



Національний університет

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Національний університет водного господарства та природокористування

Кафедра опору матеріалів, теоретичної та будівельної механіки

084-56

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

та індивідуальні завдання для виконання
розрахунково-графічних робіт з дисципліни
“*Опір матеріалів (спецкурс)*”
та “*Будівельна механіка (спецкурс)*”
для студентів напряму підготовки “*Будівництво*” 6.060101
професійних спрямувань “*Промислове та цивільне
будівництво*”, “*Гідротехнічне будівництво*”
та “*Автомобільні дороги і аеродроми*”
всіх форм навчання

Рекомендовано
методичною комісією
за напрямом підготовки
“*Будівництво*”
Протокол № 4
від 26.12. 2012р.

Рівне - 2013



Національний університет

водного господарства

та гідродокористування

Методичні вказівки та індивідуальні завдання для виконання розрахунково-графічних робіт з дисципліни “*Опір матеріалів (спецкурс)*” та “*Будівельна механіка (спецкурс)*” для студентів напрямку підготовки “Будівництво” 6.060101 професійних спрямувань “Промислове та цивільне будівництво”, „Гідротехнічне будівництво” та “Автомобільні дороги і аеродроми” всіх форм навчання /Трач В.М., Подворний А.В./ Рівне: НУВГП, 2013, – 14 с.

У п о р я д н и к и : Трач В.М., д.т.н., професор
Подворний А.В., к.т.н., доцент

Відповідальний за випуск: Трач В.М., доктор технічних наук,
професор, завідувач кафедри опору
матеріалів, теоретичної та будівельної
механіки



Національний університет
водного господарства
та гідродокористування

З М І С Т

Вступ	3
Задача № 1 “Розрахунок рами методом переміщень”	4
Задача № 2 “Розрахунок плоского напружено-деформованого стану балки-стілки методом скінченних елементів”	7
Задача № 3 “Розрахунок плити методом скінченних елементів”	10
Література.....	13

© Трач В.М.,

Подворний А.В., 2013

© НУВГП, 2013



ВСТУП

Згідно з робочою навчальною програмою студенти напряму „Будівництво” 6.060101 професійних спрямувань „Промислове та цивільне будівництво”, „Гідротехнічне будівництво” та „Автомобільні дороги і аеродроми” мають виконати розрахунково-графічні роботи (РГР), що складаються з таких тем:

Задача 1. “Розрахунок рами методом переміщень”.

Задача 2. “Розрахунок плоского напружено-деформованого стану балки-стілки методом скінченних елементів”.

Задача 3. “Розрахунок плити методом скінченних елементів”.

Кожен студент виконує РГР за індивідуальним варіантом, використовуючи три останні цифри номера залікової книжки та три перших літери української абетки. Якщо, наприклад, у номері залікової книжки присутні послідовно такі три останні цифри 752, то початкові дані індивідуального завдання вибираються із таблиць даних із десятима рядками в такій послідовності: *формується шифр індивідуального варіанта шляхом послідовного розміщення під трьома останніми цифрами номера залікової книжки трьох перших літер української абетки, тобто в нашому випадку шифр матиме вид:*

7 5 2
а б в

Літерами (останній рядок таблиці) зашифровано колонки із значеннями необхідних параметрів задачі, а цифрами – рядки, із яких необхідно вибирати конкретне значення індивідуального варіанта. Врахувати, що до задачі № 1 номер рисунка, де приведені розрахункові схеми, для студентів денної форми навчання визначається за номером десятки у списку, в якому знаходиться прізвище студента.

Розрахунково-графічні роботи повинні бути виконані на стандартних аркушах паперу формату А4, текст написаний розбірливо, схеми відповідати вимогам ДСТУ-Б-А.2.4-7-95. Одиниці виміру, використаних розрахункових величин, повинні відповідати системі СІ.

Завдання, що виконане не за шифром, а також неохайно до розгляду не приймається.

