

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра будівельних конструкцій

«Затверджую»
Завідувач кафедри
будівельних конструкцій

(В.В. Душин)
« 18 / 06 2020 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
(СИЛАБУС)**

ПП 010 Будівельна механіка

Спеціальність: *192 Будівництво та цивільна інженерія*

Освітня програма: *Будівництво та цивільна інженерія*

Факультет: *будівельний*

2020-2021 навчальний рік

Робоча програма з дисципліни **«Будівельна механіка»** для студентів
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія

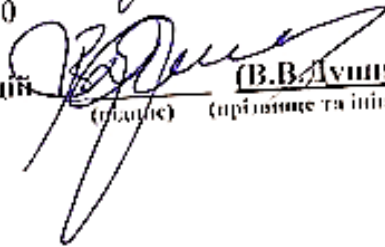
Розробники: к.т.н., доцент Срібняк Н.М.
к.т.н., доцент Душин В.В.



Робочу програму схвалено на засіданні кафедри будівельних конструкцій

Протокол від «08» червня 2020 року № 10

Завідувач кафедри будівельних конструкцій



(В.В. Душин)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«08» «06» 2020 року

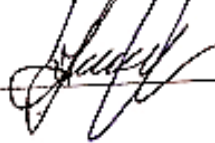
Погоджено:

Гарант освітньої програми



(В.В. Душин)

Декан факультету



(М.В. Нагорний)

Методист відділу якості освіти,
ліцензування та акредитації

Л.В. Бондар Л.М. Тараканік

Зареєстровано в електронній базі: дата: 05.07 2020 р.

© СНАУ, 2020 рік

© Душин В.В., 2020 рік

© Срібняк Н.М., 2020 рік

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	денна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань: 19 Архітектура та будівництво	нормативна	
Модулів – 6	Спеціальність: 192 Будівництво та цивільна інженерія	Рік підготовки:	
Змістових модулів: 7		2020-2021-й	2020-2021-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання: - Розрахунок статично визначуваної стержневої системи багатопрігінної балки на дію нерухомого навантаження за допомогою поверхової схеми -10 год -Розрахунок статично визначуваної стержневої системи тришарнірної арки на дію нерухомого навантаження й побудова епюри внутрішніх зусиль -10год -Розрахунок статично невизначуваної рами методом сил - Розрахунок статично невизначуваної нерозрізної балки		Курс	
		1 ст	1 ст
		Семестр	
Загальна кількість годин - 180		1-й (о)	2-й (в)
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 1 самостійної роботи студента - 2		Лекції	
		16 год.	14 год.
	Практичні, семінарські		
	30 год.	30 год.	
	Лабораторні		
	Самостійна робота		
	44 год.	46 год.	
	Індивідуальні завдання: 20 год		
Вид контролю:			
	іспит	залік	

Примітка. Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: 46/44 (51,1 / 48,9) та 44/46 (48,9/51,1)

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета навчальної дисципліни - оволодіння методами визначення зусиль та переміщень у статично визначуваних стержневих системах, що дозволить опанувати спеціальні курси з проектування та конструювання елементів будівель та споруд, проектувати раціональні несучі системи, грамотно їх зводити та експлуатувати.

Вона узагальнює та підсумовує низку фундаментальних та загально-технічних навчальних дисциплін математичного та природничо-наукового циклу і є основою для засвоєння таких навчальних дисциплін, як "Металеві конструкції", "Залізобетонні та кам'яні конструкції", "Меліоративні та гідротехнічні споруди". У процесі вивчення навчальної дисципліни студенти знайомляться з основами кінематичного аналізу, методами статичного розрахунку статично визначуваних рамно-балочних систем, ферм, арок, теорією переміщень та методом скінчених елементів. При цьому у студентів повинні бути сформовані стійкі уміння та накопичено практичний досвід застосування набутих знань. Для цього програмою передбачено виконання індивідуальних завдань у формі розрахунково-графічних робіт.

Завдання навчальної дисципліни - вивчити основи, на яких базується розрахунок стержневих несучих систем, навчитися раціонально використовувати існуючі методи розрахунку статично визначуваних та статично невизначуваних стержневих систем на міцність та жорсткість, аналізувати отримані результати.

Після вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- основні гіпотези будівельної механіки;
- положення кінематичного аналізу та утворення розрахункових схем;
- основні методи розрахунку статично визначуваних стержневих систем за статичних навантажень;
- методи визначення переміщень;
- основні положення методу скінчених елементів;

уміти:

- утворювати розрахункові схеми реальних конструктивних систем;
- проводити їх кінематичний аналіз;
- оволодіти методами та способами визначення внутрішніх зусиль для будівельних систем, зусилля в яких можна визначити методами статички та для систем, зусилля в яких можна визначити лише спеціальними методами (методом сил, методом деформацій).
- знаходити зусилля та переміщення в стержневих системах;
- аналізувати отримані результати розрахунків.

