

Міністерство освіти і науки України

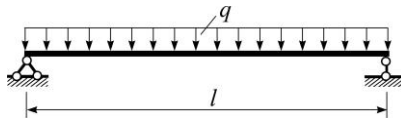
Національний університет водного господарства та природокористування

Кафедра мостів і тунелів, опору матеріалів
і будівельної механіки

03-05-56

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та виконання самостійних завдань
з навчальної дисципліни «*Опір матеріалів*»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійними програмами
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
всіх форм навчання



Рекомендовано науково-методичною радою з якості ННІ будівництва та архітектури протокол № 4 від 31.03.2020 р.

Рівне – 2020

Методичні вказівки до практичних занять та виконання самостійних завдань з навчальної дисципліни «Опір матеріалів» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійними програмами спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» всіх форм навчання [Електронне видання] / Андрушков В. І., Гуртовий О. Г., Тинчук С. О. – Рівне : НУВГП, 2020. – 28 с.

Укладачі: Андрушков В. І., кандидат технічних наук, доцент кафедри мостів і тунелів, опору матеріалів і будівельної механіки; Гуртовий О. Г., кандидат технічних наук, доцент кафедри мостів і тунелів, опору матеріалів і будівельної механіки; Тинчук С. О., кандидат технічних наук, доцент кафедри мостів і тунелів, опору матеріалів і будівельної механіки.

Відповідальний за випуск: Трач В. М., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри мостів і тунелів, опору матеріалів і будівельної механіки.

Керівник групи забезпечення спеціальності

Бабич Є. М.

© Андрушков В. І.,
Гуртовий О. Г.,
Тинчук С. О., 2020
© НУВГП, 2020

З М І С Т

	стор.
1. <i>Передмова</i>	4
2. Геометричні характеристики перерізів <i>Задача 1. Визначення геометричних характеристик плоских перерізів</i>	5
3. Розрахунки на міцність та жорсткість при центральному розтягу (стиску) <i>Задача № 2. Розрахунок центрально стиснутого східчастого бруса</i>	7
<i>Задача № 3. Розрахунок на міцність статично невизначних стержневих систем</i>	10
4. Зусилля в балках. Повний розрахунок балки на міцність та жорсткість з аналізом її напруженого стану <i>Задача № 4. Побудова епюр поперечних сил та згинальних моментів для статично визначних балок і розрахунок їх на міцність</i>	13
<i>Задача № 5. Розрахунок статично визначної балки на міцність і жорсткість з аналізом її напруженого стану</i>	16
5. Складний опір <i>Задача № 6. Розрахунок статично визначної балки на міцність і жорсткість при деформації косоного згину</i>	18
<i>Задача № 7. Розрахунок бруса на міцність при позакентровому стиску</i>	21
6. Стійкість центрально стиснутих стержнів <i>Задача № 8. Розрахунок центрально стиснутого стержня на стійкість за допомогою коефіцієнта поздовжнього згину</i>	22
<i>Задача № 9. Визначення несної здатності центрально стиснутого стержня</i>	25
7. Розрахунки балки при поперечному ударі <i>Задача № 10. Розрахунок балки при поперечному ударі</i>	25
8. <i>Література</i>	28

1. ПЕРЕДМОВА

Практична діяльність бакалавра-будівельника потребує знань про роботу елементів конструкцій під силовим впливом, вміння раціонально обрати матеріал для конструкцій та засоби підвищення їх надійності, довговічності та економічності.

Для набуття навичок розв'язання професійних задач при проектуванні елементів будівельних споруд студенти окрім роботи на практичних заняттях з навчальної дисципліни «Опір матеріалів» виконують самостійні роботи, передбачені робочою програмою, у вигляді індивідуального завдання.

Кожен студент самостійно виконує завдання, варіант та вихідні дані до якого вибирає за індивідуальним шифром із трьох цифр, який йому видає викладач, та першими трьома літерами алфавіту, розташованими під шифром, наприклад:

$$\begin{matrix} 3 & 1 & 2 \\ a & б & в \end{matrix}$$

Числові значення вихідних даних до кожного варіанта слід вибирати із вказаної в тексті задачі таблиці на перетині відповідних цифр і літер шифру (рис. 1.1).

№ рядка	○	○	○
1		•	
2			•
3	•		
	a	б	в

Рис. 1.1. Схема вибору із таблиць даних до задач згідно шифру

Виконання завдання слід розпочати з ретельного вивчення відповідного теоретичного матеріалу, умови задачі, послідовності її розв'язку та методичних вказівок до неї.

Розв'язок потрібно обов'язково супроводжувати відповідними поясненнями та малюнками. У розрахунках використовується міжнародна система одиниць *СИ*.

Оформлення закінченої роботи здійснюється на листах формату А4.

2. ГЕОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕРІЗІВ

Задача № 1. Визначення геометричних характеристик плоских перерізів.

Умова задачі. Для заданого складеного із декількох простих фігур поперечного перерізу елемента конструкції (рис. 2.1.) потрібно визначити геометричні характеристики, які в подальшому використовуватимуться в розрахунках на міцність, жорсткість та стійкість.

Послідовність розв'язання задачі.

1. Визначити положення центра маси перерізу та ввести систему паралельних власних центральних та загальних центральних осей.

2. Обчислити осьові та відцентрові моменти інерції відносно власних центральних осей для кожного елемента складеного перерізу.

3. Обґрунтувати положення головних центральних осей інерції заданого перерізу.

4. Обчислити головні центральні моменти інерції заданого перерізу.

5. Обчислити головні центральні радіуси інерції перерізу.

6. Обчислити осьові моменти опору перерізу.

7. Відносно головної центральної осі, яка не являється віссю симетрії перерізу, обчислити статичний момент частини перерізу над цією віссю.

Дані для задачі взяти з таблиці 2.1.

Примітка.

1. Допоміжну систему координат найраціональніше вибрати так, щоб одна з її осей збігалася з віссю симетрії перерізу.

2. Відцентровий момент інерції кутика відносно власних центральних осей, які паралельні до полиць, обчислювати за

формулою $I_{z_c y_c} = \pm \frac{I_{max} - I_{min}}{2} \sin 2\alpha_0$. Він буде додатнім,

якщо більша частина площі кутика розташована в 1-й та 3-й чвертях системи координат, і навпаки.