Терміни виконання кожної конкретної роботи встановлюються викладачем кафедри та повідомляються студентам.



Задача 1

“Розрахунок рами методом переміщень”

Для рами рис.1.1, 1.2., з вибраними розмірами та зовнішнім навантаженням табл.1.1, 1.2, необхідно:

- а) визначити ступінь кінематичної невизначеності рами;
- б) утворити основну систему методу переміщень;
- в) скласти та розв’язати систему канонічних рівнянь методу переміщень;
- г) побудувати порційні епюри методу переміщень;
- д) побудувати кінцеву епюру згинних моментів рами;
- е) здійснити статичну та деформаційну перевірки кінцевої епюри згинних моментів;
- є) побудувати епюри поперечних та поздовжніх сил;
- ж) провести статичну перевірку рами в цілому.

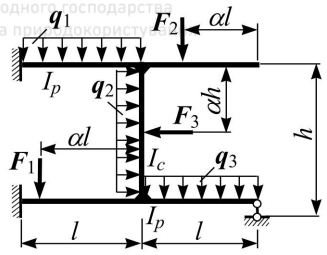
Таблиця 1.1

Передостан- ня цифра шифру	F_1 , кН	F_2 , кН	F_3 , кН	α	I_c/I_p
1	-	-	30	0,50	1/3
2	-	40	-	0,25	1/3
3	50	-	-	0,75	1/2
4	-	60	-	0,50	3/4
5	-	-	80	0,25	2/3
6	100	-	-	0,75	1/3
7	-	120	-	0,50	2/4
8	-	-	50	0,25	1/2
9	-	80	-	0,75	1/3
0	60	-	-	0,50	2/3