- 3. Програма навчальної дисципліни

(Затверджена Департаментом науково-освітнього забезпечення АПВ та розвитку сільських територій Міністерства аграрної політики та продовольства України від 02.12.13)

ОСІННІЙ СЕМЕСТР

Модуль 1. Кінематичний аналіз споруд і статичний розрахунок статично визначуваних стержневих систем на нерухоме навантаження **Змістовий модуль 1.**

Тема 1. Розрахункова схема споруди. Кінематичний аналіз.

Розрахункова схема споруди. Утворення розрахункової схеми споруди: моделювання конструктивних елементів, матеріалів, опорних закріплень та з'єднань між елементами, навантажень. Гіпотези будівельної механіки.

Кінематичний аналіз. Поняття про геометрично змінні та геометрично незмінні системи. Суть кінематичного аналізу. Основні поняття кінематичного аналізу: ступінь свободи, жорсткий диск, кінематична в'язь. Різноманітні опорні скріплення, з'єднання між елементами та в'язі, які вони накладають на систему. Формула Чебишева. Необхідна і достатня умови геометричної незмінності систем. Аналіз геометричної структури. Основні способи утворення геометрично незмінних систем. Поняття про статично визначувані та статично невизначувані системи. Миттєво змінні системи.

Тема 2. Багатопрогінні статично визначувані балки.

Багатопрогінні статично визначувані балки. Поняття про багатопрогінні статично визначувані балки, їх утворення та особливості. Розміщення шарнірів. Поняття про поверхові схеми. Особливості визначення зусиль від нерухомих навантажень з використанням поверхових схем.

Тема 3. Визначення зусиль в арках.

Визначення зусиль в арках. Особливості роботи та розрахунку тришарнірних арок, їх відмінність від криволінійних стержнів. Арка зі затяжкою. Вибір раціонального обриса осі арки.

Тема 4. Рамні конструктивні системи.

Рамні конструктивні системи. Особливості визначення внутрішніх зусиль у рамах. Тришарнірні рами.

Тема 5. Плоскі ферми

Плоскі ферми. Поняття про ферму, умови її ефективного застосування та особливості роботи за вузлового навантаження. Розрахункові схеми ферм. Класифікація ферм за призначенням, обрисом поясів, схемою гратки та обпиранням. Визначення зусиль у стержнях ферми за нерухомого навантаження способом вирізання вузлів, способом моментних точок та

способом проекцій. Нульові стержні. Балочна аналогія під час аналізу розподілу зусиль у стержнях ферм. Шпренгельні ферми, їх утворення, особливості роботи та розрахунку.

Тема 6. Основи розрахунку комбінованих та висячих систем. Основи кінематичного аналізу та розрахунку просторових стержневих систем.

Основи кінематичного аналізу та розрахунку просторових стержневих систем.

Модуль 2. Теорія переміщень і основні енергетичні теореми. Загальні рівняння будівельної механіки. Розрахунок плоских стержневих систем методом скінчених елементів

Змістовий модуль 2.

Тема 7. Теорія переміщень.

Теорія переміщень і основні енергетичні теореми. Принцип можливих переміщень для пружних систем. Робота зовнішніх сил. Робота внутрішніх сил. Дійсна і можлива робота. Узагальнені сили і узагальнені переміщення. Стандартні позначення переміщень. Теореми про взаємність робіт (теорема Бетті), про взаємність переміщень (теорема Максвела), про взаємність реакцій.

Тема 8. Формула Максвела-Мора.

Формула Максвела-Мора. Спрощення формули Мора для конкретних видів несучих систем: рамно-балочні системи, ферми, арки. Підрахунок інтегралів Мора з використанням формули Сімпсона. Підрахунок інтегралів Мора згідно з правилом Верещагіна. Умови, за яких можна користуватися правилом Верещагіна. Переміщення від зміни температури та зміщення опор.

Тема 9. Загальні рівняння будівельної механіки. Енергетичні теореми і варіаційні принципи.

Загальні рівняння будівельної механіки. Рівняння рівноваги. Геометричні рівняння. Фізичні рівняння. Постановка задачі. .

Енергетичні теореми і варіаційні принципи будівельної механіки. Потенціальна енергія деформації лінійно-пружної системи. Теорема Кастільяно. Теорема Лагранжа. Прямі варіаційні методи.

Змістовий модуль 3.

Тема 10. Метод скінчених елементів у формі методу переміщень для стержневих систем

Метод скінчених елементів у формі методу переміщень для стержневих систем. Перехід до дискретної моделі. Типи скінчених елементів. Функції форми. Матриця жорсткості скінченого елемента в локальній та глобальній

системі координат. Матриця жорсткості всієї дискретної моделі. Алгоритм методу скінчених елементів для плоских стержневих систем.

