, які мають бути вивчені раніше: вища математика, теоретична механіка, опір матеріалів

Кількість кредитів – 10

Загальна кількість годин – 300

Вид контролю: іспит, іспит, залік

Тижневих аудиторних годин для денної форми навчання – 4; 3; 3

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до загальної кількості годин становить (%):

для денної форми навчання – 49

для заочної форми навчання – 17

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни, програмні результати навчання

**Метою** вивчення навчальної дисципліни «Будівельна механіка» є оволодіння методами розрахунку та аналізу конструктивних систем будівель і споруд, що дозволить опанувати спеціальні конструкційні курси, проектувати раціональні несучі системи, грамотно їх зводити та експлуатувати. У результаті вивчення дисципліни студенти будуть: знати основні гіпотези будівельної механіки, положення кінематичного аналізу та утворення розрахункових схем, основні методи розрахунку статично визначених стержневих систем при статичних навантаженнях, методи визначення переміщень, основні методи розрахунку статично невизначених стержневих систем при статичних навантаженнях, основи динамічних розрахунків, основи розрахунку стержневих систем на стійкість; уміти утворювати розрахункові схеми реальних конструктивних систем, проводити їх кінематичний аналіз, знаходити зусилля та переміщення в статично визначених та статично невизначених стержневих системах, проводити динамічні розрахунки та розрахунки на стійкість, аналізувати отримані результати розрахунків

**Завданням** навчальної дисципліни є набуття студентами наступних компетентностей:

- *інтегральної*

Здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі будівництва та цивільної інженерії, зокрема для об’єктів агропромислового комплексу.

- *загальних*

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК02. Знання та розуміння предметної області та професійної діяльності.

- *спеціальних*

СК01. Здатність використовувати концептуальні наукові та практичні знання з математики, хімії та фізики для розв’язання складних практичних проблем в галузі будівництва та цивільної інженерії.

СК03. 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.

СК05. Здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних задач будівництва та цивільної інженерії.

### Програмні результати навчання

ПРН01. Застосовувати основні теорії, методи та принципи математичних, природничих, соціальних та гуманітарних наук, сучасні моделі, методи та програмні засоби 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.

ПРН09. Проектувати будівельні конструкції, будівлі, споруди, інженерні мережі 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.

ПРН12. Мати поглиблені когнітивні та практичні уміння/навички, майстерність та інноваційність на рівні, необхідному для розв'язання складних спеціалізованих задач в галузі.

## 3. Програма навчальної дисципліни

### Розділ 1. Статично визначені стержневі системи.

#### Тема 1.1. Вступ до будівельної механіки

- Будівельна механіка, її місце в системі наук про міцність та значення для підготовки інженерів-будівельників
- Задачі будівельної механіки. Розрахунок будівельних споруд на міцність, жорсткість та стійкість. Короткі відомості з історії розвитку будівельної механіки.
- Основні положення попередніх механічних дисциплін. Внутрішні зусилля. Побудова епюр внутрішніх зусиль у простих балках та рамах.

#### Тема 1.2. Розрахункова схема, її утворення. Гіпотези будівельної механіки

- Моделі матеріалів (лінійно пружні, ідеально пружнопластичні, пружнопластичні із зміцненням, повзучі); моделі конструктивних елементів (стержні, пластинки, оболонки), основні гіпотези теорії стержнів; моделі опорних закріплень та з'єднань між елементами, їх кінематичні властивості та зусилля в них; моделі навантажень, види навантажень на будівельні конструкції, їх збір (за ДБН), еквівалентні навантаження.
- Допущення, що приймаються в будівельній механіці

#### Тема 1.3. Основні положення кінематичного аналізу плоских стержневих систем.

- Поняття про геометрично змінні та геометрично незмінні системи.
- Основні поняття кінематичного аналізу: ступінь вільності, жорсткий диск, кінематична в'язь.
- Різноманітні опорні закріплення, з'єднання між елементами та в'язі які вони накладають на систему.
- Формула Чебишева для визначення ступеня вільності плоскої стержневої системи.
- Необхідна і достатня умови геометричної незмінності систем.
- Основні способи утворення геометрично незмінних систем.
- Поняття про статично визначені та статично невизначені системи.
- Миттєво змінні системи

#### Тема 1.4. Лінії впливу та їх застосування для розрахунку на рухоме навантаження.

- Поняття про лінії впливу, та їх суттєву відмінність від епюр.
- Побудова ліній впливу статичним методом.
- Лінії впливу опорних реакцій та внутрішніх зусиль для однопролітних балок з консолями.

