

Дисциплина «Техническая механика»  
(кафедра «Соппротивление материалов и строительная механика»)

**Вступительное слово**

Уважаемые студенты гр. ТТ 13 (дистанционное обучение)! В соответствии с рабочей программой дисциплины (лекций 34 ч., практических занятий 34) Вам необходимо проработать теоретический материал курса лекций, которые будут постоянно пополняться на сайте библиотеки института в течение семестра и выполнить контрольную работу в соответствии с методическим указанием 10/38-2012-01 М/у «Розрахунок пружних систем при простих навантаженнях» Горлівка 2012. По практическим занятиям использовать М/у 10/32-2011-01.

Варианты заданий приведены в приложении и выбираются в соответствии с рекомендациями методических указаний.

По вопросам теоретического материала обращаться к доценту кафедры «Соппротивление материалов и строительная механика» Хныкину Леониду Михайловичу, по практическим заданиям к ассистенту Семененко Игорю Игоревичу.

И отсылать для проверки асс. Семененко И.И. по адресу: [sema\\_sm\\_sm@mail.ru](mailto:sema_sm_sm@mail.ru) По теоретическому материалу курса дисциплины к доценту кафедры Хныкину Л.М. по адресу: [kirilovj@gmail.com](mailto:kirilovj@gmail.com)

Следите за поступающей информацией на сайте библиотеки института.

**Рабочая программа к дисциплине «Техническая механика»**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ ІНСТИТУТ**

Факультет «Транспортні технології»  
Кафедра «Опір матеріалів та будівельна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

РЕКОМЕНДОВАНО:

Декан факультету

В.М.Сокирко

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2008 року

Навчально-методична комісія

факультету, протокол засідання

№ \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2008 р.

Голова комісії

\_\_\_\_\_ М.С.Виноградов

**РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА**

з дисципліни «Технічна механіка»  
циклу дисциплін природничо-наукової підготовки  
спеціальностей «Організація перевезень та управління на  
транспорті (автомобільний)» та «Організація і  
регулювання дорожнього руху»  
галузь знань 0701 «Транспорт і транспортна інфраструктура»  
напрямок підготовки 6.070101 «Транспортні технології  
(автомобільний транспорт)»

Курс – 2, семестр – 3

Обговорено і затверджено кафедрою  
«Опір матеріалів та будівельна механіка»  
протокол № 6 від 7.02.2008 року

Завідувач кафедри  
к.т.н., професор

М.М.Чальцев

Програму склав  
доцент

Л.М.Хникін

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2008р.

Горлівка 2008 р.

Лист перезатвердження робочої навчальної програми  
з дисципліни «Технічна механіка»

Внесено зміни до програми	Рекомендовано кафедрою «Опір матеріалів та будівельна механіка», протокол № _____
_____	від «_____» _____ 20 р.
« _____ » _____ 20 р.	

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

Внесено зміни до програми	Рекомендовано кафедрою «Опір матеріалів та будівельна механіка», протокол № _____
_____	від «_____» _____ 20 р.
« _____ » _____ 20 р.	

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

Внесено зміни до програми	Рекомендовано кафедрою «Опір матеріалів та будівельна механіка», протокол № _____
_____	від «_____» _____ 20 р.
« _____ » _____ 20 р.	

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

## 1. ОРГАНІЗАЦІЙНО-МЕТОДИЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Загальні положення

Робоча програма складена на підставі Галузевого стандарту вищої освіти згідно з навчальними планами спеціальностей 6.100400 «Організація і регулювання дорожнього руху» та 6.100400 «Організація перевезень і управління на транспорті (автомобільний), вимогами Наказу Міністерства освіти України № 161 від 02.07.1993 р.

1.2 Мета викладання дисципліни — надання студентам знань по методам і засобам інженерних розрахунків конструкцій машин, механізмів, споруд, пристроїв та їх елементів на міцність та жорсткість.

1.3 Задачі вивчення дисципліни і основні вимоги до рівня засвоєння змісту дисципліни — навчити студентів складати розрахункові схеми конструкцій та їх елементів; визначити внутрішні сили, напруження та деформації; враховувати фізико-механічні характеристики матеріалів; розраховувати геометричні характеристики перерізів; вести перевірки та проектувальні розрахунки при простих та складних деформаціях за умов економічності конструкцій.

Перелік знань, умінь та навичок студентів після вивчення дисципліни:

- знати історію та тенденції розвитку науки про міцність конструкцій машин, механізмів та споруд; основні теоретичні положення та закони і закономірності технічної механіки;
- вміти складати розрахункові схеми стержнів; розраховувати геометричні характеристики перерізів; визначати фізико-механічні характеристики матеріалів; проводити розрахунки на міцність та жорсткість стержнів та стержневих систем при простих та складних деформаціях;
- вміти аналізувати результати розрахунків на міцність та жорсткість; використовувати одержані знання при рішенні різних технічних задач механіки.

### 1.4 Перелік дисциплін, необхідних для вивчення даної дисципліни

Попередньо вивчаються “Вища математика”, “Фізика», Теоретична механіка», «Матеріалознавство». Місце дисципліни в професійній підготовці студента

Дисципліна «Технічна механіка» відноситься до циклу дисциплін природничо-наукової підготовки. Послідовно вивчаються дисципліни по транспортним засобам та менеджменту транспорту.

## 2. РОЗКЛАД НАВЧАЛЬНИХ ГОДИН

Розподіл навчальних годин дисципліни «Технічна механіка» за основними видами навчальних занять наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Розклад навчальних годин дисципліни «Технічна механіка»

Види навчальних занять	Всього		Семестри		
	Годин	Кре- дитів ECTS	3-й		
Загальний обсяг дисципліни	108	3,5	108	3,5	
<b>1. Аудиторні заняття</b>	<b>68</b>		<b>68</b>		
3 них:					
<b>1.1. Лекції</b>	<b>34</b>		<b>34</b>		
<b>1.2. Практичні заняття</b>	<b>34</b>		<b>34</b>		
<b>2. Самостійна робота</b>	<b>40</b>		<b>40</b>		
3 них:					
<b>2.1. Підготовка до аудиторних занять</b>	<b>28</b>		<b>28</b>		
<b>2.2. Виконання індивідуальних домашніх завдань</b>	12		12		
<b>3.Заходи поточного та підсумкового контролю</b>	11		11		

## 3. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

### 3.1 Лекційні заняття

Мета проведення лекційних занять - надати студентам теоретичний матеріал, ознайомити з основними методами розрахунків на міцність та жорсткість елементів конструкцій, враховуючи їх економічність.

У наслідку вивчення лекційного матеріалу студенти повинні знати:

- основні поняття та визначення технічної механіки;
- історію та тенденції розвитку науки про міцність;
- основні теоретичні положення;
- закони та закономірності;
- методи розрахунків стержнів на міцність та жорсткість при простих та складних деформаціях;

- вміти вести конспект лекцій.