Модуль 3. Розрахунково-графічна робота

Розрахунково-графічне завдання №1: Розрахувати статично визначену стрижневу систему Багатопрогонова балка на дію нерухомого навантаження за допомогою поверхової схеми.

Розрахунково-графічне завдання №2: Розрахувати статично визначену стрижневу систему трішарнірну арку на дію нерухомого навантаження і побудувати епюри внутрішніх зусиль.

ВЕСНЯНИЙ СЕМЕСТР

Модуль 4. Основи розрахунку статично невизначених систем методом сил

Змістовий модуль 5.

Тема 1. Характеристика статично невизначуваних систем. Поняття про метод сил. Основні властивості статично невизначуваних систем. Методи розрахунку

Поняття про статично невизначені системи. Ступінь статичної невизначеності для систем із з'єднаннями різних видів. Основні властивості статично невизначених систем. Методи розрахунку.

Тема 2. Метод сил – основна система та канонічні рівняння методу

Основна система методу сил. Канонічні рівняння методу сил. Побудова епюр зусиль в заданій системі

Тема 3. Метод сил – розв'язання канонічних рівнянь методу.

Перевірка коефіцієнтів та вільних членів канонічних рівнянь

Обчислення коефіцієнтів і вільних членів канонічних рівнянь - метод Мора, спосіб Верещагіна, метод Сімпсона. Універсальна перевірка коефіцієнтів і вільних членів канонічних рівнянь. Побудова остаточних епюр внутрішніх силових факторів. Перевірка остаточної епюри згинальних моментів

Модуль 5. Основи розрахунку статично невизначених систем методом переміщень

Змістовий модуль 6.

Тема 4. Метод переміщень. Основні поняття методу переміщень

Невідомі методу переміщень. Вибір основної системи. Суть методу переміщень. Елементарні стани основної системи

Тема 5. Метод переміщень. Основні способи та теореми методу

Визначення коефіцієнтів канонічних рівнянь. Статичний спосіб. Кінематичний спосіб. Визначення зусиль і побудова епюр. Алгоритм методу переміщень. Приклади розрахунку рам методом переміщень

Тема 6. Розрахунок статично невизначуваних нерозрізних балок. Рівняння трьох моментів

Основні поняття. Окремий випадок методу сил - рівняння трьох моментів. Побудова епюри моментів за моментно-фокусними відношеннями

Модуль 6. Змішаний та комбінований методи. Розрахунок статично невизначених ферм

Змістовий модуль 7.

Тема 7. Обчислення переміщень методом Мора-Верещагіна

Формула Мора для визначення переміщень в стрижнях і стрижневих системах. Приклади визначення переміщень за допомогою формули Мора. Графоаналітичний спосіб Верещагіна і Сімпсона обчислення інтегралів у формулі Мора. Приклади обчислення переміщень способом Верещагіна. Визначення переміщень від осідання опор в балках та рамах. Визначення температурних переміщень в балках і рамах

4. Структура навчальної дисципліни

Тематичний план

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	Усьо- го	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
ОСІННІЙ СЕМЕСТР						
Модуль 1. Кінематичний аналіз споруд і статичний розрахунок статично визначуваних стержневих систем на нерухоме навантаження						
<i>Змістовий модуль 1.</i>						
Тема 1. Розрахункова схема споруди. Кінематичний аналіз.	6	2	2			2
Тема 2. Багатопрогінні статично визначувані балки.	6	2	2			2
Тема 3. Визначення зусиль в арках.	4		2			2
Тема 4. Рамні конструктивні системи.	8	2	4			2
Тема 5. Плоскі ферми.	8	2	4			2
Тема 6. Основи розрахунку комбінованих та висячих систем. Основи кінематичного аналізу та розрахунку просторових стержневих систем.	2					2
Разом за змістовим модулем 1	34	8	14	0	0	12
РАЗОМ ЗА МОДУЛЬ 1:	34	8	14	0	0	12
Модуль 2. Теорія переміщень і основні енергетичні теореми. Загальні рівняння будівельної механіки. Розрахунок плоских стержневих систем методом скінчених елементів						
<i>Змістовий модуль 2.</i>						
Тема 7. Теорія переміщень.	10	2	4			4
Тема 8. Формула Максвела-Мора.	10	2	6			2
Тема 9. Загальні рівняння будівельної механіки. Енергетичні теореми і варіаційні принципи.	10	2	4			4
Разом за змістовим модулем 2	30	6	14	0	0	10
<i>Змістовий модуль 3.</i>						
Тема 10. Метод скінчених елементів у формі методу переміщень для стержневих систем.	6	2	2			2
Разом за змістовим модулем 3	6	2	2	0	0	2
РАЗОМ ЗА МОДУЛЬ 2:	36	8	16	0	0	12