- Визначення зусиль за допомогою ліній впливу.

Тема 1.5. Багатопролітні статично визначені балки.

- Поняття про багатопролітні статично визначені балки їх утворення, переваги перед нерозрізними балками.
- Розміщення проміжних шарнірів.
- Поняття про поперхові схеми (схеми взаємодії елементів) для багатопролітних статично визначених балок.
- Особливості визначення зусиль від нерухомих навантажень в багатопролітних балках з використанням схем взаємодії (поперхових схем)
- Особливості побудови ліній впливу для багатопролітних балок.

Тема 1.6. Визначення зусиль в криволінійних стержнях та тришарнірних арках. Особливості роботи та розрахунку тришарнірних систем. Вибір раціонального обрису осі арки.

Тема 1.7. Плоскі ферми, особливості їх роботи та розрахунку на постійне навантаження.

- Поняття про ферму, умови її ефективного застосування та особливості роботи при вузловому навантаженні.
- Розрахункові схеми ферм.
- Класифікація ферм за призначенням, обрисом поясів, схемою ґратки та опиранням.
- Визначення зусиль в стержнях ферми при нерухомому навантаженні способом вирізання вузлів та способами моментних точок чи проєкцій;
- Нульові стержні.
- Розподіл зусиль в стержнях балочної ферми.
- Утворення шпренгельних ферм і особливості визначення зусиль в їх стержнях

Тема 1.8. Визначення переміщень.

- Формула Максвела-Мора та основні положення на основі яких вона отримана.
- Спрощення формули Мора для конкретних видів несучих систем: рамно-балочні системи, ферми, арки.
- Підрахунок інтегралів Мора з використанням формули Сімпсона.
- Підрахунок інтегралів Мора згідно правила Верещагіна. Умови при яких можна користуватись правилом Верещагіна.
- Переміщення від зміни температури та осадки опор.

#### Розділ 2. Статично невизначені стержневі системи.

Тема 2.1. Статично невизначені стержневі системи та їх розрахунок методом сил.

2.1.1. Статично невизначені системи, особливості їх роботи.

2.1.2. Основні положення розрахунку статично невизначених стержневих систем методом сил

- Ступінь статичної невизначеності плоских систем.
- Основна система .
- Умови еквівалентності основної та заданої систем. Канонічні рівняння.
- Визначення коефіцієнтів та вільних членів канонічних рівнянь.
- Порядок розрахунку стержневих систем методом сил.

Тема 2.2. Метод переміщень

2.2.1. Метод переміщень та його застосування до розрахунку статично невизначених рам.

- Загальні положення
- Ступінь кінематичної невизначеності
- Основна система методу переміщень
- Умова еквівалентності основної та заданої систем. Канонічні рівняння методу переміщень
- Визначення коефіцієнтів і вільних членів канонічних рівнянь
- Побудова епюр  $M, Q, N$  в заданій системі
- Порядок розрахунку стержневих систем методом переміщень

2.2.2. Основи методу скінченних елементів. Програмний комплекс ЛІРА.

Тема 2.3. Нерозрізні балки та їх розрахунок із застосуванням рівняння трьох моментів.

2.3.1. Загальні положення

2.3.2. Рівняння трьох моментів

- Рівняння трьох моментів, як реалізація методу сил для нерозрізних балок

- Рівняння трьох моментів при завантаженні силами нерозрізної балки ступінчасто змінного перерізу
- Рівняння трьох моментів для завантаженої силами нерозрізної балки з постійною жорсткістю
- Застосування рівняння трьох моментів до розрахунку нерозрізних балок

Тема 2.4. Метод моментних фокусів та його застосування до розрахунку нерозрізних балок.

- Загальні положення методу
- Визначення фокусних відношень
- Визначення опорних моментів завантаженого прольоту
- Застосування методу моментних фокусів

Тема 2.5. Огинаючі епюри та їх застосування до розрахунку нерозрізних балок.