Таблиця 3.1

№ теми	Тема лекції та її зміст	Об'єм в годинах
1	<b>Модуль 1.</b> Наука про опір матеріалів. Поняття та визначення. Гіпотези та принципи. Навантаження. Види навантаження. Розрахункові схеми.	2
2	Метод перерізів. Диференційні залежності між $Q$ , $M$ , $q$ . Особливості побудови епюр внутрішніх сил та перевірки.	2
3	Напруження. Види деформацій. Зв'язок між внутрішніми силами, напруженнями та деформаціями. Види навантажень (лінійне, осьове і об'ємне).	2
4	Геометричні характеристики перерізів. Статичні моменти площі. Моменти інерції простих перерізів. Центр ваги.	2
5	Залежність між моментами інерції при паралельному переносі і повороті координатних вісей. Головні моменти інерції. Радіуси інерції. Порядок розрахунку геометричних характеристик складного перерізу.	2
6	Розтяг (стиск). Напруження. Закон Гука. Механічні властивості матеріалів. Допустимі напруження. Коефіцієнт запасу міцності.	2
7	Статично невизначені системи. Температурні і монтажні напруження. Розрахунок статично невизначених систем.	2
8	Зсув (зріз). Закон Гука. Напруження. Зв'язок між модулями при розтягу та зсуві. Розрахунки при зрізі болтових та зварних з'єднань.	2

9	<b>Модуль 2.</b> Кручення. Напруження. Закон Гука. Епюри крутних моментів . Розрахунок круглого валу на міцність та жорсткість. Розрахунок циліндричних винтових пружин.	2
10	Статично визначені задачі при крученні. Згин. Нормальні і дотичні напруження. Закон Гука. Перевірка міцності балки при згині.	2
11	Переміщення при згині. Диференціальні рівняння зігнутої вісі балки. Метод початкових параметрів для визначення переміщень балки.	2
12	Енергетичні методи визначення переміщень. Потенціальна енергія деформацій. Визначення деформацій методом Мора. Правило Верещагіна.	2
13	Складний опір. Косе згинання. Розрахунки на міцність і жорсткість при складному згині. Згин з розтягом (стиском).	2
14	Позацентровий стиск. Розрахунки на міцність. Нульова лінія. Ядро перерізу.	2
15	Спільна дія згину та кручення. Розрахунки на міцність при згині з крученням.	2
16	Динамічне навантаження. Розрахунки на міцність при власних коливаннях. Змушені коливання. Резонанс. Відбудова від резонансу.	2
17	Ударні навантаження. Напруження і деформація при ударному навантаженні. Розрахунки на міцність і жорсткість.	2

### 3.2 Практичні заняття

Мета проведення практичних занять – розвиток здібностей студентів до самостійного технічного мислення та аналізу, до самостійної творчої роботи, розвиток розуміння фізичних явищ; розвиток уміння та навичок використання теоретичних знань до рішення практичних задач.

У наслідку проведення практичних занять студенти повинні:

- знати необхідний теоретичний матеріал, методи розрахунків на міцність та жорсткість при різних видах деформацій елементів конструкцій;
- розвивати техніку обчислень та навички роботи з довідковою та технічною літературою;
- придбати навички оформлення технічних розрахунків.

Таблиця 3.2

№ теми	Найменування занять	Об'єм в годинах
1	<b>Модуль 1.</b> Визначення напружень при розтягу (стиску) в статично визначених системах.	2
2	Побудова епюр поздовжніх сил та крутних моментів.	2
3	Побудова епюр внутрішніх сил при складних навантаженнях.	2
4	Контрольна робота з побудови епюр внутрішніх сил. Ознайомлення і видання індивідуального завдання № 1	2
5	Визначення геометричних характеристик простих перерізів і перерізів складного профілю.	
6	Контрольна робота з розрахунку геометричних характеристик складного профілю. Побудова епюр $N$ , $\sigma$ , $\Delta l$ .	2
7	Температурні і монтажні системи. Визначення зусиль і напружень в статично невизначених системах.	2
8	Розрахунки ступінчатого стержня на міцність і жорсткість. Модульний контроль МК1.	2
9	<b>Модуль 2.</b> Розрахунки при зсуві на міцність і жорсткість.	2
10	Розрахунок валу на міцність та жорсткість	2
11	Побудова епюр $Q$ , $M$ при згині. Розрахунок статично визначених балок на міцність.	2
12	Ознайомлення і видання індивідуального завдання № 2. Розрахунок на жорсткість методом початкових параметрів.	2
13	Розрахунки на міцність і жорсткість при косому згині.	2
14	Розрахунки на міцність і жорсткість при відцентровому стиску. Побудова ядра перерізу.	2
15	Розрахунок на міцність при згині з крученням. Теорії міцності 1, 2, 3, 4, Мора.	2
16	Розрахунки на міцність з урахуванням сил інерції, змушених і вільних коливань пружних систем. Відбудова від резонансу.	2



17	Розрахунки балочних конструкцій при ударі. Проведення модульного контролю МК2.	2
----	--	---

### 3.3 Самостійна робота студентів

Мета самостійної роботи – засвоєння студентом навчального матеріалу, що надається на лекціях та практичних заняттях, вивчення навчальної, наукової та періодичної фахової літератури.

В результаті самостійної роботи студенти повинні:

- вміти користуватись довідковою та технічною літературою, стандартами, методичними вказівками;
- закріпити та поглибити знання, розвинути техніку обчислень;
- придбати навички оформлення технічних розрахунків;
- розвинути кмітливість у підході до технічних запитань та наполегливість в їх рішенні;
- вміти аналізувати результати розрахунків та приймати фахові рішення.
- 

Таблиця 3.3

№	Найменування роботи та її зміст	Об'єм в годинах
1	Вивчення конспекту лекцій та навчально-методичної літератури	18
2	Підготовка до практичних занять	6
3	Ознайомлення з науковою та періодичною фаховою літературою	4
4	Підготовка до виконання домашніх завдань	12

## 4. ЗАСОБИ ПРОВЕДЕННЯ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

### 4.1 Види контролю:

- поточний контроль;
- модульно-рейтинговий контроль;
- підсумковий (семестровий) контроль-іспит.

Поточний контроль здійснюється на лекційних заняттях у вигляді контрольного опитування і на практичних заняттях шляхом перевірки засвоєння теоретичного матеріалу підготовленості магістрантів до конкретної практичної роботи та захисту робіт.

Модульно-рейтинговий контроль здійснюється у вигляді письмового опитування у два етапи: перший – на восьмому тижні навчання; другий – на сімнадцятому тижні навчання.

Підсумковий контроль здійснюється у вигляді семестрового екзамену. Семестровий екзамен передбачає контроль засвоєння студентами теоретичного та практичного матеріалу.

Студент допускається до семестрового контролю після виконання та захисту всіх розрахунково-проектувальних робіт.

#### 4.2 Критерії оцінки знань студентів

Результати складання іспиту оцінюються оцінками “відмінно”, “добре”, “задовільно”, “незадовільно”, рейтинговою (двадцятибальною) системою та буквами «А», «В», «С», «D», «E», «FX», «F»:

Оцінку «відмінно» з рейтингом 17,00...20,00 - «А», заслуговує студент, що виявляє всебічні і глибокі знання матеріалу, вміє самостійно вирішувати задачі, аналізувати та обґрунтувати прийняті рішення, спроможний вести дискусію з проблем технічної механіки.

Оцінку «добре» з рейтингом 15,25...16,99 - «В», 13,50...15,24 - «С» заслуговує студент, що виявляє повне знання програмного матеріалу, вміє вирішувати задачі, обґрунтувати прийняті рішення, брати участь у дискусії з питань технічної механіки.

Оцінку «задовільно» з рейтингом 11,75...13,49 - «D», 10,00...11,74 – «E» заслуговує студент, що виявляє знання програмного матеріалу, вміє під керівництвом викладача обґрунтувати прийняті рішення та вирішувати задачі з невеликими прорахунками.

Оцінку «незадовільно» з рейтингом 9,00...5,00 - «F», 9,00...5,00 - «FX» заслуговує студент, що виявляє пробіли в знанні основних положень програмного матеріалу, не може використовувати одержані знання при рішенні задач технічної механіки.

Оцінку **“відмінно”** заслуговує студент, що виявляє всебічні і глибокі знання матеріалу та активну участь у семестрових заняттях.