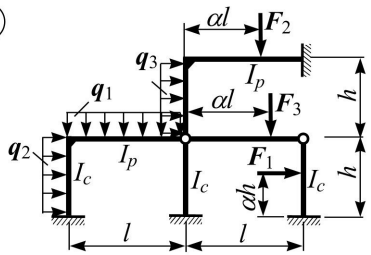


Національний університет
водного господарства
та природокористування

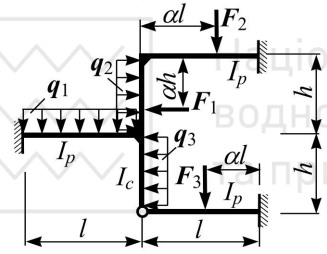
①



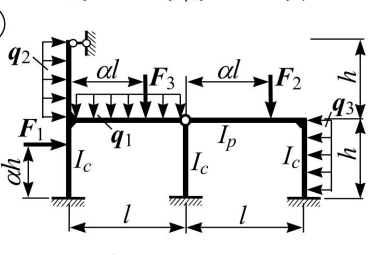
②



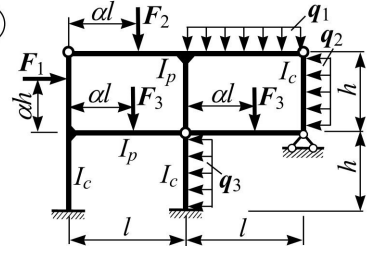
③



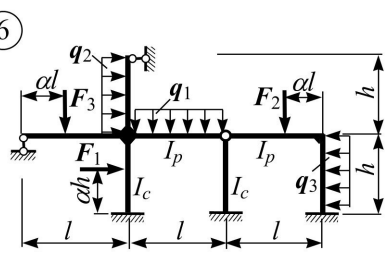
④



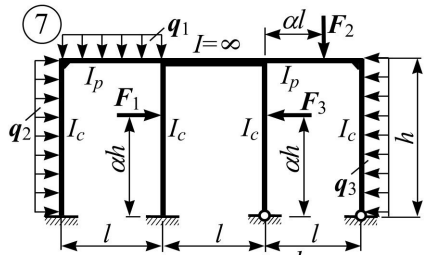
⑤



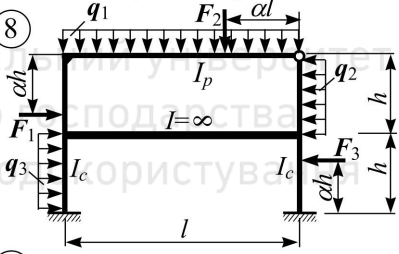
⑥



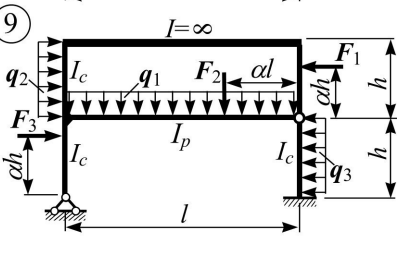
⑦



⑧



⑨



⑩

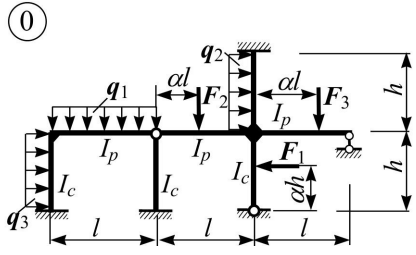
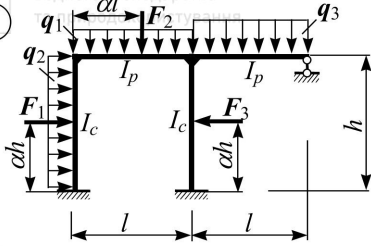


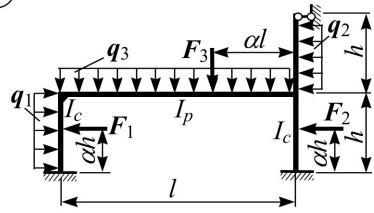
Рис. 1.1 (1-а десятка)



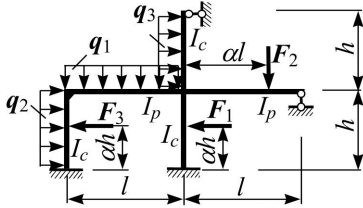
①



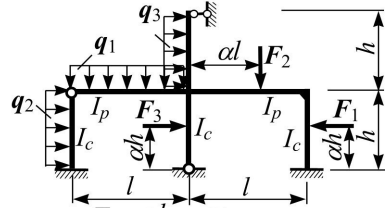
⑥



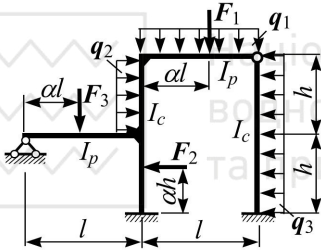
②



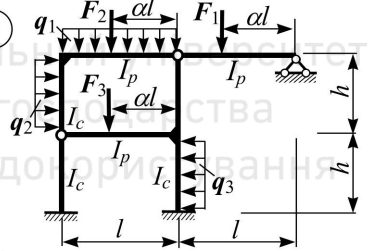
⑦



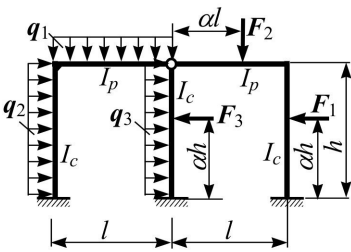
③



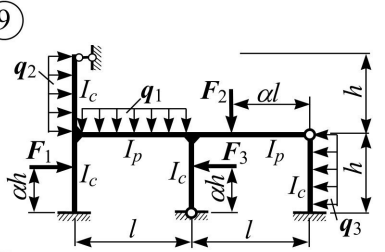
⑧



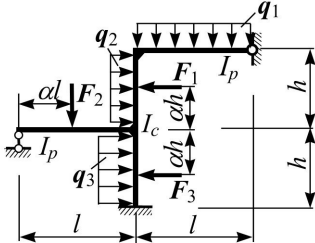
④



⑨



⑤



⑩

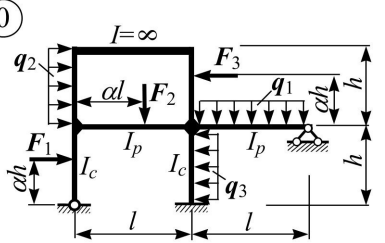


Рис. 1.2 (2, 3-і десятки)