- Поняття про огинаючі епюри згинальних моментів
- Приклад побудови огинаючої епюри згинальних моментів та розрахунку на тимчасове навантаження з використанням методу моментних фокусів

### Розділ 3. Основи динаміки та стійкості споруд.

Тема 3.1. Основні поняття динаміки споруд.

- Динамічні навантаження та їх особливості.
- Задачі динаміки споруд.
- Поняття про ступінь свободи системи та способи дискретизації континуальних систем.
- Методи побудови рівнянь руху.

Тема 3.2. Коливання систем з одним ступенем свободи.

- Вільні коливання.
- Вимушені коливання. Резонанс.

Тема 3.3. Коливання систем з декількома ступенями свободи.

- Вільні коливання. Спектр частот і форм власних коливань.
- Вимушені коливання. Дія на систему гармонійного навантаження.

Тема 3.4. Деякі наближені методи в динаміці споруд.

Тема 3.5. Основні поняття стійкості споруд. Стійкість пружних стержнів.

- Стійка та нестійка рівновага, втрата стійкості, критичне навантаження. Методи дослідження стійкості пружних систем.

Тема 3.6. Основи розрахунку рам на стійкість методом переміщень.

- Основні припущення. Система канонічних рівнянь, рівняння стійкості. Дослідження форм втрати стійкості.

## 4. Структура навчальної дисципліни

Номери тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у 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
Рік підготовки 2024-25. Семестр 5						Рік підготовки 2024-25. Семестр 5						
<b>Розділ 1. Статично визначені стержневі системи</b>												
Тема 1.1	12	2	2			8	12	1	1			10
Тема 1.2	12	4	4			4	12	1	1			10
Тема 1.3	10	4	4			2	10	1	1			8
Тема 1.4	12	4	4			4	12	1.5	1.5			9
Тема 1.5	12	4	4			4	12	1.5	1.5			9
Тема 1.6	10	2	2			6	10	1	1			8
Тема 1.7	12	4	4			4	12	1.5	1.5			9
Тема 1.8	10	4	4			2	10	1.5	1.5			7
Іспит	30					30	30					30
Разом за семестр	120	28	28			64	120	10	10			100
Рік підготовки 2024-25. Семестр 6						Рік підготовки 2024-25. Семестр 6						
<b>Розділ 2. Статично невизначені стержневі системи</b>												
Тема 2.1	14	4	8			2	20	2	2			16
Тема 2.2	16	4	8			4	32	1	2			19
Тема 2.3	12	4	6			2	18	1	2			15
Тема 2.4	10	2	6			2	16	1	1			14
Тема 2.5	8	2	4			2	14	1	1			12
Іспит	30					30						
Разом за семестр	90	16	32			42	90	6	8			76
Рік підготовки 2024-25. Семестр 7						Рік підготовки 2024-25. Семестр 7						
<b>Розділ 3. Основи динаміки та стійкості споруд</b>												
Тема 3.1	11	2	2			7	11	1	1			9
Тема 3.2	19	2	7			10	19	2	2			15
Тема 3.3	19	4	7			8	19	2	2			15
Тема 3.4	15	2	4			9	15	1	1			13
Тема 3.5	12	2	4			6	12	1	1			10
Тема 3.6	14	2	4			8	14	1	1			12
Разом за семестр	90	14	28			48	90	8	8			74
<b>Усього годин</b>	<b>300</b>	<b>58</b>	<b>88</b>			<b>154</b>	<b>300</b>	<b>24</b>	<b>26</b>			<b>250</b>