Оцінку **“добре”** заслуговує студент, що виявляє повне знання програмного матеріалу, вміє використовувати одержані знання на практиці та приймає активну участь у семестрових заняттях.

Оцінку **“задовільно”** заслуговує студент, що виявляє достатні знання і вміння вирішувати під керівництвом викладача задачі програмного матеріалу.

Оцінку **“незадовільно”** заслуговує студент, що виявляє пробіли в знанні основних положень програмного матеріалу, не використовує одержані знання для рішення конкретних задач.

#### Поточний контроль

1. Аудиторні контрольні роботи – 1 робота.
2. Розрахунково-проектувальні домашні завдання – 2 завдання.

#### Підсумковий контроль

1. 2 модульних контролі МК1 (за перші 8 учбових тижнів); МК2 (за наступні 8 тижнів). По результатам модульних контролів виставляється екзаменаційна оцінка.

2. Якщо студент не одержав позитивної оцінки по модульному контролю або він має бажання одержати більш високу оцінку, то він складає семестровий іспит.

#### 4.3. Перелік питань для поточного та модульного МК1 контролю знань студентів

1. В чому полягає задача розрахунку на міцність? на жорсткість?
2. Що називається стержнем, оболонкою, пластиною, масивом?
3. Що називається вісью стержня?
4. Що таке конструкція?
5. Що відображає собою розрахункова схема конструкції і в чому вона відрізняється від дійсної конструкції?
6. По яким відзнакам і як класифікують навантаження?
7. Що показує інтенсивність розподіленого навантаження?
8. В яких одиницях виражають зосереджені сили та моменти, інтенсивність силових навантажень?
9. Що являють собою внутрішні сили?
10. Які внутрішні сили виникають в поперечних перерізах стержнів і які види деформації з ними зв'язані?
11. В чому суть методу перерізів?
12. Що називається нормальним та дотичним напруженням? В яких одиницях виміру?
13. Яка залежність між повним, нормальним та дотичним напруженнями в точці даного перерізу?
14. Які деформації називаються лінійними та кутовими?
15. Які основні гіпотези опору матеріалів?
16. В чому полягає принцип незалежності дії сил?
17. Що таке гіпотези площинних перерізів?
18. Яка деформація називається розтягом (стиском)?
19. Як визначається значення поздовжньої сили в довільному поперечному перерізі стержня?
20. Що являє собою епюра поздовжніх сил і як вона будується?
21. Який вигляд мають епюри поздовжніх сил для стержня, навантаженого декількома осьовими зосередженими силами та рівномірно розподіленим осьовим навантаженням?
22. Як розподіляються нормальні напруження при розтязі (стиску) і чому вони рівні?
23. Як будується епюра нормальних напружень?
24. Що називається абсолютною та відносною поздовжньою деформацією? Які їх розмірності?
25. Що називається модулем пружності при розтязі? Як впливає її величина на деформацію стержня?
26. Що називається жорсткістю поперечного перерізу при розтязі (стиску)?
27. Як формулюється закон Гука при розтязі (стиску)?
28. Що називається абсолютною та відносною поперечною деформацією стержня?
29. Що таке коефіцієнт поперечної деформації і які він має значення?
30. В яких коефіцієнтах будується діаграма розтягу?
31. Що називається межею пропорційності, межею пружності, межею текучості, межею міцності?
32. Які деформації є пружними і які є пластичними?
33. Що таке явище нагартування?
34. В чому відміна діаграми розтягу пластичної сталі від діаграми розтягу крихкої сталі?
35. Що називається залишковим відносним поздовженням зразка та залишковим відносним звуженням шийки зразка? Які властивості матеріалу вони характеризують?
36. Які матеріали називають ізотропними? Анізотропними?
37. Що являє собою епюра поздовжніх переміщень?
38. Які дії навантаження називається статичними?

39. Як визначити роботу сили розтягу по діаграмі розтягу?
40. Що називається допускаємим напруженням? Як воно підбирається для пластичних та крихких матеріалів?
41. Що називається коефіцієнтом запасу міцності та від яких чинників залежить його величина?
42. Які три види зусиль зустрічаються при розрахунках на міцність конструкцій при розтягу (стиску)? Які умови міцності використовуються при цьому?
43. Які системи називаються статично невизначеними?
44. Що називається ступенню статичної невизначеності?
45. Який порядок розрахунку статично невизначеної стержневої системи?
46. Що таке деформація зсува (зріза)?
47. Що таке абсолютний зсув, відносний зсув та кут зсува?
48. Що визначає закон Гука при зсуві (зрізі)?
49. Що таке модуль пружності при зсуві (зрізі)?
50. Які існують види розрахунків на міцність при зсуві (зрізі)? Які умови міцності використовують при цьому?
51. Які існують геометричні характеристики перерізів?
52. Як визначаються координати центру ваги перерізу?
53. Чому дорівнюють моменти інерції прямокутника відносно центральних осей?
54. Чому дорівнюють моменти інерції кола і кільця відносно центральних осей та центру кола?
55. Які залежності існують між осьовими та відцентровими моментами інерції для паралельних осей?
56. Які формули виражають залежність між осьовими та відцентровими моментами інерції при повороті осей?
57. Що таке головні та головні центральні моменти інерції?
58. Які формули є для визначення положення головних центральних осей та величин положення центральних моментів інерції?
59. Який порядок розрахунку геометричних характеристик складного перерізу?

#### 4.4 Перелік питань для поточного та модульного МК2 контролю знань

1. Коли виникає деформація кручення?
2. Як обчислюється крутний момент при заданій потужності та числу обертів за хвилину?
3. Як будуються епюри крутних моментів?
4. Що таке повний та відносний кут закручування стержня?
5. Які напруження виникають в поперечному перерізі круглого стержня при крученні і який вони мають напрямок?
6. Які існують формули закону Гука при крученні?
7. Що таке жорсткість перерізу при крученні?
8. Як виконують розрахунок стержня при крученні на міцність? Види розрахунків?
9. Як вирішувати статично невизначені задачі при крученні?
10. Коли виникає деформація згину? Чистий і поперечний згин?
11. Як обчислюють реакції опор?
12. Як будують епюри поперечних сил та згинальних моментів?
13. Як визначають нормальні напруження при згині?
14. Як формулюється закон Гука при згині?
15. Як обчислюють дотичні напруження по формулі Журавського?
16. Що називається жорсткістю перерізу при згині?
17. Який вигляд мають епюри нормальних та дотичних напружень при згині?

18. Який згин називається складним?
19. Як визначають нормальні напруження при складному згині? Деформації?
20. Коли виникає відцентровий розтяг (стиск)? Напруження і деформації?
21. Яке положення займає нейтральна лінія перерізу при складному згині? Відцентровому розтягу (згині)?
22. Як знайти небезпечні точки та максимальні нормальні напруження при складному згині та відцентровому розтягу (стиску)?
23. Коли виникає згин з крученням? Як обчислюють нормальні та дотичні напруження?
24. Як виконують розрахунок на міцність круглого стержня при крученні зі згином?
25. Як ведуть розрахунок на міцність стержня круглого перерізу при крученні з розтягом (стиском)?
26. Як розраховують на міцність круглий стержень в загальному випадку складного опору?
27. Диференціальне рівняння зігнутої осі стержня та його вирішують?
28. Як розраховують деформації згідно метода початкових параметрів?
29. В чому полягає суть метода Мора для обчислення деформацій стержнів?
30. Як використовують правило Верещагіна при обчисленні інтегралів Мора?

#### 4.5 Перелік питань до іспиту

До іспиту винесені питання поточного та модульних контролів.