Остання цифра шифра	q_1 , кН/м	q_2 , кН/м	q_3 , кН/м	l , м	h , м
1	10	-	-	5	4
2	-	-	15	6	4
3	-	20	-	8	6
4	-	-	20	9	6
5	-	40	-	9	6
6	16	-	-	9	4
7	-	10	-	10	6
8	40	-	-	10	5
9	-	-	24	12	6
0	20	-	-	12	7

Задача № 2
„Розрахунок плоского напружено-деформованого стану балки-стілки методом скінченних елементів”

Для плоскої системи (балки-стілки) (рис.2) товщиною 0,1м, з вибраними розмірами табл.2.1, закріпленням вузлів табл.2.2 та навантаженням табл. 2.3, 2.4 необхідно:

а) розбити вибрану систему не менше ніж на три трикутні або прямокутні скінченні елементи;

б) для механічних характеристик матеріалу $E = 0,2 \cdot 10^5$ МПа, $\nu = 0,17$ скласти матриці жорсткості скінченних елементів в локальній системі координат;

в) скласти співвідношення між переміщеннями вузлів окремих скінченних елементів та зовнішніми переміщеннями балки-стілки в глобальній системі координат;

г) скласти матрицю зовнішньої жорсткості скінченно-елементної моделі;

д) визначити переміщення вузлів скінченно-елементної моделі;

е) здійснити розрахунок напружено-деформованого стану вибраної балки-стілки методом скінченних елементів.

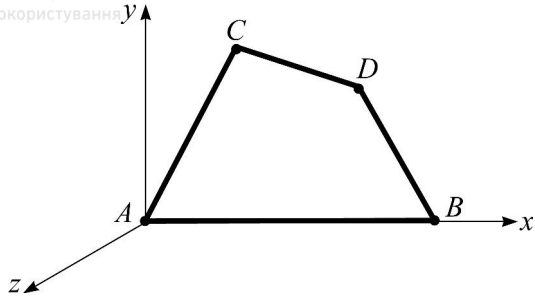


Рис.2. Схема балки-стілки

Табл.2.1

Розміри балки-стілки

Остання цифра суми цифр шифру	Координати кутових вузлів балки-стілки в системі (x; y)			
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
1	(0;0)	(1,5;0)	(0;1,3)	(1,5;1,3)
2	(0;0)	(2;0)	(0;1,4)	(2,6;1,4)
3	(0;0)	(1,2;0)	(0,6;1)	(1,6;1)
4	(0;0)	(1,4;0)	(0;0,9)	(0,4;0,9)
5	(0;0)	(2,0;0)	(0,7;1,1)	(2,7;1,1)
6	(0;0)	(0,9;0)	(0;0,7)	(0,9;1,8)
7	(0;0)	(1,2;0)	(0;0,6)	(0,6;0,6)
8	(0;0)	(2;0)	(0,5;0,5)	(1,5;0,5)
9	(0;0)	(1,8;0)	(0;0,9)	(1,8;0,9)
0	(0;0)	(1,6;0)	(0,8;0,8)	(1,6;0,8)