Модуль 3. Розрахунково-графічна робота						
Змістовий модуль 4.						
Розрахунково-графічне завдання №1: Розрахувати статично визначену стрижневу систему Багатопрогоновий балку на дію нерухомого навантаження за допомогою поверхової схеми.	10				10	
Розрахунково-графічне завдання №2: Розрахувати статично визначену стрижневу систему трішарнірну арку на дію нерухомого навантаження і побудувати епюри внутрішніх зусиль.	10				10	
Разом за змістовим модулем 4	20				20	
РАЗОМ ЗА МОДУЛЬ 3:	20				20	
Всього годин за осінній семестр	90	16	30	0	20	24

ВЕСНЯНИЙ СЕМЕСТР

Модуль 4. Основи розрахунку статично невизначених систем методом сил

Змістовий модуль 5.

Тема 11. Характеристика статично невизначуваних систем. Поняття про метод сил. Основні властивості статично невизначуваних систем. Методи розрахунку.	6	2	2			2
Тема 12. Метод сил – основна система та канонічні рівняння методу	10	2	4			4
Тема 13. Метод сил – розв'язання канонічних рівнянь методу. перевірка коефіцієнтів та вільних членів канонічних рівнянь	12	2	4			6
Разом за змістовим модулем 5	28	6	10			12
Разом за модуль 4	28	6	10			12

Модуль 5. Основи розрахунку статично невизначуваних систем методом переміщень. Розрахунок нерозрізних балок

Змістовий модуль 6.

Тема 14. Метод переміщень	8	2	2			4
---------------------------	---	---	---	--	--	---

Основні поняття методу переміщень						
Тема 15. Метод переміщень. Основні способи та теореми методу	10	2	4			4
Тема 16. Розрахунок статично невизначуваних нерозрізних балок. Рівняння трьох моментів	12	2	6			4
Разом за змістовим модулем 6	30	6	12			12
Разом годин за модуль 5:	30	6	12			12
Модуль 6. Обчислення переміщень в будівельних системах						
Змістовий модуль 7.						
Тема 17. Обчислення переміщень методом Мора-Верещагіна	6	2	0			4
Разом за змістовим модулем 7	6	2	0			4
ІНДЗ	18				18	
Разом годин за модуль 6:	24	2	8			4
Всього годин за весняний семестр:	90	14	30		18	28

ОСІННІЙ СЕМЕСТР

5. Теми та план лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Вступ. Розрахункова схема споруди. Кінематичний аналіз. План. 1. Об'єкти і методи досліджень у будівельній механіці. 2. Утворення розрахункової схеми споруди. 3. Гіпотези будівельної механіки. 4. Основні поняття кінематичного аналізу. 5. Поняття про статично визначувані і невизначувані системи.	2
2	Тема 2. Багатопрогінні статично визначувані балки. План. 1. Поняття про багатопрогінні статично визначувані балки, їх утворення та особливості. 2. Розміщення шарнірів.	2

	3. Поняття про поверхові схеми. 4. Визначення зусиль від нерухомих навантажень з використанням поверхових схем.	
3	Тема 3. Рамні конструктивні системи. План. 1. Особливості визначення внутрішніх зусиль у рамах. 2. Тришарнірні рами.	2
4	Тема 4. Плоскі ферми. План. 1. Розрахункові схеми ферм. 2. Класифікація ферм за призначенням, обрисом поясів, схемою ґратки та обпиранням. 3. Визначення зусиль у стержнях ферми за нерухомого навантаження способом вирізання вузлів, способом моментних точок та способом проекцій.	2
5	Тема 5. Теорія переміщень. План. 1. Принцип можливих переміщень для пружних систем. 2. Робота зовнішніх сил. Робота внутрішніх сил. 3. Дійсна і можлива робота. 4. Узагальнені сили і узагальнені переміщення. 5. Теореми про взаємність робіт, про взаємність переміщень, про взаємність реакцій.	2
6	Тема 6. Формула Максвелла-Мора. План. 1. Підрахунок інтегралів Мора з використанням формули Сімпсона. 2. Підрахунок інтегралів Мора згідно з правилом Верещагіна. 3. Переміщення від зміни температури та зміщення опор.	2
7	Тема 7. Метод скінчених елементів у формі методу переміщень для стержневих систем. План. 1. Перехід до дискретної моделі. 2. Типи скінчених елементів. 3. Матриця жорсткості. 4. Алгоритм методу скінчених елементів для плоских стержневих систем.	2
	Разом	14

6. Теми лабораторно-практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Кінематичний аналіз стержневої системи	2
2	Побудова епюр поперечних сил у багатопрігінній статично визначуваний	2