### 5. ПЕРЕЛІК НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

#### 5.1 Основна література

1. Эрдеди А.А. и др. Техническая механика.- М.: В.ш., 1991.
2. Кривцов В.С. и др. Сопротивление материалов. – Харьков:Торнадо, 1999.
3. Ободовский Б.А. и др. Сопротивление материалов в примерах и задачах.- Харьков: В.ш, ХТУ, 1981.

#### 5.2 Додаткова література

1. Ицкович Г.М. Сопротивление материалов – М.: В.ш., 1986.
2. Степин П.А. Сопротивление материалов. – М.: В.ш., 1988.
3. Михайлов А.М. Сопротивление материалов. – М.: В.ш., Стройиздат, 1989.

#### 5.3 Довідкова література

1. Методичні вказівки до виконання розрахунково-проектувальних робіт з опору матеріалів. – Донецьк: ДПИ, 1988 (10/4, 10/5, 10/7).
2. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов. – Киев, Вища школа, 1973 и посл. изд.

**Конспект лекцій**

Міністерство освіти і науки молоді і спорту України  
Автомобільно-дорожній інститут  
Донецького державного національного технічного університету

Чальцев М.Н., Васильченко В.Ф., Хникин Л.М.

**Технічна механіка**  
Конспект лекцій  
(розділ «Опір матеріалів»)  
Навчальний посібник

Горловка 2011

УДК 624.04.

М.Н. Чальцев, В.Ф. Васильченко, Л.М. Хникин

Технічна механіка, Конспект лекцій

(розділ «Опір матеріалів»).

Навчальний посібник – Горловка, 2011 г -165 с.

У даному виданні викладені основні розділи курсу технічної механіки (розділ опір матеріалів): загальні відомості, геометричні характеристики поперечних перетинів, розтягування, зрушення, кручення, вигин, методи переміщення, складний опір і динамічна дія навантажень. Для кращого засвоєння теоретичного матеріалу дані приклади з рішеннями.

Допомога призначена для студентів автотранспортних спеціальностей очного і заочного навчання, а також може бути корисним інженерам при проведенні практичних розрахунків на міцність, жорсткість неосних і просторових конструкцій, а також інженерних споруд.

В додатках подається мінімум довідкового матеріалу.

## ПЕРЕДМОВА

Курс технічної механіки “(розділ – “Опір матеріалів”)” вивчається студентами транспортних технологій (О.Д.Д. і ін.) за скороченою програмою, розрахованої на 80 – 120 годин. При такій програмі доцільно мати короткий конспект лекцій, де містився б основний матеріал дисципліни, що вивчалася.

Справжній курс, складений відповідно до програми для вказаних спеціальностей, має мету заповнити недолік в короткому посібнику технічної механіки.

Основні питання курсу ілюстровані прикладами, приведені стисло теоретичні викладення і приклади вирішення завдань для практичного застосування.

Працюючи над конспектом лекцій автори переслідували головну мету – полегшити студентам засвоєння основних розділів опір матеріалів при самостійній роботі.



## Зміст

### Передмова

#### 1 Загальні відомості. Поняття і визначення.

- 1.1 Досліджувані об'єкти.
- 1.2 Допущення, гіпотези, принципи.
- 1.3 Навантаження.
- 1.4 Реальний об'єкт і розрахункова схема.
- 1.5 Внутрішні сили.
- 1.6 Метод перерізів.
- 1.7 Визначення і знаки внутрішніх сил.
- 1.8 Стрижні і опори.
- 1.9 Епюри внутрішніх сил.
- 1.10 Напруга.
- 1.11 Деформація.

#### 2 Геометричні характеристики плоских перерізів.

- 2.1 Площа.
- 2.2 Статичні моменти площі.
- 2.3 Моменти інерції площі.
- 2.4 Моменти інерції щодо паралельних осей.
- 2.5 Моменти інерції при повороті координатних осей.
- 2.6 Головні центральні осі. Головні моменти центральної інерцією.
- 2.7 Радіуси інерції.
- 2.8 Моменти опору перетину.
- 2.9 Розрахунок геометричних характеристик складного перетину.

#### 3 Розтягування (стиснення).

- 3.1 Напруга і деформація.
- 3.2 Епюри поздовжніх сил, нормальних напруг і переміщень.
- 3.3 Випробування матеріалів на розтяг.
- 3.4 Види розрахунку на міцність і жорсткість при розтягуванні (стисненні).
- 3.5 Статично визначні і статично неопределимы пруті та системи.

#### 4 Зрушення.

- 4.1 Напруга і деформація.
- 4.2 Зминання.
- 4.3 Розрахунки при зрушенні.
- 4.4 З'єднання, що працює на зсув (зріз).

#### 5 Крутяться.

- 5.1 Напруга і деформація.
- 5.2 Розрахунок на міцність і жорсткість при крутяться.
- 5.3 Порядок розрахунку круглого валу.
- 5.4 Статично неопределимые завдання при крутяться.

#### 6 Вигин.

- 6.1 Нормальні напруги при вигині.
- 6.2 Дотичні напруги при вигині.
- 6.3 Основні умови міцності.

- 6.4 Раціональна форма розтину.
- 6.5 Деформація при вигині.
- 6.6 Деформаційні рівняння зігнутою осі (пружною лінією).
- 6.7 Методи визначення деформації при вигині (о.д.у.)
  - 6.7.1 Метод інтегрування о.д.у.
  - 6.7.2 Метод початкових параметрів.
  - 6.7.3 Метод Мору.
    - 6.7.3.1 Правило Верещагіна для обчислення інтегралів Мору.
- 7 Складні опору.
  - 7.1 Порядок розрахунку.
  - 7.2 Складний вигин.
  - 7.3 Вигин з розтягуванням (стисненням).
    - 7.3.1 Внецентренне розтягування (стиснення).
    - 7.3.2 Ядро перетину.
  - 7.4 Вигин з крутяться.
  - 7.5 Крутяться з розтягування (стисненням).
  - 7.6 Загальний випадок складного опору.
- 8 Динамічна дія навантажень.
  - 8.1 Розрахунок на міцність з урахуванням впливу сил інерції.
  - 8.2 Коливання пружних систем.
    - 8.2.1 Вільні коливання з одним ступенем волі.
    - 8.2.2 Змушені коливання пружною системи з одним ступенем волі.
    - 8.2.3 Загасаючі коливання.
    - 8.2.4 Параметричні коливання.
    - 8.2.5 Автоколивання.
  - 8.3 Розрахунок на міцність при ударному дії навантажень.
    - 8.3.1 Теорема удару.
    - 8.3.2 Поздовжній удар.
    - 8.3.3 Поперечний удар.
    - 8.3.4 Крутий удар.
    - 8.3.5 Внецентренний удар.
    - 8.3.6 Удар з урахуванням маси конструкції, розподіленої по довжині балки.

Список літератури

## 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ. ПОНЯТТЯ І ВИЗНАЧЕННЯ.

Опір матеріалів – наука, що вивчає інженерні методи розрахунку конструкцій, їх елементів на міцність, жорсткість, стійкість.

Міцність – це здатність конструкцій витримувати навантаження не руйнуючись.

Конструкція – це склад і взаємне розташування матеріальних частин і елементів пристроїв, споруд, машин.

Навантаження – зовнішні сили, що діють на конструкцію під час її експлуатації.

Жорсткість – здатність конструкції чинити опір деформації під дією навантажень.

Деформація – це зміна форми і розмірів під дією навантажень.

Стійкість – здатність конструкції зберігати первинну форму пружної рівноваги.