### 5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми
1	Побудова епюр внутрішніх зусиль у простих рамах та балках.
2	Кінематичний аналіз стержневих систем
3	Визначення зусиль у статично визначеній багатопролітній балці
4	Побудова ліній впливу у статично визначеній багатопролітній балці
5	Побудова епюр в тришарнірній арці і арці з затяжкою
6	Дослідження внутрішніх зусиль в елементах простої ферми
7	Дослідження внутрішніх зусиль в елементах шпренгельної ферми
8	Визначення переміщень з використанням способу Верещагіна.
9	Визначення переміщень з використанням способу Сімсона.
10	Розрахунок статично невизначеної рами методом переміщень
11	Визначення зусиль у стержневих системах з використанням ПК ЛІРА-САПР
12	Розрахунок статично невизначеної рами методом сил
13	Застосування рівняння трьох моментів до розрахунку нерозрізних балок
14	Застосування методу моментних фокусів до розрахунку нерозрізних балок
15	Побудова огинаючих епюр в нерозрізних балках
16	Визначення частоти вільних коливань систем з одним ступенем свободи.
17	Визначення зусиль при динамічному навантаженні системи з одним ступенем свободи.
18	Визначення власних частот системи з двома ступенями свободи
19	Визначення зусиль при динамічних навантаженнях системи з двома ступенями свободи
20	Динамічні розрахунки наближеними методами
21	Розрахунок на стійкість стержнів
22	Розрахунок плоскої рами на стійкість

### 6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми
1	Розрахунок статично визначеної рами
2	Розрахунок статично визначеної багатопролітної балки
3	Розрахунок тришарнірної арки
4	Розрахунок ферм
5	Визначення переміщень
6	Розрахунок статично невизначеної рами методом сил
7	Розрахунок статично невизначеної рами методом переміщень
8	Розрахунок нерозрізної балки
9	Динамічний розрахунок плоскої рами
10	Розрахунок плоскої рами на стійкість



## 7. Методи навчання

1. **Словесні методи:** лекція, пояснення.
2. **Наочні методи:** ілюстрація ( таблиці, рисунки, графіки, слайди, комп'ютерна анімація).
3. **Практичні методи:** вправи, практичні роботи.

## 8. Методи контролю:

1. **Усне опитування:** фронтальне, індивідуальне, детальний аналіз відповідей
2. **Письмова аудиторна та позааудиторна перевірка:** розв'язування задач, контрольні роботи, тести, індивідуальні розрахункові роботи.
3. **Стандартизований контроль:** екзамени

*Види контролю:* Поточний, проміжний та семестровий контроль

## 9. Критерії оцінювання результатів навчання:

Критерії оцінювання визначені документом «Положення про критерії оцінювання знань та вмінь студентів Львівського національного університету природокористування»

## 10. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль та самостійна робота								Екзамен	Сума
Розділ 1								50 балів	100
Т 1.1	Т 1.2	Т 1.3	Т 1.4	Т 1.5	Т 1.6	Т 1.7	Т 1.8		
8	4	4	4	8	8	8	6		

Поточний контроль та самостійна робота					Екзамен	Сума
Розділ 2					50 балів	100
Т 2.1	Т 2.2	Т 2.3	Т 2.4	Т 2.5		
14	14	10	6	6		

Поточний контроль та самостійна робота						Сума
Розділ 3						100
Т 3.1	Т 3.2	Т 3.3	Т 3.4	Т 3.5	Т 3.6	
17	17	16	16	16	18	

T1, T2 ... – теми лекційного курсу

## 11. Методичне забезпечення

Підручники і навчальні посібники; інструктивно-методичні матеріали до практичних занять; індивідуальні завдання; контрольні роботи; текстові та електронні варіанти тестів для поточного і підсумкового контролю; методичні матеріали для організації самостійної роботи студентів, виконання індивідуальних розрахунково-графічних завдань.

## 12. Рекомендована література

### Базова

1. Баженов В.А., Шишов О.В. Будівельна механіка. Електронний підручник, К.:2008
2. Попович Б.С., Давидчак О.Р. Будівельна механіка статично визначених стержневих систем: Навч.посібник. Львів:Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2007.196с.
3. Боднар Ю.І. Будівельна механіка. Статично невизначені стержневі системи. Лекції для студентів спеціальності “Промислове та цивільне будівництво”. Львів:ЛДАУ,1999.101 с.