Табл.2.2

Умови закріплення вузлів балки-стінки

Перед- остання цифра шифру	Закріплення вузлів балки-стінки елементарними в'язями за напрямами осей			
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
1	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>
2	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>
3	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>y</i>
4	<i>y</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>x</i>
5	<i>y</i>	<i>y</i>	<i>y</i>	<i>x</i>
6	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>y</i>
7	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>y</i>
8	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>y</i>
9	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>y</i>	<i>x</i>
0	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>

Табл.2.3

Вузлові навантаження на балку-стінку

№ рядка	Вузлові зосереджені сили у напрямку осей системи <i>xu</i>							
	<i>A</i>		<i>B</i>		<i>C</i>		<i>D</i>	
	<i>x</i> кН	<i>y</i> кН	<i>x</i> кН	<i>y</i> кН	<i>x</i> кН	<i>y</i> кН	<i>x</i> кН	<i>y</i> кН
1	3	4	5	-	7	1	2	-
2	-	1	-	2	5	-	3	1
3	2	3	6	4	-	2	5	6
4	5	-	-	2	-	8	2	-
5	5	2	7	4	5	-	-	3
6	4	6	-	4	4	1	5	2
7	-	3	2	-	2	-	-	3
8	1	6	2	4	-	6	4	-
9	3	-	7	6	7	-	7	8
0	6	4	6	-	6	-	9	10
	<i>б</i>		<i>в</i>		<i>б</i>		<i>в</i>	



Розподілене, нормальне до грані, навантаження на балку-стінку в площині xOy

Остання цифра шифру	До грані <i>A-C</i>	До грані <i>A-B</i>	До грані <i>C-D</i>	До грані <i>B-D</i>
	кН/м	кН/м	кН/м	кН/м
1	-10			
2		-5		
3			-6	
4				-7
5	9			
6		8		
7	-7			
8		-6		
9			-4	
0				-7

Задача № 3

„Розрахунок плити методом скінченних елементів”

Для плити, закріпленої від переміщень у вузлових точках *ABCD* за напрямками осей xu , товщиною 0,1 м (рис.3), з розмірами табл.3.1, закріпленням табл.3.2, та навантаженням табл.3.3, 3.4 необхідно:

а) розбити плиту не менше ніж на три трикутні та прямокутні скінченні елементи;

б) для механічних характеристик матеріалу $E = 0,2 \cdot 10^5$ МПа, $\nu = 0,17$ скласти матриці жорсткості скінченних елементів в локальній системі координат;

в) скласти співвідношення між переміщеннями вузлів окремих скінченних елементів та зовнішніми переміщеннями балки-стінки в глобальній системі координат;

г) скласти матрицю зовнішньої жорсткості скінченно-елементної моделі;

д) визначити переміщення вузлів скінченно-елементної моделі;



е) здійснити розрахунок напружено-деформованого стану плити методом скінченних елементів.

Коефіцієнт пружного опору основи (коефіцієнт Вінклера)
 $k = 50 \text{ МН/м}^3$.

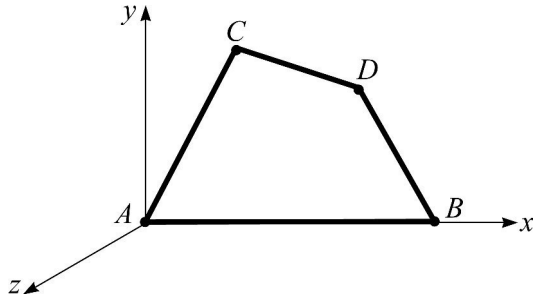


Рис. 3. Схема плити

Підбір розмірів плити

Табл.3.1

Остання цифра суми цифр шифру	Координати кутових вузлів плити (x;y)			
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
1	(0;0)	(1,5;0)	(0;1,3)	(1,5;1,3)
2	(0;0)	(2;0)	(0;1,4)	(2,6;1,4)
3	(0;0)	(1,2;0)	(0,6;1)	(1,2;1,0)
4	(0;0)	(1,4;0)	(0;0,9)	(0,4;0,9)
5	(0;0)	(2,0;0)	(0,7;1,1)	(2,7;1,1)
6	(0;0)	(0,9;0)	(0;0,7)	(0,9;1,8)
7	(0;0)	(1,2;0)	(0;0,6)	(0,6;0,6)
8	(0;0)	(2;0)	(0,5;0,5)	(1,5;0,5)
9	(0;0)	(1,8;0)	(0;0,9)	(1,8;0,9)
0	(0;0)	(1,6;0)	(0,8;0,8)	(1,6;0,8)