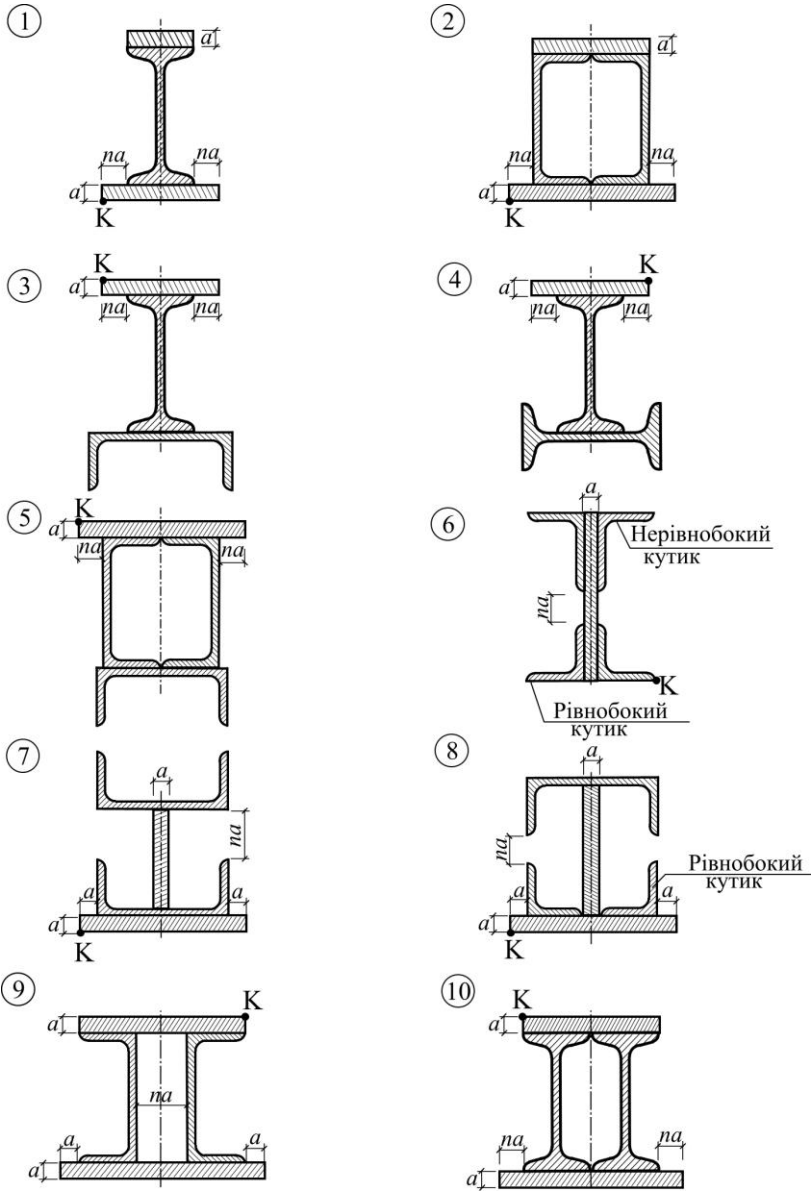


Рис. 2.1. Схеми перерізів (до задач №1; №7 та №9)

Таблиця 2.1

Дані до задач №1, №7, №9

№ рядка	Форма перерізу (Рис. 2.1)	Двогавр	Швелер	Куттик	Куттик	Розмір a (мм)	n
				рівнобокий	нерівнобокий		
№ за сортаментами для сталевого прокату							
1	1	16	16	90×90×8	75×50×8	8	1,5
2	2	18	18	100×100×12	80×50×6	10	2,0
3	3	20	20	110×110×8	90×56×8	12	2,5
4	4	22	22	125×125×14	110×63×10	14	3,0
5	5	24	24	140×140×12	110×70×8	16	3,5
6	6	27	27	160×160×14	125×80×10	18	4,0
7	7	30	30	180×180×12	140×90×10	20	2,4
8	8	33	33	200×200×20	160×100×12	22	3,2
9	9	36	36	220×220×14	180×110×12	24	3,8
0	10	40	40	250×250×22	200×125×14	26	1,8
	ν	ν	δ	a	δ	δ	a

3. РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ ТА ЖОРСТКІСТЬ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМУ РОЗТЯГУ (СТИСКУ)

Задача №2. Розрахунок центрально стиснутого східчастого бруса.

Умова задачі та послідовність її розв'язання.

Для східчастого бруса (рис.3.1), який знаходиться під дією зосереджених сил F_1 , F_2 , F_3 та власної ваги, необхідно:

1. Визначити з умови міцності площі A_1 , A_2 , A_3 та розміри поперечних перерізів бруса (рис.3.2).
2. Побудувати епюру поздовжніх зусиль N .
3. Побудувати епюру нормальних наруг σ .
4. Знайти переміщення перерізу I-I відносно опорної поверхні.

Дані до задачі взяти з табл. 3.1.

Примітка. Питома вага, модуль пружності, розрахунковий опір матеріалів наведені в табл. 3.2 і обираються за індивідуальним шифром.

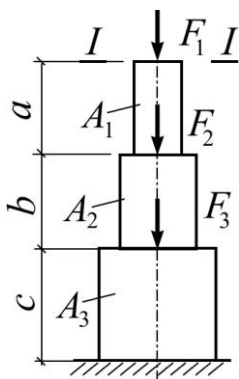


Рис. 3.1. Схема навантаження східчастого бруса

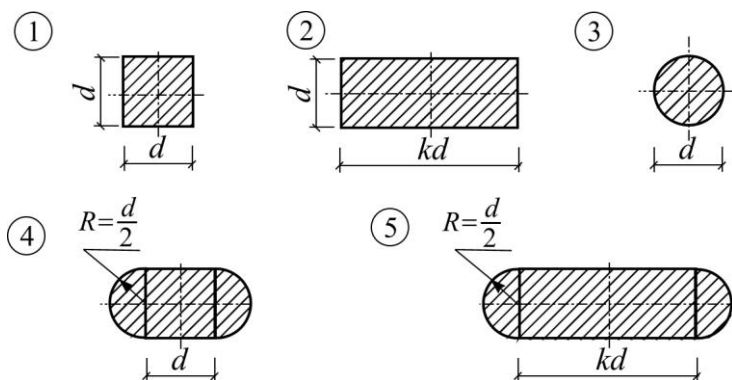


Рис. 3.2. Форми поперечних перерізів бруса

Таблиця 3.1

Дані до задачі № 2

№ рядка	Форма перерізу (Рис. 3.2.)	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	F_1	F_2	F_3	Матеріал ділянок бруса			<i>k</i>
		<i>m</i>			<i>кН</i>			<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	
1	1	2,5	3	2,7	300	350	370	Б	К	Ц	1,2
2	2	2,6	2,9	2,8	380	220	400	Б	Ц	К	1,3
3	3	2,7	2,8	2,9	250	370	380	К	К	Б	1,4
4	4	2,8	2,7	3,0	320	410	270	Ц	Б	Ц	1,5
5	5	2,9	2,6	2,5	350	380	250	К	Ц	К	1,6
6	1	3,0	2,5	2,6	270	370	360	Б	К	Б	1,7
7	2	2,5	3,0	2,7	200	240	560	Ц	Б	Ц	1,8
8	3	2,6	2,9	2,8	400	350	300	К	Ц	К	1,9
9	4	2,7	2,8	2,9	420	330	230	Б	К	Б	2,0
0	5	2,8	2,7	3,0	360	280	360	Ц	Б	Ц	2,1
	<i>v</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>v</i>	<i>v</i>			<i>v</i>			<i>b</i>