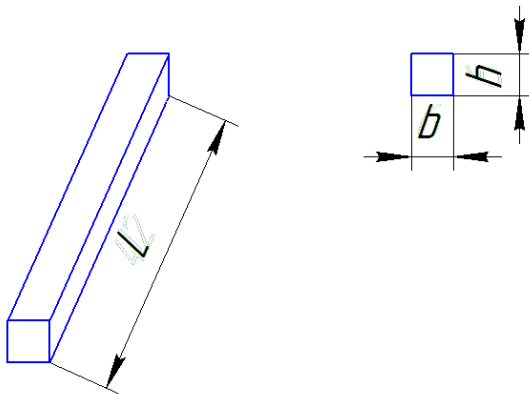
Рисунок - 1.1 Схема зв'язку між науками

### 1.1 Об'єкти, що вивчаються

Об'єкти розрахунку – це основні форми:

1. Стрижень
2. Оболонка (пластина)
3. Массив

Стрижень – це тіло, що має один розмір (довжина) значно більше інших. Інші розміри – це поперечні.



$$L \gg (b, h)$$

Рисунок 1.2. – Стрижень

Стрижень – балка, колону, вал, брус, стійка.

Стрижень характеризується подовжньою віссю і поперечним перетином.

Подовжня вісь – геометричне місце точок центрів тяжіння поперечних перетинів.

Поперечний перетин перпендикулярний подовжній осі.

За формою подовжньої осі стрижні бувають:

1. Прямі
2. Криві

За формою поперечного перетину стрижні бувають:

1. Круглі
2. Прямокутні та інші.

Стрижні можуть бути суцільні і порожнисті.

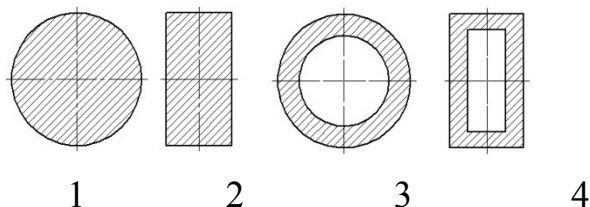


Рисунок - 1.3 Форми поперечних перетинів (1-кругле суцільне, 2 – прямокутне суцільне, 3 – кільце, 4- коробчате)

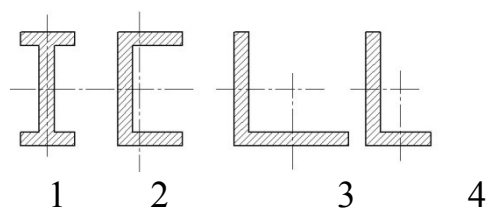


Рисунок - 1.4 Стандартних профілів (1 – двутавр; 2 – швелер; 3 – куточок равнополочный; 4 – куточок неравнополочный)

Стрижні можуть бути суцільні і порожнисті і виконуються з конструкційних матеріалів (наприклад, із сталі).

Сталь – сплав вуглецю із залізом.

Стрижні бувають постійного перетину і змінного.

Оболонка – тіло, утворене двома близько розташованими поверхнями.

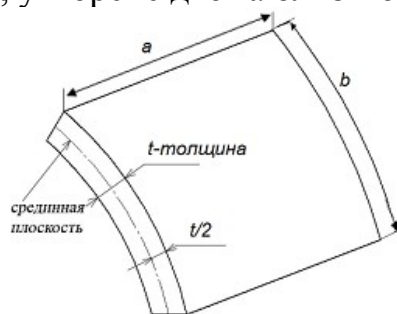


Рисунок - 1.5 Оболонка

За формою серединної поверхні оболонки розрізняють:

1. Циліндрова
2. Конічна
3. Кульова та інші

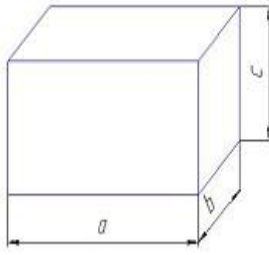


Рисунок -. 1.7 Массив

Пластина – оболонка з плоскою серединною поверхнею.  
Массив – тіло, що має всі розміри одного порядку.

## 1.2 Допущення, гіпотези, принципи

1. Матеріал – суцільний.
2. Матеріал однорідний (ізотропний), його фізико-механические властивості на всіх напрямках однакові.  
Дерево – анізотропно (неоднорідний).
3. Матеріал – пружний.

Пружність – властивість матеріалу відновлювати свою форму і розміри після деформації.

Пластичність – властивість матеріалу не відновлювати повністю або частково свою форму і розміри після деформації.

4. Лінійна залежність між навантаженнями і деформацією
5. Величина деформації мала в порівнянні з первинними розмірами
6. Принцип незалежності дії сил:  
( Результат дії системи навантажень дорівнює сумі результатів дії від кожного навантаження окремо.)

7. Гіпотеза плоских перерізів. Перетини плоскі і нормальні до подовжньої осі залишаються плоскими і нормальними до подовжньої осі деформації і після деформації.

## 1.3 Навантаження

Навантаження класифікується на:

1. Силі взаємодії:
  - зосереджені;
  - розподілені: по довжині, за площею, за об'ємом.
2. Моменти:
  - зосереджені;
  - розподілені: по довжині, за площею, за об'ємом.

Зосереджені сили:

F

[Н] - Ньютон

P

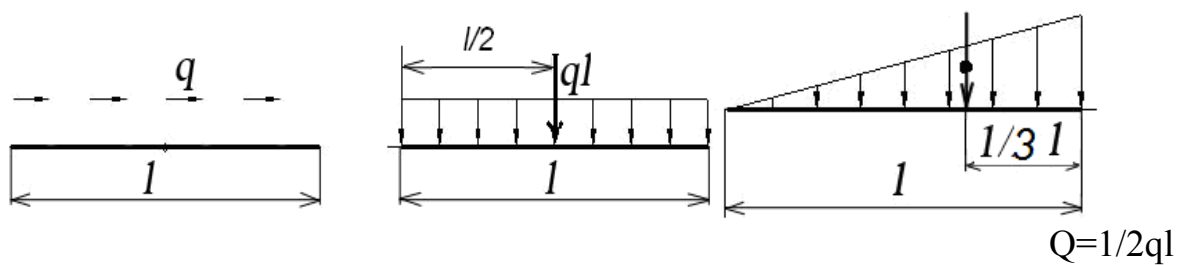
Рисунок - 1.8 Зосереджені сили

Позначаються векторами і мають розмірність:

- Ньютон [Н];
- килоНьютон [кН]= $10^3$ Н;
- МегаНьютон [МН]= $10^6$ Н.

Розподілені сили:

- по довжині – погонне навантаження

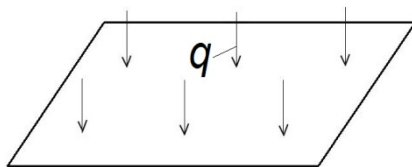


-равнодействующая

q – інтенсивність

Рисунок - 1.9 Погонне навантаження

- навантаження за площею



A-площадь (Паскаль), Па=1МПа

(мегапаскаль)

Рисунок - 1.10 Навантаження, розподілене за площею

- інтенсивність = мПа = Мпа

- навантаження за об'ємом

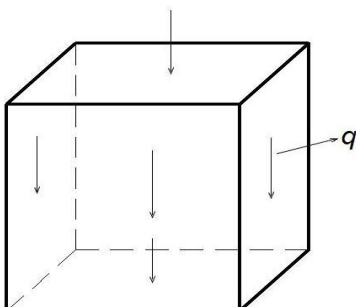


Рисунок - 1.11 Навантаження, розподілене за об'ємом.