	балці	
3	Побудова епюр згинаючих моментів у багатопрогінній статично визначуваній балці	2
4	Побудова епюр у тришарнірній арці	2
5	Побудова епюр поперечних і поздовжніх сил у рамі	2
6	Побудова епюр згинаючих моментів у рамі	2
7	Визначення зусиль у простих фермах	2
8	Визначення зусиль у шпренгельних фермах	2
9	Визначення переміщень у простих балках	2
10	Визначення переміщень у плоских рамах	2
11	Визначення переміщень у простих балках з використанням способу Верещагіна	2
12	Визначення переміщень у плоских рамах з використанням способу Верещагіна	2
13	Визначення переміщень у фермах	2
14	Розрахунок рам методом скінчених елементів	2
15	Алгоритм методу скінчених елементів для плоских рам.	2
	Разом	30

7.Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Суть кінематичного аналізу. Моделювання конструктивних елементів, матеріалів, опорних закріплень та з'єднань між елементами, навантажень. Ступінь свободи, жорсткий диск, кінематична в'язь. Різноманітні опорні закріплення, з'єднання між елементами та в'язі, які вони накладають на систему. Формула Чебишева. Необхідна і достатня умови геометричної незмінності систем. Аналіз геометричної структури. Основні способи утворення геометрично незмінних систем. Миттєво змінні системи.	4
2	Багатопрогінні статично визначувані балки. Особливості визначення зусиль від нерухомих навантажень з використанням поверхових схем.	4
3	Визначення зусиль в арках. Особливості роботи та розрахунку тришарнірних арок. Арка із затяжкою. Вибір раціонального обрису осі арки. Особливості роботи та розрахунку тришарнірних арок, їх відмінність від криволінійних стержнів.	4
4	Особливості визначення внутрішніх зусиль у рамах. Тришарнірні рами.	4
5	Поняття про ферму, умови її ефективного застосування та особливості роботи за вузлового навантаження. Нульові стержні. Балочна аналогія під час аналізу розподілу зусиль у стержнях ферм. Шпренгельні ферми, їх утворення, особливості роботи та розрахунку.	2
6	Основи розрахунку комбінованих та висячих систем. Основи кінематичного аналізу та розрахунку просторових стержневих систем.	2
7	Спрощення формули Мора для конкретних видів несучих систем: рамно-балочні системи, ферми, арки. Умови, за яких можна користуватися правилом	4

	Верещагіна.	
8	Загальні рівняння будівельної механіки. Енергетичні теореми і варіаційні принципи будівельної механіки. Рівняння рівноваги. Геометричні рівняння. Фізичні рівняння. Ставлення задачі. Потенціальна енергія деформації лінійно-пружної системи. Теорема Кастільяно. Теорема Лагранжа. Основні енергетичні теореми. Стандартні позначення переміщень.	6
9	Метод скінчених елементів. Функції форми. Матриця жорсткості скінченого елемента в локальній та глобальній системі координат. Матриця жорсткості всієї дискретної моделі.	8
	Разом	36

8.Індивідуальне завдання

1. **Розрахунково-графічне завдання №1:** Розрахувати статично визначувану стержневу систему багатопрогінну балку на дію нерухомого навантаження за допомогою поперечної схеми. -10 год
2. **Розрахунково-графічне завдання №2:** Розрахувати статично визначувану стержневу систему тришарнірну арку на дію нерухомого навантаження і побудувати епюри внутрішніх зусиль. -10 год

ВЕСНЯНИЙ СЕМЕСТР

5. Теми та план лекцій

№ з/п	Назва теми та план	Кількість годин
1.	Тема 1. Характеристика статично невизначуваних систем. Поняття про метод сил. Основні властивості статично невизначених систем. Методи розрахунку. План. 1. <i>Поняття про статично невизначені системи</i> 2. <i>Ступінь статичної невизначеності для систем із з'єднаннями різних видів.</i> 3. <i>Визначення ступеня статичної невизначеності</i> 4. <i>Основні властивості статично невизначених систем.</i> <i>Методи розрахунку.</i>	2
2.	Тема 2. Метод сил – основна система та канонічні рівняння методу План. 1. <i>Основна система методу сил</i> 2. <i>Канонічні рівняння методу сил</i> 3. <i>Побудова епюр зусиль в заданій системі</i>	2
3.	Тема 3. Метод сил – розв'язання канонічних рівнянь методу. перевірка коефіцієнтів та вільних членів канонічних рівнянь	2