Таблиця 3.2

Фізико-механічні характеристики матеріалів

Матеріал Фіз.-мех. характеристики	Цегляна кладка “Ц”	Кам’яна кладка “К”	Бетон “Б”
Розрахунковий опір стиску R_c , (МПа)	1,5 ÷ 3,9	0,85 ÷ 2,5	1,5 ÷ 7,0
Модуль пружності E , (МПа)	2000	3000	(1,4 ÷ 2,4) · 10 ⁴
Питома вага γ , (кН/м ³)	19 ÷ 20	20 ÷ 22	22 ÷ 24

Примітка: Меншим значенням розрахункового опору R відповідає менше значення питомої ваги γ даного будівельного матеріалу.

Задача №3. Розрахунок на міцність статично невизначних стержневих систем.

Умова задачі. Виконати розрахунок статично невизначної стержневої системи (рис. 3.3), завантаженої розрахунковим навантаженням F . Брус AB вважати абсолютно жорстким, опори – шарнірно-нерухомими, з'єднання стержнів 1 і 2 з брусом та опорними поверхнями – шарнірними.

Дані для розрахунку взяти з табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Дані до задачі №3

№ рядка	№ схеми (Рис. 3.3)	F , кН	Розміри		$k = \frac{A_1}{A_2}$	Матеріал	
			a , м	b , м		стержня 1	стержня 2
1	1	260	1,7	1,7	0,5	чавун	чавун
2	2	280	1,8	1,8	0,25	сталь Ст.3	сталь Ст.3
3	3	300	1,9	1,9	0,3	мідь	мідь
4	4	320	2,0	2,0	0,4	чавун	чавун
5	5	340	2,1	2,1	1	сосна	сосна
6	6	380	2,2	2,2	2	мідь	мідь
7	7	400	2,3	2,3	3	бронза	бронза
8	8	420	2,4	2,4	0,5	дюралюм.	дюралюм.
9	9	440	2,5	2,5	0,8	сталь Ст.3	сталь Ст.3
0	10	460	2,6	2,6	0,9	сосна	сосна
	в	б	а	в	а	б	в

Примітка. Розрахункові опори та модулі пружності матеріалів стержнів взяти з табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Фізико-механічні характеристики матеріалів

Матеріал	Модуль пружності E , МПа	Розрахунковий опір R , МПа	
		розтягу	стиску
Сталь Ст.3	$2,0 \cdot 10^5$	210	210
Чавун	$1,6 \cdot 10^5$	50	140
Мідь	$1,0 \cdot 10^5$	80	80
Бронза	$1,1 \cdot 10^5$	90	90
Сосна	$1,0 \cdot 10^4$	8	14
Дюралюмін	$7,1 \cdot 10^4$	110	110

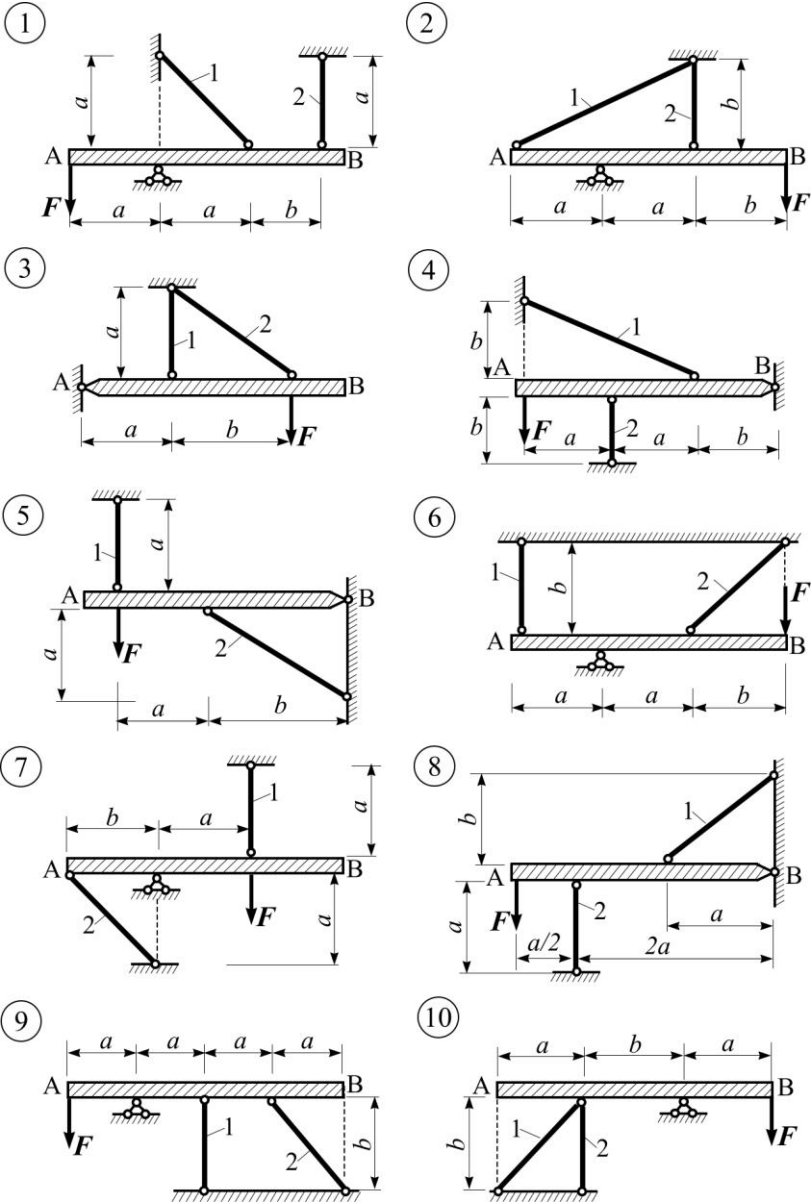


Рис.3.3. Схемы статично невизначних стержневих систем

Послідовність розв'язання задачі.