Моменти зосереджені:

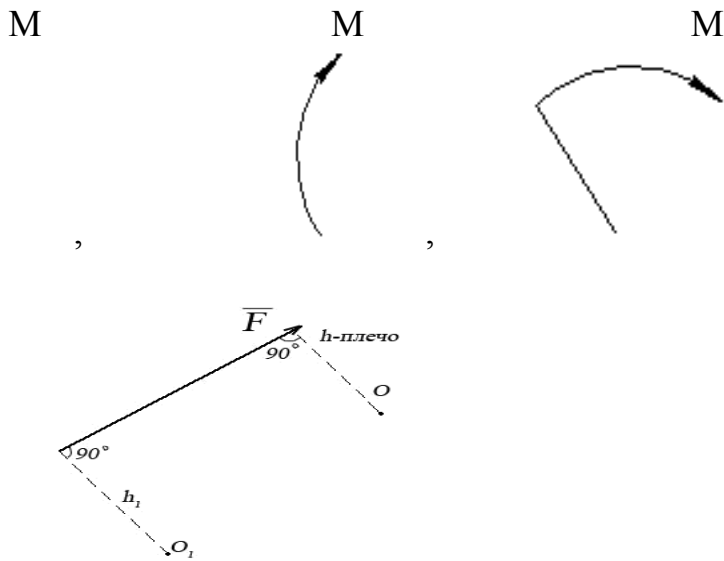


Рисунок - 1.12 Позначення і визначення зосереджених моментів.

Моменти розподілені:

- по довжині

$m$  – інтенсивність

$m = \text{const}$

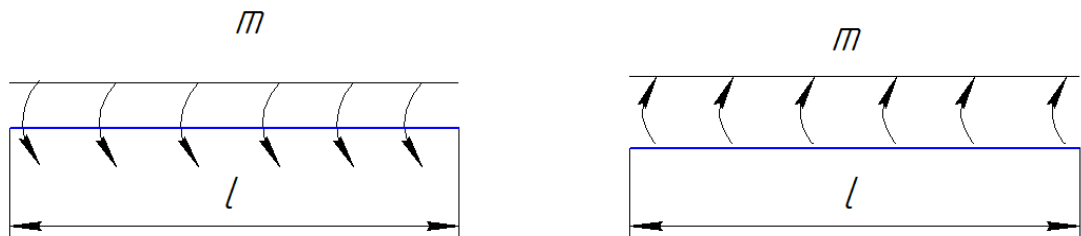


Рисунок -1.13 Розподілене моменту навантаження

Навантаження розрізняють:

- по характеру дії:

1. статичні
2. динамічні

Статичне навантаження – що поволі змінюється від 0 до кінцевого значення.

Динамічне навантаження – навантаження, що швидко змінюється за часом дії:

1. постійне
2. тимчасове

Навантаження, що діє у весь час експлуатації, – постійна.

#### 1.4 Реальний об'єкт і розрахункова схема.

Розрахункова схема – спрощене зображення конструкцій або їх елементів, що визначає її суть.

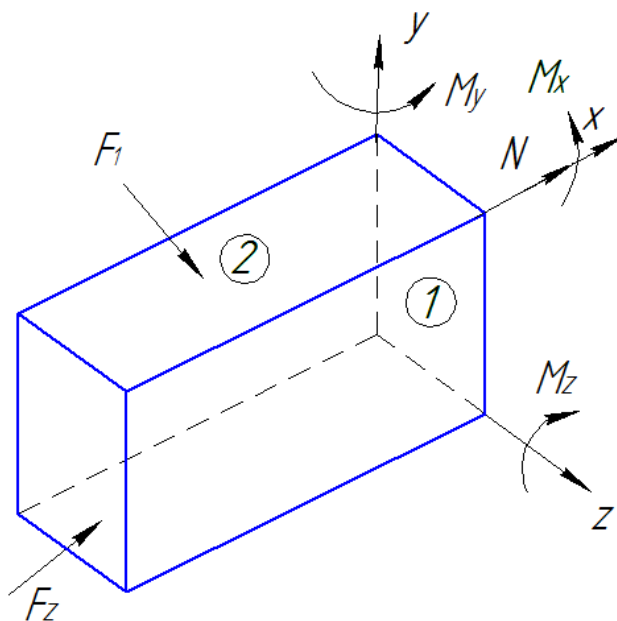
#### 1.5 Внутрішні сили

- це сили, що виникають в поперечних перетинах стрижня під дією навантажень.

#### 1. 6 Метод перетинів

Основний метод визначення внутрішніх сил – метод перетинів.

а)



б)



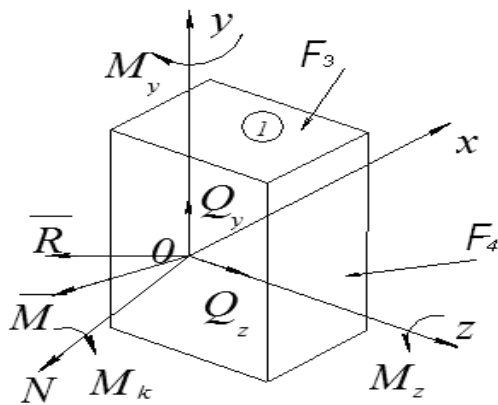


Рисунок - 1.14 Стрижень (а) і його частина, що залишилася (б)

$N$  – продольна сила  
 $Q_y$  – поперечна сила      - головний вектор внутрішніх сил  
 $Q_z$  – поперечна сила

$M$  – момент, що крутить      - головний вектор моменту  
 $M_y, M_z$  – момент, що згинає

Рівняння статистичної рівноваги частини стрижня, що залишилася.

Порядок визначення внутрішніх сил по методу перерізів:

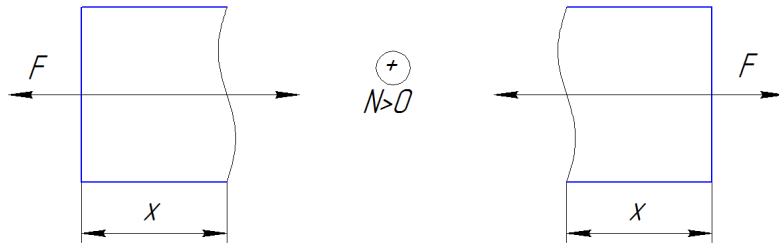
1. Розтинаємо стрижень площиною, співпадаючою з поперечним перетином.
2. Залишаємо частину (ліву або праву) зі всіма силами, включаючи зв'язки.
3. Складаємо рівняння статичної рівноваги частини, що залишилася.
4. Вирішуємо рівняння і визначаємо внутрішні сили.

### 1.7 Визначення і знаки внутрішніх сил.

1. Подовжня сила –  $N$

Правило знаків:

а) Розтягування



## б) Стиснення

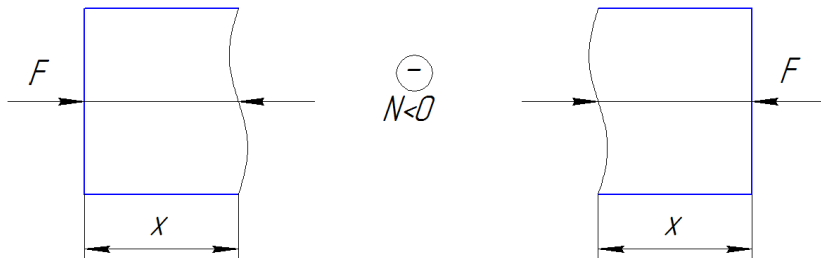


Рисунок -1.15 Знаків подовжньої сили –  $N$

Подовжня сила  $N > 0$ , якщо вона або складова її  $F$  направлена від перетину.