	План. 1. Обчислення коефіцієнтів і вільних членів канонічних рівнянь 1.1 Метод Мора 1.2 Спосіб Верещагіна 1.3 Метод Сімпсона 2. Універсальна перевірка коефіцієнтів і вільних членів канонічних рівнянь 3. Побудова остаточних епюр внутрішніх силових факторів 4. Перевірка остаточної епюри згинальних моментів	
4.	Тема 4. Метод переміщень. Основі поняття методу План. 1. Невідомі методу переміщень 2. Вибір основної системи 3. Суть методу переміщень 4. Елементарні стани основної системи	2
5	Тема 5. Метод переміщень. Основні способи та теореми методу План. 1. Визначення коефіцієнтів канонічних рівнянь 1.1 Статичний спосіб 1.2 Кінематичний спосіб 2. Визначення зусиль і побудова епюр 3. Алгоритм методу переміщень 4. Приклади розрахунку рам методом переміщень	2
6	Тема 6. Розрахунок статично невизначуваних нерозрізних балок. Рівняння трьох моментів План. 1. Основні поняття. 2. Окремий випадок методу сил - рівняння трьох моментів. 3. Побудова епюри моментів за моментно-фокусними відношеннями	2
7	Тема 7 Обчислення переміщень методом Мора-Верещагіна План. 1. Формула Мора для визначення переміщень в стрижнях і стрижневих системах. 2. Приклади визначення переміщень за допомогою формули Мора.	2

	3.Графоаналітичний спосіб Верещагіна і Сімпсона обчислення інтегралів у формулі Мора. 4. Приклади обчислення переміщень способом Верещагіна. 5.Визначення переміщень від осідання опор в балках та рамах. 6.Визначення температурних переміщень в балках і рамах	
	Всього	16

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Розрахунок плоских статично невизначених рам методом сил на дію зовнішнього навантаження з контролем розв'язку на ПЕОМ	
1.1	Визначення міри статичної невизначеності рами. Вибір основної системи. Побудова в основній системі епюри згинальних моментів від одиничних невідомих та зовнішнього навантаження	2
1.2	Складання системи канонічних рівнянь. Визначення коефіцієнтів та вільних членів системи канонічних рівнянь та перевірка правильності обчислень	2
1.3	Розв'язання системи канонічних рівнянь. Перевірка правильності розв'язку	2
1.4	Побудова епюри згинальних моментів у заданій статично невизначеній рамі та перевірка правильності її побудови	2
1.5	Підготовка вихідної інформації для розрахунку рами на ПЕОМ. Виконання розрахунку рами на ПЕОМ. Порівняння епюр внутрішніх зусиль, отриманих числовим методом з епюрами, отриманими за допомогою аналітичного методу – методу сил.	2
	Розрахунок плоскої статично невизначеної рами на дію зовнішнього навантаження методом переміщень з контролем розв'язку на ПЕОМ	
1.6	Визначення числа невідомих. Вибір основної системи. Побудова в основній системі епюри згинальних моментів від одиничних невідомих та зовнішнього навантаження	2
1.7	Складання системи канонічних рівнянь Визначення коефіцієнтів та вільних членів системи канонічних рівнянь та перевірка правильності обчислень	2
1.8	Розв'язання системи канонічних рівнянь та перевірка правильності розрахунку	2
1.9	Побудова епюри згинальних моментів у заданій статично	2

	невизначеній рамі та перевірка її правильності	
1.10	Побудова епюр поперечних та поздовжніх сил у заданій статично невизначеній рамі та перевірка їх правильності	2
1.11	Підготовка вихідної інформації для розрахунку рами на ПЕОМ. Виконання розрахунку рами на ПЕОМ. Порівняння епюр внутрішніх зусиль, отриманих числовим методом з епюрами, отриманими за допомогою аналітичного методу – методу переміщень.	2
	Розрахунок статично невизначеної нерозрізної балки	
1.11	Визначення ступеня статичної невизначуваності нерозрізної балки. Вибір основної системи балки при розрахунку її за допомоги рівняння трьох моментів. Визначення основних невідомих.	2
1.12	Складання рівняння трьох моментів. Визначення опоних реакцій. Побудова епюри моментів вигину та епюри поперечних сил. Моментні фокуси і моментно-фокусні відносини. Застосування моментно-фокусних відносин для побудови епюр. Перевірка правильності побудови епюр «М» та «Q».	4
1.13	Огинаючі епюри зусиль для нерозрізних балок. Багатопрогонові нерозрізні балки. Основна система Клапейрона. Формула трьох моментів. Метод прогонки для вирішення системи дозволяють рівнянь методу сил в цьому випадку.	2
	Всього	30

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Характеристика статично невизначуваних систем. Поняття про метод сил. Основні властивості статично невизначуваних систем. Методи розрахунку. <i>Розрахунок статично невизначених систем - балок, рам, ферм із застосуванням програмних комплексів, що реалізують МКЕ.</i>	4
2.	Метод сил – основна система та канонічні рівняння методу Розрахунок плоскої статично невизначеної рами методом сил. Побудова в основній системі методу сил епюри згинальних моментів від одиничних невідомих та зовнішнього навантаження.	4
3.	Метод сил – розв'язання канонічних рівнянь методу. Перевірка коефіцієнтів та вільних членів канонічних рівнянь	6