1. Визначити ступінь статичної невизначеності стержневої конструкції.

2. Скласти рівняння рівноваги для абсолютно жорсткого бруса AB (статичний бік задачі).

3. Скласти рівняння сумісності деформацій (геометричний бік задачі). При цьому застосувати гіпотезу про малі деформації, згідно з якою можна вважати, що:

а) вузли приєднання стержнів 1 та 2 до бруса AB зміщуються лише вертикально;

б) кути нахилу стержнів залишаються незмінними (змінюються нехтовно мало).

4. Виразити за законом Гука абсолютні деформації стержнів 1 та 2 через поздовжні зусилля N_i , що виникатимуть у них внаслідок навантаження (фізичний бік задачі).

5. Розв'язати систему статичних, геометричних та фізичних рівнянь відносно поздовжніх зусиль N_1 та N_2 .

6. Із умови міцності при розтягу (стиску), знаючи розрахунковий опір матеріалу (табл. 3.2), визначити площі поперечних перерізів стержнів A_1 і A_2 .

Зауваження: необхідно пам'ятати, що силовий стан системи залежить від співвідношення жорсткостей стержнів (EA), а задане умовою задачі співвідношення не є оптимальним за витратою матеріалу.

7. Визначити площі поперечних перерізів стержнів A_1^* та A_2^* такі, що одночасно задовольняють:

а) умови міцності ($A_1^* \geq A_1$; $A_2^* \geq A_2$);

б) умови співвідношення площ перерізів ($A_1^* = kA_2^*$);

в) умову найменшої витрати матеріалу.

Задовольняються ці умови наступним простим методом:

– приймаємо $A_1^* = A_1$;

– визначаємо $A_2^* = A_1^* / k$;

– перевіряємо виконання умови $A_2^* \geq A_2$.

Якщо остання умова виконується то задачу розв'язано, а якщо ні, то приймаємо $A_2^* = A_2$ та визначаємо $A_1^* = kA_2^*$.

8. Визначити перевитрату матеріалу (в %) на стержень, для якого умова міцності виконується як нерівність.

4. ЗУСИЛЛЯ В БАЛКАХ. ПОВНИЙ РОЗРАХУНОК БАЛКИ НА МІЦНІСТЬ ТА ЖОРСТКІСТЬ З АНАЛІЗОМ ЇЇ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ

Задача № 4. Побудова епюр поперечних сил та згинальних моментів для статично визначних балок і розрахунок їх на міцність.

Умова задачі. Для заданих статично визначних балок (рис. 4.1) побудувати епюри поперечних сил та згинальних моментів і виконати розрахунок балок на міцність.

Послідовність розв'язання задачі.

1. Визначити значення опорних реакцій балки.
2. Побудувати епюри поперечних сил та згинальних моментів.

3. Для сталюї балки (рис. 4.1, б) з умови міцності за нормальними напругами ($R = 210$ МПа) добрати поперечні перерізи: двотавровий, прямокутний (із заданим співвідношенням сторін h/b), круглий. Перевірити міцність за дотичними напругами ($R_s = 110$ МПа).

4. Вибрати з підібраних поперечних перерізів найраціональніший, порівнявши їх питомі моменти опору ω :

$$\omega = \sqrt{W_z^2 / A^3}.$$

5. Виконати повну перевірку міцності балки раціонального перерізу. Використати IV теорію міцності.

Дані до задачі взяті з табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Дані до задачі № 4

№ рядка	Схема балки (Рис. 4.1)	a	b	c	F (кН)	M (кНм)	q (кН/м)	h/b
		м						
1	1	1,0	0,8	1,2	40	15	20	3
2	2	1,4	2,0	1,6	25	50	21	4
3	3	1,5	2,4	0,8	50	25	22	2
4	4	2,2	1,8	1,4	30	35	23	1,5
5	5	1,6	3,6	2,4	10	55	24	1,8
6	6	1,8	3,0	1,8	15	20	25	2,2
7	7	2,0	1,4	0,7	20	15	26	3,5
8	8	2,4	2,4	2,2	35	10	27	3,3
9	9	1,7	1,0	2,6	45	30	28	1,2
0	10	1,5	1,2	1,0	20	28	29	1,0
	в	в			б	а	б	в