## 2. Момент, що крутить

Правило знаків:

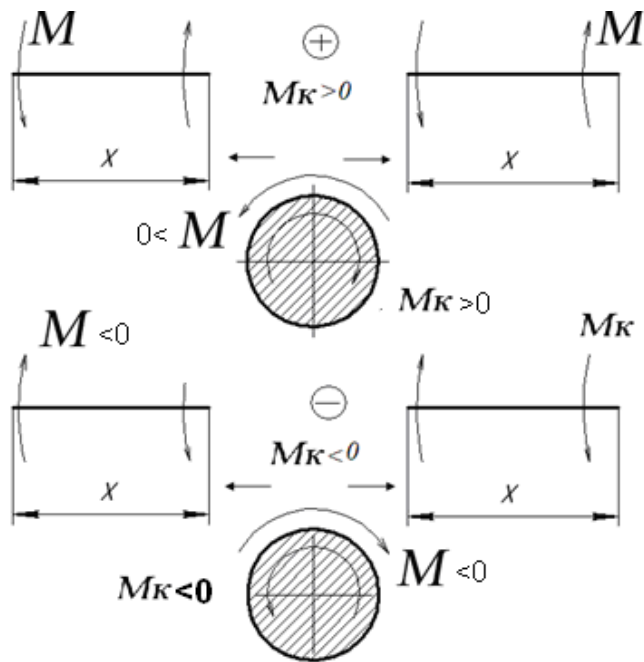


Рисунок -1.16 Знаків моменту, що крутить, –  $M_k$

Момент, що крутить, в перерізі  $M_k > 0$ , якщо він обертає частину, що залишилася, за годинниковою стрілкою або момент зовнішньої сили, що становить його, обертає проти годинникової стрілки, якщо дивитися на частину, що залишилася, з боку перетину.

3. Поперечні сили  $Q_y$ ,  $Q_z$  і моменти  $M_z$ , що вигинають,  $M_y$

Поперечна сила –  $Q > 0$ , якщо вона або складова її сила  $F$  обертає частину, що залишилася, за годинниковою стрілкою.

Правило знаків:

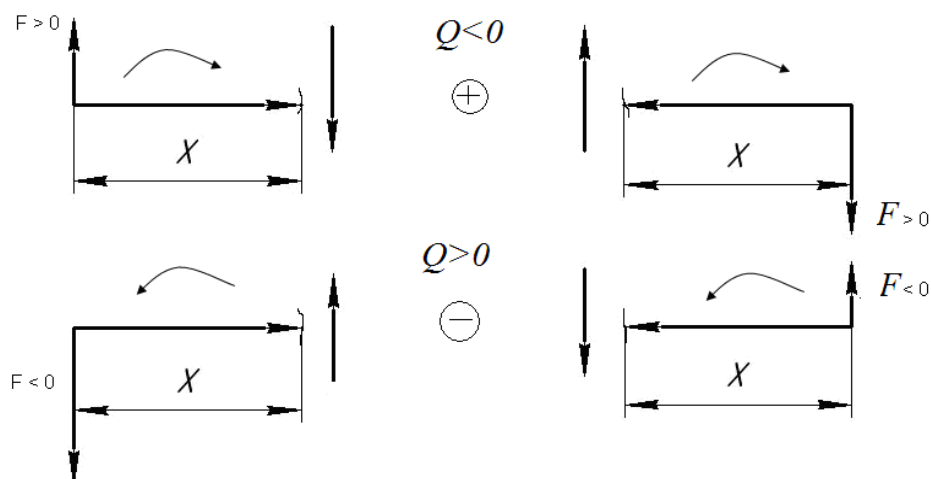


Рисунок -1.17 Знаків поперечної сили – Q  
4. Момент, що вигинає

Правило знаків:

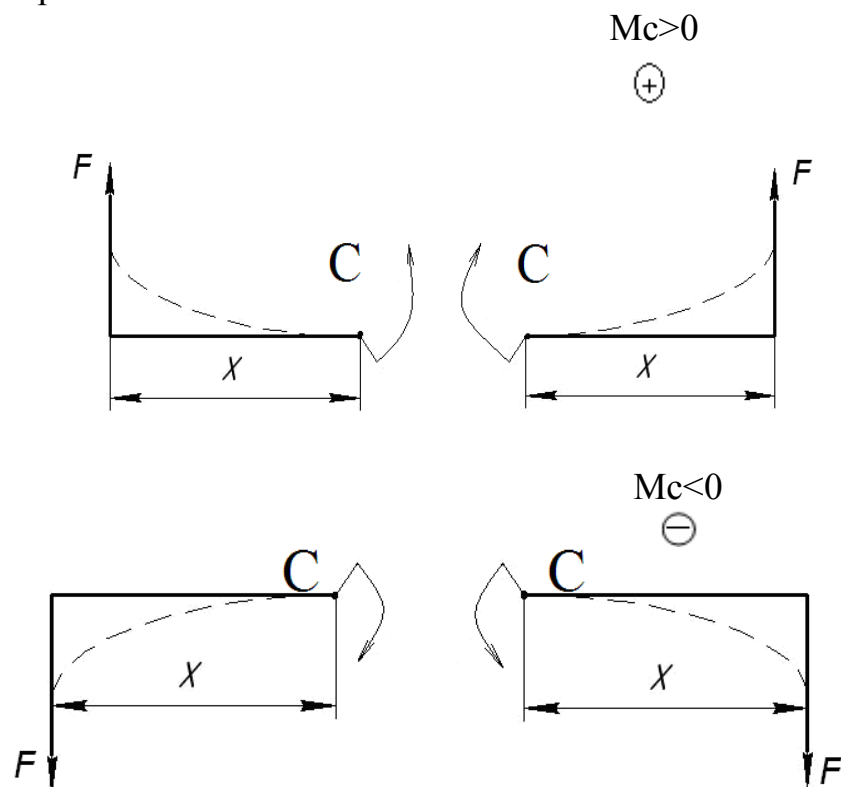


Рисунок - 1.18 Знаків моменту, що згинається, – M

Момент  $M > 0$ , що вигинає, якщо він або складові його моменти відносно т.С скривлюють подовжню вісь частини, що залишилася, опуклістю вниз, тобто розтягує її нижні волокна.

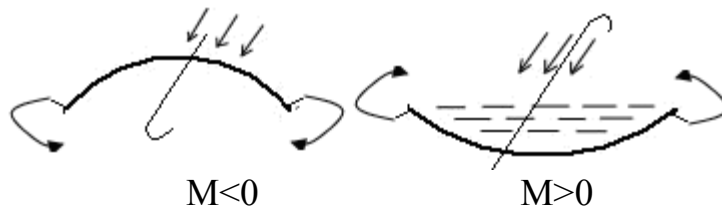


Рисунок.1.19 Знаки М (Правило «дощика» або «парасольки» )

### 1.8 Стрижні і опори

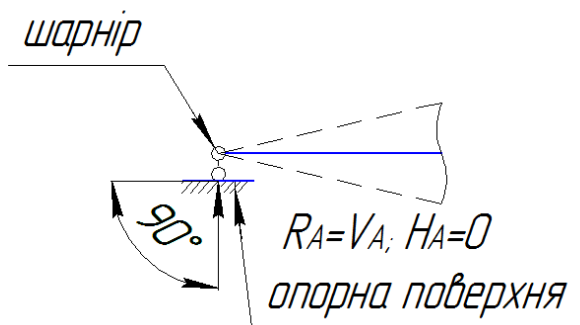
1. Брус – прямий стрижень, що працює на розтягування (стиснення)
2. Вал – прямий стрижень, що працює на кручення
3. Балка – прямий стрижень, що працює на вигин

Опора – пристрій закріплення стрижнів, що обмежує їх свободу.