	Розрахунок плоскої статично невизначеної рами методом сил. Складання системи канонічних рівнянь методу сил. Визначення коефіцієнтів та вільних членів системи канонічних рівнянь та перевірка правильності обчислень. Розрахунок плоскої статично невизначеної рами методом сил. Побудова епюри згинальних моментів у заданій статично невизначеній рамі та перевірка правильності її побудови	
4.	Метод переміщень. Основні поняття методу переміщень Розрахунок плоскої статично невизначеної рами методом переміщень . Побудова в основній системі епюри згинальних моментів від одиничних невідомих та зовнішнього навантаження. Розрахунок плоскої статично невизначеної рами методом переміщень. Розв'язання системи канонічних рівнянь та перевірка правильності розрахунку.	4
5.	Метод переміщень. Основні способи та теореми методу переміщень Розрахунок плоскої статично невизначеної рами методом переміщень. Побудова епюри згинальних моментів у заданій статично невизначеній рамі та перевірка її правильності. Побудова епюр поперечних та поздовжніх сил у заданій статично невизначеній рамі та перевірка їх правильності.	2
6.	Розрахунок статично невизначуваних нерозрізних балок. Рівняння трьох моментів Випадок завантаження одного прольоту в багатопролітної нерозрізний балки. Характерний вид епюр для цього випадку. Фокусні точки і фокусні відносини.	4
7.	Обчислення переміщень методом Мора-Верещагіна <i>Приклади обчислення переміщень способом Верещагіна. Визначення переміщень від осідання опор в балках та рамах. Визначення температурних переміщень в балках і рамах</i>	2
	Разом	26

9. Індивідуальні завдання

Розрахунково-графічна робота №1 за темою «Розрахунок плоских статично невизначених рам методом сил на дію зовнішнього навантаження з контролем розв'язку на ПЕОМ»: -10 год

Розрахунково-графічна робота №2 за темою «Розрахунок статично невизначуваної нерозрізної балки» - 10 год

10. Методичне забезпечення

1. Будівельна механіка. Розрахунок багатопрогонної статично-визначеної балки: Методичні вказівки та завдання для розрахунково-графічної роботи для студентів 3 курсу спеціальності 6.060101 «Промислове та цивільне будівництво» денної і заочної форм навчання / Суми: СНАУ, 2011 рік, 15 стор.
2. Будівельна механіка. Розрахунок статично-визначеної трьохшарнірної арки: Методичні вказівки та завдання для розрахунково-графічної роботи для студентів 3 курсу спеціальності 6.060101 «Промислове та цивільне будівництво» денної і заочної форм навчання / Суми: СНАУ, 2011 рік, 26 стор.

11. Методи навчання

1. Методи навчання за джерелом знань:

- 1.1. *Словесні*: пояснення, лекція, інструктаж, робота з книгою
- 1.2. *Наочні*: демонстрація, ілюстрація, спостереження.
- 1.3. *Практичні*: практична робота.

2. Методи навчання за характером логіки пізнання.

- 2.1. *Дедуктивний метод*
- 2.2. *Традуктивний метод*

3. Методи навчання за характером та рівнем самостійної розумової діяльності студентів.

3.1. *Дослідницький*

4. Активні методи навчання - використання технічних засобів навчання, групові дослідження, самооцінка знань, використання опорних конспектів лекцій.

5. Інтерактивні технології навчання - використання мультимедійних технологій, діалогове навчання.

12. Методи контролю

1. Рейтинговий контроль за 100-бальною шкалою оцінювання ЄКТС
2. Проведення проміжного контролю протягом семестру (проміжна атестація)
3. Полікритеріальна оцінка поточної роботи студентів:
 - рівень знань, продемонстрований на лабораторних заняттях;
 - результати виконання та захисту лабораторних робіт;
 - експрес-контроль під час аудиторних занять;
 - самостійне опрацювання теми в цілому чи окремих питань;
 - виконання аналітично-розрахункових завдань.

4. Пряме врахування у підсумковій оцінці виконання студентом певного індивідуального завдання :

13.Розподіл балів, які отримують студенти

ОСІННІЙ СЕМЕСТР

Поточне тестування та самостійна робота											Разом за модулі та СРС	Підсум- ковий тест - екзамен	Сума	
Модуль 1- 22 бали						Модуль 2- 18 балів				Модуль 3-15 балів				
ЗМ 1 22 бали						ЗМ 2 14 балів		ЗМ 3 4 бали		ЗМ- 4-15 бал лів				СРС
T1	T2	T3	T4	T 5	T6	T7	T8	T9	T10	15	15	70	30	100
3	4	4	4	4	3	5	5	4	4			(55+ 15)		

ВЕСНЯНИЙ СЕМЕСТР

Поточне тестування та самостійна робота								Разом за модулі та СРС	Атестація	Сума
Модуль 4 – 30 б			Модуль 5– 30 б			Модуль 6 – 10 б	СРС			
ЗМ 5			ЗМ 6			ЗМ 6				
T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	15	85	15	100
10	10	10	10	10	10	10		(70+15)		