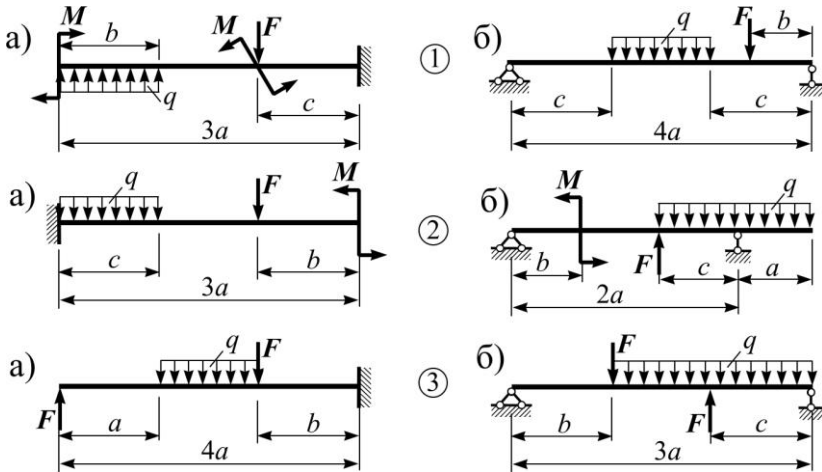


Рис. 4.1. Схеми балок

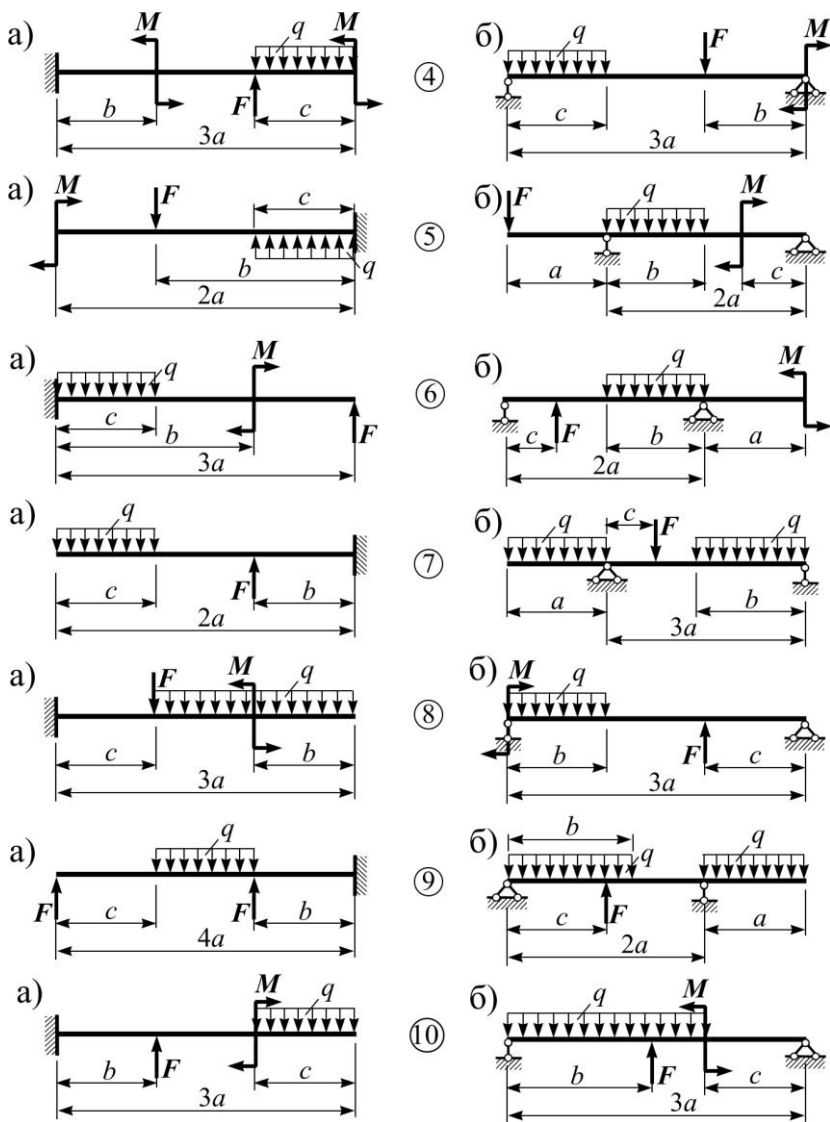


Рис. 4.1. Схеми балок (продовження)

Задача № 5. Розрахунок статично визначної балки на міцність і жорсткість з аналізом її напруженого стану.

Умова задачі. Для заданої сталеві балки (рис. 4.2а, або рис. 4.2б) побудувати епюри поперечних сил та згинальних моментів; добрати двотавровий переріз; провести аналіз напруженого стану балки в небезпечному перерізі; побудувати епюри прогинів та кутів повороту поперечних перерізів балки і дати оцінку її жорсткості.

Дані взяти з табл. 4.2. Знак мінус означає, що напрямок дії навантаження протилежний показаному на рисунку.

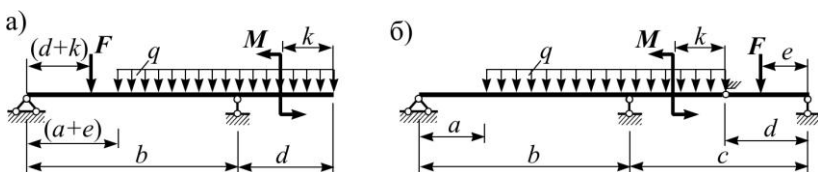


Рис. 4.2. Схеми навантаження двотаврових сталевих балок

Таблиця 4.2

Дані до задачі № 5

№ рядка	q (кН/м)	F (кН)	M (кНм)	a	b	c	d	e	k
1	20	120	10	0,5	3,0	3,0	1,0	0,5	2,5
2	30	-130	-12	0,8	3,5	3,5	1,2	0,6	3,0
3	-20	100	14	1,1	4,0	4,0	1,4	0,7	4,0
4	40	-80	-16	1,4	4,5	4,5	1,6	0,8	1,0
5	-10	110	18	0,6	5,0	5,0	1,8	0,9	3,5
6	25	-90	-20	0,9	5,5	5,5	2,0	0,8	1,5
7	-25	125	22	1,0	6,0	6,0	1,9	0,7	1,8
8	10	135	-24	1,3	3,8	3,8	1,7	0,6	2,0
9	35	-95	26	0,7	4,8	4,8	1,5	0,5	3,0
0	-45	60	28	1,5	5,8	5,8	1,3	0,4	2,5
	<i>v</i>	<i>б</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>v</i>	<i>б</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>v</i>

Послідовність розв'язання задачі.

1. Визначити опорні реакції. Перевірити правильність їх обчислень.

2. Побудувати епюри поперечних сил та згинальних моментів.

3. Добрати двотавровий переріз балки ($R = 210$ МПа).

4. Перевірити міцність балки за дотичними напругами ($R_s = 110$ МПа).

5. Перевірити міцність балки за головними напругами (використати IV теорію міцності).

6. Провести повний аналіз напруженого стану балки в небезпечному перерізі, визначивши в семи точках двотаврового перерізу головні напруги та положення головних площинок, а також в кожній з цих точок максимальні дотичні напруги.

7. Побудувати для небезпечного перерізу епюри нормальних, дотичних, головних та максимальних дотичних напруг.

8. У кожній з семи точок перерізу показати головні площинки та головні напруги, що діють на них.

9. Побудувати епюри кутів повороту $\theta(x)$ та прогинів $\nu(x)$ перерізів балки. Перевірити жорсткість, приймаючи для прогону балки

$$\nu_{adm} = \frac{1}{250} l_{np}.$$

Примітка: 1. Головні напруги та положення головних площинок можна визначити за формулами:

$$\sigma_{1,3} = \frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}; \quad \operatorname{tg} 2\alpha_0 = -\frac{2\tau}{\sigma},$$

де σ та τ – нормальні та дотичні напруги в розглядуваній точці перерізу, а α_0 – кут між віссю x балки та вектором наруги σ_1 .

Максимальні дотичні напруги можна визначити за формулою:

$$\tau_{\max} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}.$$

2. Ординати епюру $\theta(x)$ і $\nu(x)$ слід визначати в усіх характерних перерізах, але відстань між двома сусідніми перерізами не повинна перевищувати $b/4$ та $c/4$ у відповідних прогонах з довжинами b та c .

3. Координати x точок екстремумів прогинів $\nu(x)$ визначити за епюрою $\theta(x)$ наближено, використовуючи лінійну апроксимацію θ між сусідніми обчисленими значеннями кутів θ в перерізах балки.

5. СКЛАДНИЙ ОПІР

Задача № 6. Розрахунок статично визначної балки на міцність і жорсткість для деформації косоного згину.

Умова задачі. Для двотаврової балки (рис.5.1а,б) добрати поперечний переріз; побудувати епюру нормальних напруг для небезпечного перерізу балки; визначити прогин перерізу C балки.