### Допоміжна

4. Боднар Ю.І. Статично визначені плоскі ферми. Лекція для студентів напрямку „Будівництво” спеціальності „Промислове та цивільне будівництво” Л.: 2005, 14 с
5. Боднар Ю.І. Будівельна механіка. Статично визначені стержневі системи. Методичні рекомендації до практичних занять для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Львів:ЛНАУ. 2018. 32 с.
6. Боднар Ю.І. Будівельна механіка. Статично визначені стержневі системи. Розрахунок арок. Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів ОС “Бакалавр” за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія” денної форми навчання. Львів:ЛНАУ. 2019. 25 с.
7. Боднар Ю.І. Будівельна механіка. Статично визначені стержневі системи. Аналіз роботи плоских ферм. Методичні рекомендації до самостійної роботи для студентів напрямку «Будівництво». Львів:ЛНАУ. 2013. 30 с.
8. Боднар Ю.І. Будівельна механіка. Статично визначені стержневі системи. Визначення переміщень. Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів РВО «Бакалавр» за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія” ОП “Будівництво та цивільна інженерія” . Львів:ЛНУП, 2022.20 с.
9. Боднар Ю.І. Будівельна механіка. Побудова епюр внутрішніх зусиль у статично визначених рамах. Методичні рекомендації до самостійної роботи для студентів напрямку «Будівництво». Львів:ЛНАУ. 2014. 39 с.
10. Боднар Ю.І. Будівельна механіка. Статично визначені стержневі системи. Методичні рекомендації щодо самостійної роботи для студентів напрямку “Будівництво” спеціальності “Промислове та цивільне будівництво”. Львів:ЛДАУ,2007.29 с.
11. Боднар Ю.І. Будівельна механіка. Статично невизначені стержневі системи. Розрахунок рам методом переміщень. Методичні рекомендації для студентів ОС «Бакалавр» спеціальності “Будівництво та цивільна інженерія” ОП “Будівництво та цивільна інженерія”. Львів: ЛНАУ. 2020. 21 с.
12. Боднар Ю.І. Будівельна механіка. Статично невизначені стержневі системи. Розрахунок рам методом сил. Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів ОС “Бакалавр” за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія”. ОП “Будівництво та цивільна інженерія”, денна форма навчання . Львів: ЛНАУ. 2021. 26 с.
13. Боднар Ю.І. Будівельна механіка. Статично невизначені стержневі системи. Тестові завдання для студентів напрямку «Будівництво». Львів:ЛНАУ. 2012. 20 с.
14. Боднар Ю.І. Будівельна механіка. Застосування програмного комплексу «ЛИРА» для розрахунку стержневих систем. Методичні рекомендації для студентів напрямку “Будівництво” спеціальності “Промислове та цивільне будівництво”. Львів:ЛДАУ,2006.16 с.
15. Боднар Ю.І. Будівельна механіка. Статично визначені стержневі системи. Індивідуальні розрахунково-графічні роботи. Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів РВО “Бакалавр” за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія” ОПП “Будівництво та цивільна інженерія. Львів:ЛНУП, 2024. 18 с
16. Боднар Ю.І. Будівельна механіка. Статично невизначені стержневі системи. Індивідуальні розрахунково-графічні роботи. Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів РВО “Бакалавр” за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія” ОПП “Будівництво та цивільна інженерія. Львів:ЛНУП, 2024. 18 с
17. Боднар Ю.І. Будівельна механіка. Основи динаміки та стійкості споруд. Розрахунково-графічні роботи. Методичні рекомендації для студентів напрямку “Будівництво” спеціальності “Промислове та цивільне будівництво” . Львів:ЛДАУ,2007.15 с
18. Боднар Ю.І. Будівельна механіка. Основи динаміки споруд. Методичні рекомендації до розв’язування задач для студентів напрямку “Будівництво” спеціальності “Промислове та цивільне будівництво” ”. Львів:ЛДАУ,2008.9 с

**Інформаційні ресурси**

1. Бібліотечно-інформаційні ресурси — книжковий фонд, періодика та фонди на електронних носіях бібліотеки ЛНУП, державних органів науково-технічної інформації, наукових, науково-технічних бібліотек та інших наукових бібліотек України.
2. Електронні інформаційні ресурси мережі Інтернет:  
[https://youtu.be/Sc2MTT-hSzs?list=PLXgchSkZluF4-HIEXmK-Pi1CnOWWd\\_EmV](https://youtu.be/Sc2MTT-hSzs?list=PLXgchSkZluF4-HIEXmK-Pi1CnOWWd_EmV)  
[https://youtu.be/Zfjfhm\\_6Fs4](https://youtu.be/Zfjfhm_6Fs4)  
<https://youtu.be/CcHPzDPYkho>  
<https://youtu.be/aQf6Q8t1FQE>