14.Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	дуже добре	
65-81	C	добре	
69-74	D	задовільно	

60-68	E	достатньо	
35-59	FX	незадовільно – потрібно працювати перед тим, як отримати оцінку	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно - необхідна серйозна подальша робота	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

15.Рекомендована література

Базова

1. Баженов В. А. Будівельна механіка: електрон, підруч. / В. А. Баженов, О. В. Шишов. -К., 2008.
2. Баженов В. А. Будівельна механіка: Розрахункові вправи. Задачі. Комп'ютерне тестування: навч. посіб. / Баженов В. А., Іванченко Г. М., Шишов О. В. - К. : Каравела, 2006. - 344 с.
3. Будівельна механіка в прикладах: навч. посіб. для студ. будів. спец. вузів / [Яременко О. Ф., Шебанін В. С., Орлов А. М. та ін.] ; за ред. О. Ф. Яременко. - Одеса : МДАУ, 2003. - 246 с.
4. Дорошук Г. П. Основи будівельної механіки: підруч. / Г. П. Дорошук, В. М. Трач. - Рівне : УДУВГП, 2003. - 504 с.
5. Попович Б. С. Будівельна механіка статично визначених стержневих систем: навч. посіб. / Б. С. Попович, О. Р. Давидчак. — Львів : Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2007. - 196 с.
6. Строительная механика: учебн. для вузов / [Бутенко Ю. И.,Засядько Н. А., Канн С. Н. и др.]; под ред. Ю. И. Бутенко. - К. : Вища шк., 1989. - 479 с.
7. Строительная механика. Руководство к практическим занятиям: учеб. пособ. для вузов. / [Бутенко Ю. И.,Засядько Н. А., Санн С. Н. и др.] ; под ред. Ю. И. Бутенко. - К. : Вища шк., 1984.-328 с.
8. Чихладзе Е. Д. Будівельна механіка: підруч. для студентів ВНЗ / Е. Д. Чихладзе. - Харків : Укр.ДАЗТ-Харків, 2002. - 305 с.

Допоміжна

1. Анохин Н. Н. Строительная механика в примерах и задачах: учеб. пособ. / Н. Н. Анохин. - М.: Изд-во АСВ, 1999. - 335 с.
2. Дарков А. В. Строительная механика / А. В. Дарков, Н. Н. Шапошников. - М.: Высш. шк., 1986. - 607 с.
3. Дорошук Г. П. Будівельна механіка. Приклади, задачі та комп'ютерні розрахунки: навч.посіб. / Г. П. Дорошук, В. М. Трач. - Рівне : НУВГП, 2008. - 472 с.
4. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике / пер. с англ. ; под ред. Б. Е. Победри. - М. : Мир, 1975, - 541 с.
5. Киселев В. А. Строительная механика. Общий курс: учеб. для вузов / В. А. Киселев. - М. : Стройиздат, 1986. - 520 с.
6. Ржаницын А. Р. Строительная механика: учеб. пособ. для вузов / А. Р. Ржаницын. - М. : Высш. шк. 1991.-439 с.
7. Розин Л. А. Стержневые системы как системы конечных элементов / Л. А. Розин. - Ленинград : Изд-во Ленинградского ун-та, 1976. - 232 с.
8. Руководство к практическим занятиям по курсу сройтельной механики: учебн. пособ. для вузов. / под ред. Г. К. Клейна. - М. : Высш. шк., 1973. - 360 с.
9. Снитко Н. К. Строительная механика: учеб. для вузов / Н. К. Снитко. - М. : Высш. шк., 1972.-488 с.

10. Чирас А. А. Строительная механика. Теория и алгоритмы: учеб. для вузов / А. А. Чирас. - М. : Стройиздат, 1989 — 255 с.
11. Строительная механика. Расчет стержневых систем на ЭВМ: учеб. пособ. / [Исаханов Г. В., Гранат С. Я., Мельниченко Г. И., Шишов О. В.]. - К. : Вища шк., 1990. - 230 с.
12. Строительная механика. Стержневые системы : учеб. для вузов / [Смирнов А. Ф., Александров А. В., Лащеников Б. Я., Шапошников Н. Н.] ; под ред. А. Ф. Смирнова — М. : Стройиздат, 1981. - 512 с.
13. Строительная механика: учеб. для вузов / под ред. А. В. Даркова. - М. : Высш. шк., 1976. - 600

Інформаційні ресурси

1. <http://library.sau.sumy.ua/>
2. <http://lib.vstu.vinnica.ua/>
3. http://impost.rv.ua/publ/budivelna_terminologija/8
4. <http://makmpkbudmeh.blogspot.com/>
5. <http://www.twirpx.com/>