Дані взяти з табл. 5.1.

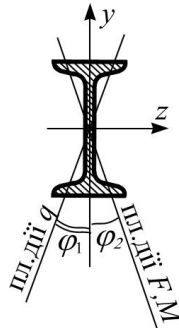


Рис. 5.1а. Напрямок дії зовнішнього навантаження

Таблиця 5.1

Дані до задачі №6

№ рядка	Схема балки (Рис.5.1б)	q , кН/м	F , кН	M , кНм	l , (м)	α	β	φ_1	φ_2
								град.	
1	1	4	20	15	2,0	0,5	0,4	5	0
2	2	5	22	12	3,5	0,6	0,1	0	6
3	3	6	24	10	1,6	0,7	0,2	6	0
4	4	7	26	18	2,6	0,8	0,3	0	5
5	5	8	28	20	5,0	0,9	0,4	7	0
6	6	9	30	22	1,8	0,5	0,2	0	7
7	7	10	32	25	2,2	0,4	0,3	8	0
8	8	11	34	26	2,4	0,3	0,4	0	8
9	9	12	36	28	4,7	0,7	0,2	9	0
0	10	13	38	30	5,2	0,6	0,3	0	10
	<i>в</i>	<i>б</i>	<i>б</i>	<i>а</i>	<i>в</i>	<i>б</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>в</i>

Послідовність розв'язання задачі.

1. Побудувати епюри згинальних моментів в головних площинах балки, та встановити небезпечні перерізи за комбінаціями цих моментів.

2. Добрати двотавровий поперечний переріз балки ($R = 210$ МПа).

3. Визначити положення нейтральної лінії в небезпечному перерізі балки та побудувати для цього перерізу епюру нормальних наруг шляхом геометричного складання епюр σ від роздільної дії вертикального M_z і горизонтального M_y згинальних моментів.

4. Перевірити міцність стінки та полиць двотавра за дотичними наругами ($R_s = 110$ МПа).

5. Визначити повний прогин перерізу C балки.

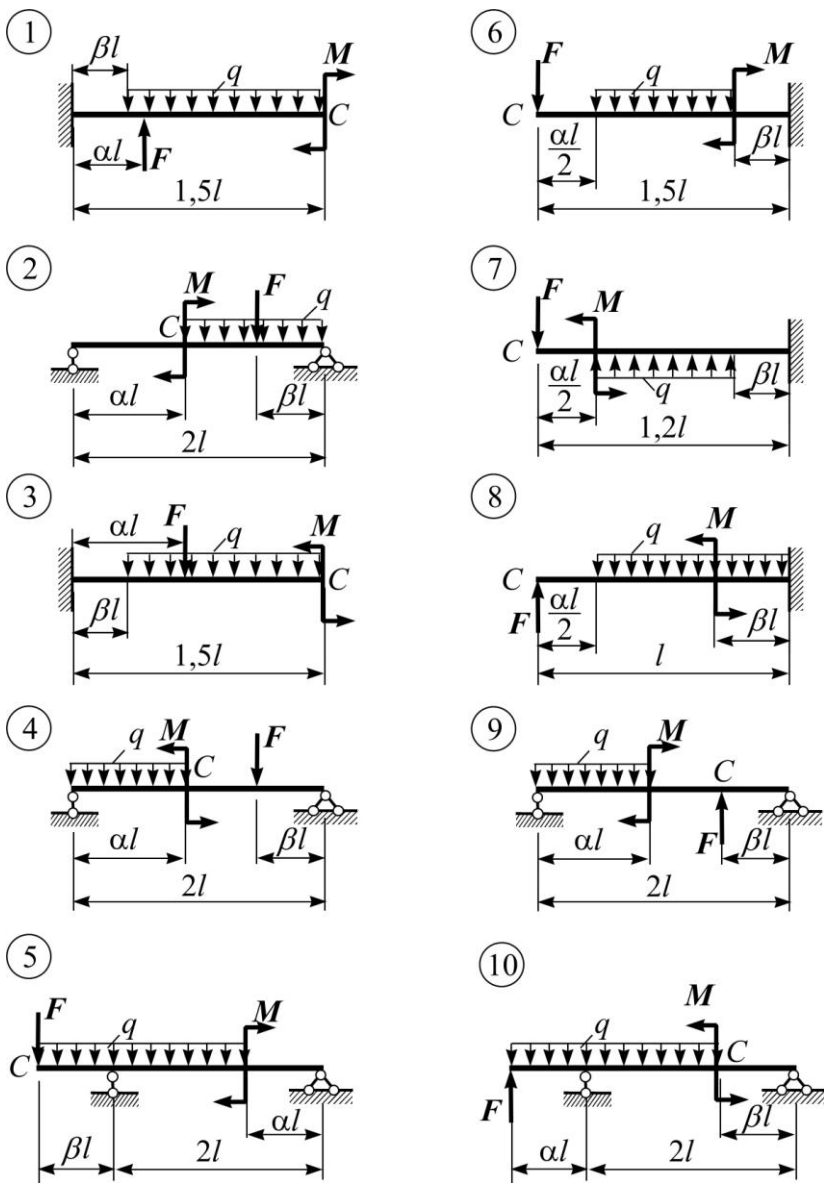


Рис. 5.1б. Схеми балок до задачі № 6

Примітка: 1. Якщо епюри згинальних моментів в головних площинах такі, що вказати одразу небезпечний переріз не можна, то вибирають кілька небезпечних („підозрілих”) перерізів і для них здійснюють підбір розмірів.

2. Підбір перерізу прокатних балок здійснюють способом послідовних спроб. В першій спробі можна рекомендувати виконати підбір перерізу при дії окремо тільки $M_{z, max}$, а потім окремо тільки $M_{y, max}$. Взявши більший із двох отриманих перерізів, потрібно перевірити його міцність при одночасній дії обох моментів M_z, M_y . Якщо умова міцності не виконується, номер профілю послідовно збільшують, доки не буде забезпечена його міцність в даному перерізі. Далі отриманий переріз перевіряють на міцність в інших небезпечних перерізах.

Задача № 7. Розрахунок бруса на міцність при позацентровому стиску.

Умова задачі. Короткий сталевий брус, поперечний переріз якого показаний на рис. 2.1., стискається силою F , що прикладена в точці К і направлена паралельно до його поздовжньої осі. Визначити максимально допустиме навантаження F_{adm} , якщо $R = 210$ МПа. Побудувати ядро перерізу.

Дані взяти з табл. 2.1.

Послідовність розв'язання задачі.

1. Визначити площу поперечного перерізу бруса, положення центра маси перерізу, головних осей інерції та координати точки прикладання сили (полюса).