Умови закріплення вузлів плити

Перед- остання цифра шифру	Закріплення вузлів плити елементарними лінійними та кутовими в'язями			
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
1	навколо x	вздовж z	навколо y	вздовж z
2	вздовж z	навколо y	навколо x	вздовж z
3	навколо y	вздовж z	вздовж z	навколо x
4	вздовж z	навколо x	навколо y	вздовж z
5	вздовж z	навколо x	вздовж z	навколо y
6	навколо y	вздовж z	навколо x	вздовж z
7	вздовж z	вздовж z	навколо y	навколо x
8	навколо x	вздовж z	вздовж z	навколо x
9	навколо x	навколо y	вздовж z	вздовж z
0	навколо y	вздовж z	вздовж z	вздовж z

Табл.3.3

Зовнішнє вузлове навантаження на плиту
у напрямку осі z , або навколо осей x та y

№	<i>A</i>			<i>B</i>			<i>C</i>			<i>D</i>	
	z кН	x кНм	y кНм	z кН	x кНм	y кНм	z кН	x кНм	y кНм	z кН	x кНм
1	-5	4	-	-2	-	3	-6	-	3	-2	-
2	-	3	3	-5	6	-	-7	1	-	-3	1
3	-2	-	7	-	3	2	-5	-	3	-5	6
4	-2	5	-	-4	-	1	-	2	3	-2	-
5	-	10	6	-7	5	-	-	8	7	-	3
6	-7	-	15	-2	-	6	-5	-	3	-5	2
7	-3	2	-	-1	4	-	-4	1	-	-	3
8	-	4	1	-	3	2	-2	-	5	-4	-
9	-2	-	3	-5	-	7	-	6	7	-7	8
0	-5	-	1	-1	-	8	-7	-	3	-9	10
	<i>a</i>			<i>б</i>			<i>в</i>			<i>б</i>	



Розподілене навантаження нормальне до
поверхні плити (елемента плити)

Остання цифра шифру	По першому скінченному елементу	По першому і другому скінченних елементах	По першому і третьому скінченних елементах	По другому і третьому скінченних елементах
	кН/м ²	кН/м ²	кН/м ²	кН/м ²
1	-10			
2		-5		
3			-6	
4				-7
5	-7			
6		-6		
7			-4	
8				-7
9	-5			
0		-7		

ЛІТЕРАТУРА

1. Дорошук Г. П., Трач В. М. Будівельна механіка з елементами комп'ютерних технологій: Підручник. – Рівне НУВГП, 2005. – 566 с.
2. Дорошук Г. П., Трач В. М. Будівельна механіка приклади, задачі та комп'ютерні розрахунки: Навчальний посібник. – Рівне НУВГП, 2008. – 472 с.
3. Дорошук Г. П., Трач В. М. Основи будівельної механіки: Підручник. – Рівне УДУВГП, 2003. – 504 с.
3. Баженов В.А., Гранат С.Я., Шишов О.В. Будівельна механіка. Комп'ютерний курс: Підручник. – К.:, 1999. – 584 с.
4. Мартиненко А.О., Подворний А.В. „Опір матеріалів (спеціальний курс)” Частина 1, Рівне, 2010, 334 с.
5. Опір матеріалів з основами теорії пружності і пластичності: У 2 ч., 5 кн.- За ред. В.Г. Піскунова.- К.: Вища школа, 1994.- 204 с.