

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

Кафедра будівельних конструкцій

«Затверджую»
Завідувач кафедри
будівельних конструкцій

(В.В. Душин)
« 8 » 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**» студентів за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія

Разработчик: к.т.н. доцент Душин В.В.

Рабочую программу одобрено на заседании кафедры строительных конструкций

Протокол от "08" июня 2020 года № 10

Заведующий кафедрой строительных конструкций (В.В. Душин)

.. 08 06 2020 года

Согласовано:

Гарант образовательной программы

Декан факультета

Методист отдела качества образования,
лицензирования и аккредитации

Зарегистрировано в электронной базе: дата: 03.07 2020 г.

1.Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	
Кількість кредитів – 4	Галузь знань: 19 Архітектура та будівництво	Нормативна	
Модулів – 3	Спеціальність: 192 Будівництво та цивільна інженерія	Рік підготовки:	
Змістових модулів: -4		2020-2021	
Індивідуальне завдання: РГЗ №1: Розрахунок статично визначуваної стержневої системи багатопрогінної балки на дію нерухомого навантаження за допомогою поперечної схеми –15 год РГЗ №2: Розрахунок статично визначуваної стержневої системи тришарнірної арки на дію нерухомого навантаження й побудова епюри внутрішніх зусиль –15 год		Курс	
		3	
		Семестр	
Загальна кількість годин - 120		5-й	
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2.9 самостійної роботи студента - 3.1		Освітній ступінь «Бакалавр»	14 год
	Практичні, семінарські		
	30 год		
	Самостійна робота		
	46 год.		
	Індивідуальні завдання:		
		30 год	
		Вид контролю:	
		Іспит	

Примітка. Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: 44/76 (36,67 / 66,33)

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета навчальної дисципліни - оволодіння методами визначення зусиль та переміщень у статично визначуваних стержневих системах, що дозволить опанувати спеціальні конструктивні курси, 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 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;
- знаходити зусилля та переміщення в стержневих системах;
- аналізувати отримані результати розрахунків.

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Вступ

Об'єкти і методи досліджень у будівельній механіці, її місце в системі наук про міцність. Роль задачі та зміст навчальної дисципліни у формуванні фахівців ОКР "бакалавр" напряму 191 "Будівництво та цивільна інженерія та цивільна інженерія". Стислі відомості з історії розвитку будівельної механіки.

Предмет та методи навчання. Види навчальної діяльності студентів і навчальних занять. Самостійна робота студентів, види індивідуальних завдань. Форма контрольних заходів. Рекомендована навчально-методична література та інші дидактичні засоби.

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

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.

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.

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

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

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 ґратки 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.

Основи розрахунку комбінованих та висячих 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

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.

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.

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.

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.

Програма навчальної дисципліни

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

Тематичний план

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1.						
<i>Змістовий модуль 1. Кінематичний аналіз споруд і статичний розрахунок статично визначуваних стержневих систем на нерухоме навантаження</i>						
Тема 1. Розрахункова схема споруди. Кінематичний аналіз.	6	2	2			2
Тема 2. Багатопрогінні статично визначувані балки.	10	2	4			4
Тема 3. Визначення зусиль в арках.	8		2			6
Тема 4. Рамні конструктивні системи.	10	2	4			4
Тема 5. Плоскі ферми.	10	2	4			4
Тема 6. Основи розрахунку комбінованих та висячих систем. Основи кінематичного аналізу та розрахунку просторових стержневих систем.	4					4
Разом за змістовим модулем 1	48	8	16			24
Всього за модулем 1	48	8	16			24
Модуль 2.						
<i>Змістовий модуль 2. Теорія переміщень і основні енергетичні теореми. Загальні рівняння будівельної механіки</i>						
Тема 7. Теорія переміщень.	12	2	4			6
Тема 8. Формула Максвелла-Мора.	16	2	6			8
Тема 9. Загальні рівняння будівельної механіки. Енергетичні теореми і варіаційні принципи.	4					4
Разом за змістовим модулем 2	32	4	10			18
<i>Змістовий модуль 3. Розрахунок плоских стержневих систем методом скінчених елементів</i>						
Тема 10. Метод скінчених елементів у формі методу переміщень для стержневих систем.	10	2	4			4
Разом за змістовим модулем 3	10	2	4			4
Всього за модулем 2	42	6	14			22

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.	15				15	
Розрахунково-графічне завдання №2: Розрахувати статично визначену стрижневу систему трішарнірну арку на дію нерухомого навантаження і побудувати епюри внутрішніх зусиль.	15				15	
Разом за змістовим модулем 4	30				30	
Всього за модулем 3	30				30	
Всього годин за осінній семестр	120	14	30	0	30	46

**Осінній семестр
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. 3. Поняття про поверхові схеми. 4. Визначення зусиль від нерухомих навантажень з використанням поверхових схем.	2
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

	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.	
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 Максвела-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

Теми лабораторно-практичних занять

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

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.	6
4	Особливості визначення внутрішніх зусиль у рамах. Тришарнірні рами.	6
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.	4
6	Основи розрахунку комбінованих та висячих систем. Основи кінематичного аналізу та розрахунку просторових стержневих систем.	6
7	Спрощення формули Мора для конкретних видів несучих систем: рамно-балочні системи, ферми, арки. Умови, за яких можна користуватися правилом Верещагіна.	12
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.	8
9	Метод скінчених елементів. Функції форми. Матриця жорсткості скінченого елемента в локальній та глобальній системі координат. Матриця жорсткості	4

	всієї дискретної моделі.	
	Разом	46

Індивідуальне завдання

1. **Розрахунково-графічне завдання №1:** Розрахувати статично визначувану стержневу систему багатопрогінну балку на дію нерухомого навантаження за допомогою поверхової схеми. - *15 год*
2. **Розрахунково-графічне завдання №2:** Розрахувати статично визначувану стержневу систему тришарнірну арку на дію нерухомого навантаження і побудувати епюри внутрішніх зусиль. - *15 год*

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 та цивільна інженерія» 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 та цивільна інженерія» денної і заочної форм навчання / Суми: СНАУ, 2011 рік, 26 стор.

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.

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 :

Розподіл балів, які отримують студенти

ОСІННІЙ СЕМЕСТР

Поточне тестування та самостійна робота										Разом за модулі та СРС	Підсумковий 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 балів				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)		

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

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/budivelnna_terminologija/8
4. <http://makmpkbudmeh.blogspot.com/>
5. <http://www.twirpx.com/>