2. Обчислити головні центральні моменти інерції та головні радіуси інерції перерізу.

3. Встановити положення нейтральної лінії.

4. Знайти координати найвіддаленіших від нейтральної лінії точок поперечного перерізу та записати формулу для визначення нормальних напруг в цих точках.

5. З умови міцності за нормальними напругами визначити допустиму величину сили $F = F_{adm}$.

6. Побудувати для поперечного перерізу епюру нормальних напруг від дії F_{adm} .

7. Побудувати ядро перерізу.

6. СТІЙКІСТЬ ЦЕНТРАЛЬНО СТИСНУТИХ СТЕРЖНІВ

Задача № 8. Розрахунок центрально стиснутого стержня на стійкість за допомогою коефіцієнта поздовжнього згину.

Умова задачі. Добрати поперечний переріз заданої форми (рис. 6.2.) для центрально стиснутого стержня (рис. 6.1.) та визначити для нього коефіцієнт запасу стійкості. Стержень сталевий. Дані взяти з табл. 6.1.

Примітка: необхідний коефіцієнт поздовжнього згину вибрати із табл. 6.2. (подано за додатком б із СНІП II-23-81), де R_y – розрахунковий опір за границею текучості.

Таблиця 6.1

Дані до задачі №8

№ рядка	Схема перерізу (Рис. 6.2)	Схема закріплення стержня (Рис. 6.1)	F , кН	l , м	R_y , МПа	δ
1	1	4	150	3,8	200	8
2	2	2	160	3,2	240	10
3	3	3	170	3,4	280	12
4	4	1	180	2,6	320	8
5	5	2	190	3,6	200	10
6	6	1	200	3,5	240	12
7	7	3	210	2,4	280	8
8	8	4	220	4,0	320	10
9	9	3	230	2,7	200	12
0	10	1	240	3,0	240	8
	в	б	а	б	в	а

Таблиця 6.2

Коефіцієнт φ поздовжнього згину центрально стиснутих елементів

Гнучкість λ	Коефіцієнт φ для елементів із сталі з розрахунковим опором R_y , МПа			
	200	240	280	320
10	0,988	0,987	0,985	0,984
20	0,967	0,962	0,959	0,955
30	0,939	0,931	0,924	0,917
40	0,906	0,894	0,883	0,873
50	0,869	0,852	0,836	0,822
60	0,827	0,805	0,785	0,766
70	0,782	0,754	0,724	0,687
80	0,734	0,686	0,641	0,602
90	0,665	0,612	0,565	0,522
100	0,599	0,542	0,493	0,448
110	0,537	0,478	0,427	0,381
120	0,479	0,419	0,366	0,321
130	0,425	0,364	0,313	0,276
140	0,376	0,315	0,272	0,240
150	0,328	0,276	0,239	0,211
160	0,290	0,244	0,212	0,187
170	0,259	0,218	0,189	0,167
180	0,233	0,196	0,170	0,150
190	0,210	0,177	0,154	0,136
200	0,191	0,161	0,140	0,124
210	0,174	0,147	0,128	0,113
220	0,160	0,135	0,118	0,104

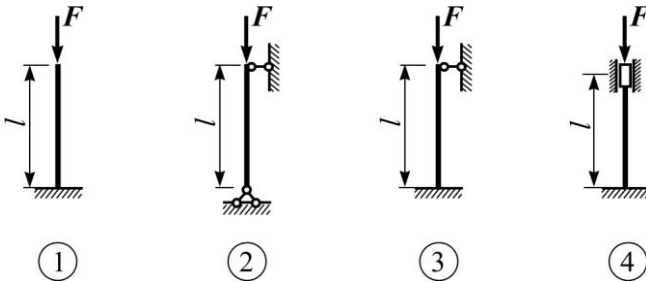


Рис. 6.1. Схеми закріплення центрально стиснутих стержнів

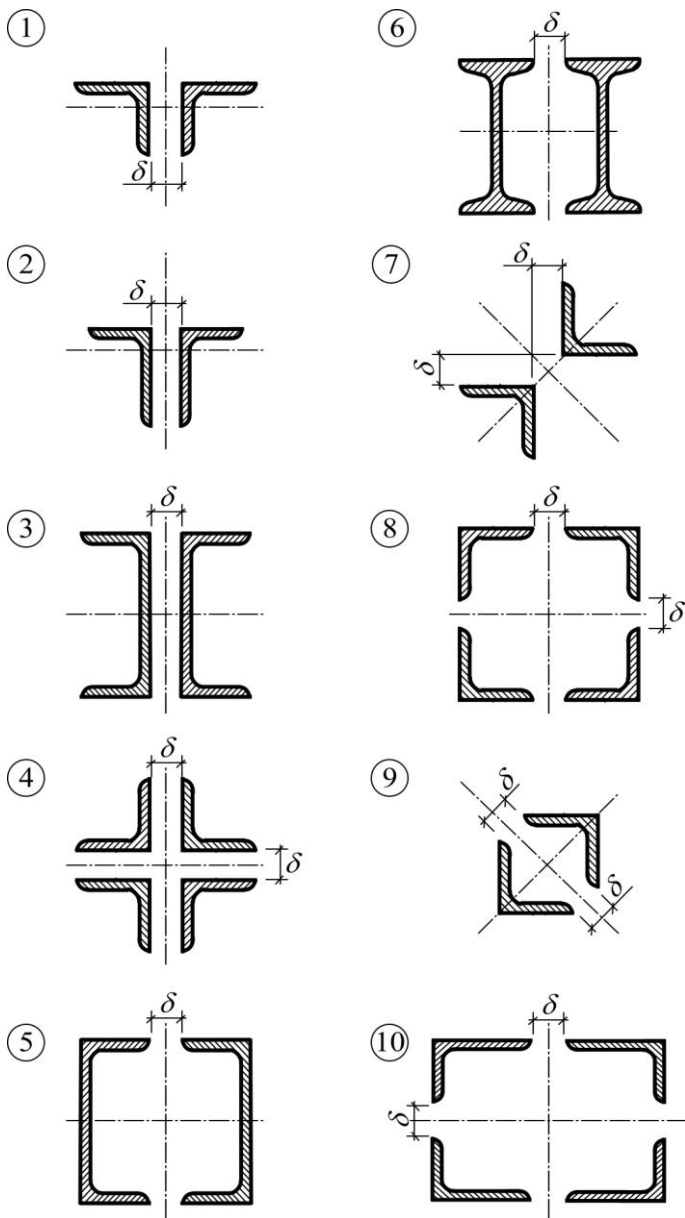


Рис. 6.2. Схеми поперечних перерізів стиснутих стержнів

Примітка: в схемах 2 та 10 кутики – нерівнобокі.

Послідовність розв'язання задачі.

1. Шляхом послідовних наближень добрати поперечний переріз стиснутого стержня, виготовленого із сталюого прокату.

2. Визначити критичне значення сили F та коефіцієнт запасу стійкості n_s .

3. Встановити максимальну відстань між поперечними планками, що з'єднують окремі гілки стержня.

Задача №9. Визначення несної здатності центрально стиснутого стержня.

Умова задачі. Знайти допустиме навантаження на центрально стиснутий стержень. Довжину стержня l та схему його закріплення вибрати з табл. 6.1 та рис. 6.1, а поперечний переріз вибрати за табл. 2.1 та рис. 2.1.

Послідовність розв'язання задачі.

1. Визначити площу поперечного перерізу, положення його центра маси, головні центральні моменти інерції.

2. Обчислити мінімальний радіус інерції.

3. Знайти гнучкість стержня і за її значенням вибрати із табл. 6.2. коефіцієнт поздовжнього згину.

4. Обчислити допустиме навантаження на стержень.

5. Визначити критичне значення сили F_{cr} та коефіцієнт запасу стійкості.

7. РОЗРАХУНКИ БАЛКИ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМУ УДАРИ

Задача №10. Розрахунок балки при поперечному ударі.

Умова задачі. Визначити динамічні нормальні напруги, які виникають в небезпечному перерізі сталюї балки, а також стрілу динамічного прогину від вертикального поперечного удару по балці внаслідок падіння з висоти H вантажу масою m (рис.7.1). Визначити статичне навантаження, що призвело б до виникнення напруг та деформацій, що дорівнюють динамічним.

Дані для розв'язку задачі взяти з табл. 7.1.

Послідовність розв'язання задачі.

1. Для заданої балки, рахуючи, що навантаження $F = mg$ прикладене статично, побудувати епюру згинальних моментів та визначити максимальну статичну напругу.

2. Від статичної дії навантаження методом початкових параметрів визначити прогин балки в точці прикладання вантажу масою m , а також максимальний прогин балки.

3. Визначити динамічний коефіцієнт k_d , знехтувавши вагою балки.

4. Визначити максимальну напругу та максимальний прогин від дії динамічного навантаження.

5. Перевірити міцність сталюї балки. При невиконанні умови міцності збільшити відповідно переріз балки, врахувавши при цьому і зміну величини k_d .

Таблиця 7.1

Дані до задачі №10

№ рядка	Схема балки (Рис. 7.1)	Двотавр	Швелер	m (кг)	l (м)	H (см)
		№ за ГОСТ				
1	1	24	16	50	2,0	5,0
2	2	27	18	55	2,5	5,5
3	3	30	20	60	3,0	6,0
4	4	33	22	65	3,5	6,5
5	5	36	24	70	4,0	7,0
6	6	40	27	75	4,5	7,5
7	7	45	30	80	5,0	8,0
8	8	50	33	85	5,5	8,5
9	9	55	36	90	6,0	9,0
0	10	60	40	95	6,5	9,5
	<i>v</i>	<i>б</i>	<i>б</i>	<i>v</i>	<i>б</i>	<i>v</i>

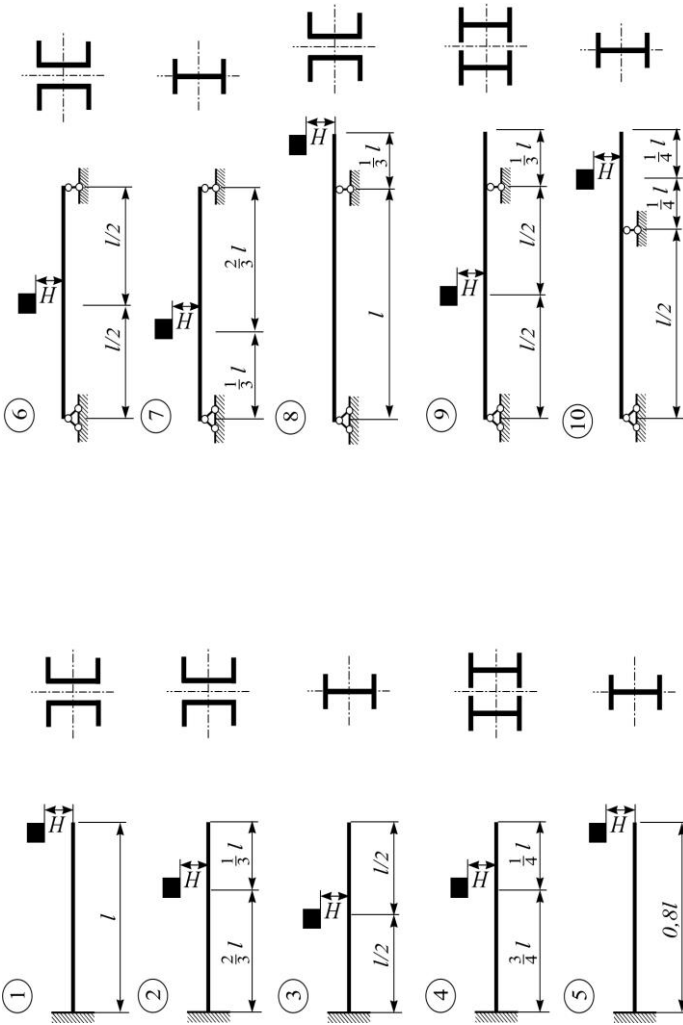


Рис.7.1. Схеми вертикального поперечного удара по балках із вказаними перерізами

ЛІТЕРАТУРА

1. Писаренко Г. С., Квітка О. Л., Уманський Е. С. Опір матеріалів : підручник. За ред. Г. С.Писаренка. Вид. 2-ге, допов. і переробл. Київ : Вища шк., 2004. 655 с.
2. Мошинський С. І., Примак О. П., Гуртовий О. Г. Задачі і приклади з опору матеріалів : навч. посіб. Київ : Освіта України, 2009. 400 с.
3. Піскунов В. Г., Присяжнюк В. К. Опір матеріалів з основами теорії пружності й пластичності у 2-х ч., 5кн. – Ч.1, кн.1. Загальні основи курсу : підручник. За ред. В. Г. Піскунова. Київ : Вища школа, 1994. 204 с.
4. Опір матеріалів з основами теорії пружності й пластичності у 2-х ч., 5кн. – Ч.1, кн.2. Опір бруса : підручник / В. Г. Піскунов та ін.; за ред. В. Г. Піскунова. Київ : Вища шк., 1994. 335 с.