Типи опор:

- шарнірно-рухомі
- шарнірно-нерухомі
- затискання (закладення)

### Шарнірно-рухома опора



- вертикальна складова
- горизонтальна складова

Рисунок - 1.20 Реакцій шарнірно-рухомої опори

### Шарнірно-нерухома опора

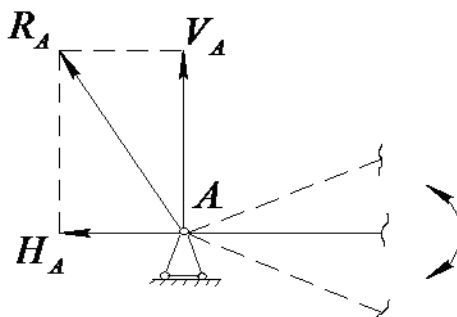


Рисунок - 1.21 Реакцій шарнірно-нерухомої опори  
Затискання

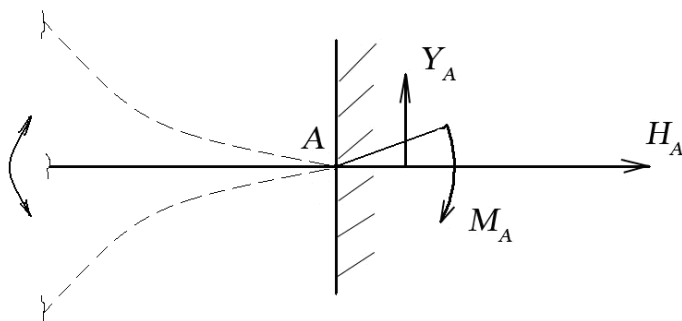


Рисунок - 1.22 Реакцій в затисканні

$M_A$  - опорний момент

- вертикальна складова

- горизонтальна складова

Порядок визначення опорних реакцій:

1. Складаємо розрахункову схему
2. Вводимо систему ХОУ
3. Позначаємо опори буквами А, В і тому подібне
4. Направляємо вектори реакцій залежно від типу опори
5. Замінюємо рівнодіючою розподілене навантаження на зосереджену
6. Складаємо рівняння статичної рівноваги стрижня

$$M_A = 0$$

$$F_x = 0$$

$$M_B = 0 \quad \text{або}$$

$$F_y = 0$$

$$F_x = 0$$

$$M_A = 0$$

7. Перевірка:  $F_y = 0$  або  $M_B = 0$

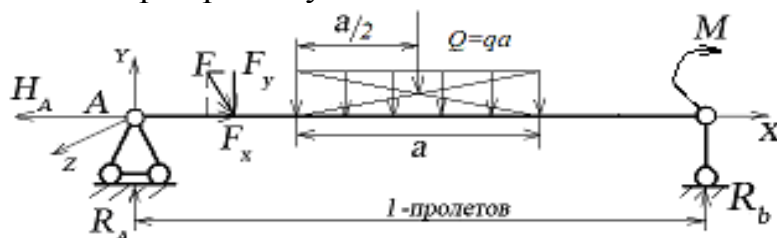


Рисунок - 1.23 Розрахункова схема два опорної (однопролітною) балки

$\delta \leq [1\%]$  похибки, що припускається.

## 1.9 Епюри внутрішніх сил

Епюра – графік зміни внутрішніх сил залежно від положення перерву.

### 1.9.1 Епюра подовжніх сил – N

Порядок визначення внутрішніх сил:

1. Визначаємо опорні реакції
2. Розбиваємо на ділянки і визначаємо  $N_i$

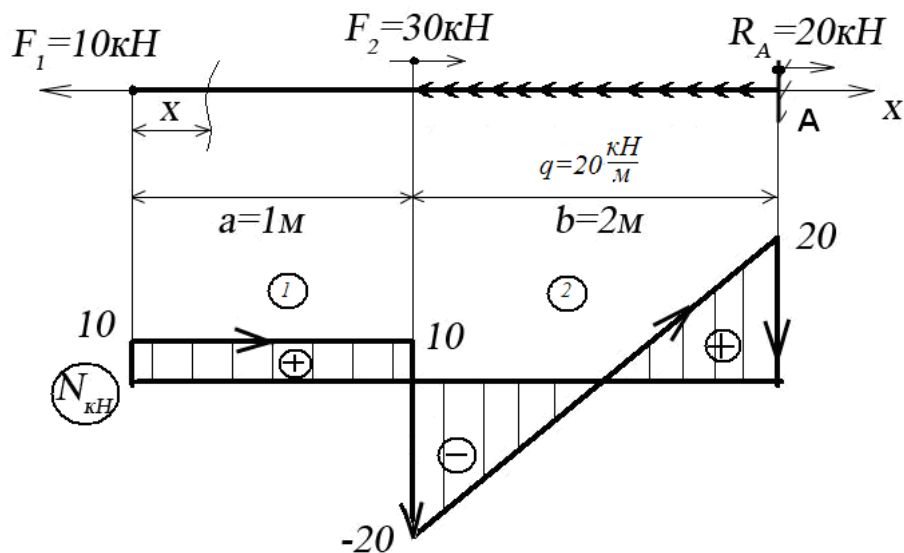
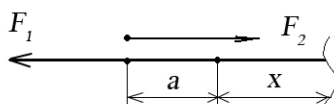
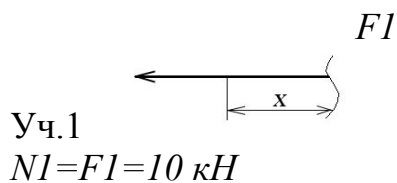


Рисунок 1.24 Розрахункова схема

$$1) F_x = 0 \quad -F + F - qb + R_a = 0$$

$$R_a = F - F + qb = 10 - 30 + 20 = 20 \text{ кН}$$

2) Ділянка – частина стрижня між прикладеними навантаженнями



Уч.2

$$N = F - F + qx = 10 - 30 + 20x = -20 + 20x$$

$$N(x=0) = -20 \text{ кН}$$

$$N(x=2) = 20 \text{ кН}$$

Особливості побудови епюри N:

1.  $q = 0$  – пряма  $\parallel$  нульовій лінії
2.  $q = \text{const}$  – пряма похилої
3. Якщо зосереджена сила  $F$  стрибок на  $F$

### 1.9.2 Епюри моментів $M_k$ , що крутять

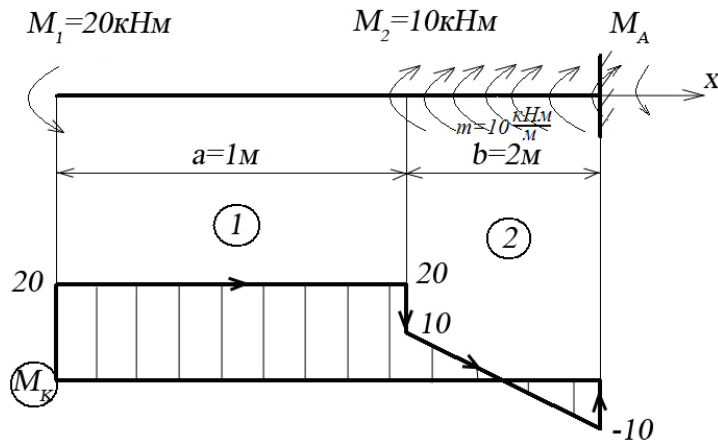


Рисунок -1.25 Розрахункова схема

#### 1. Опорні реакції

#### 2. Розбиваємо на ділянки і визначаємо Ділянка 1

#### Ділянка 2

Особливості побудови епюри  $M_k$ :

1.  $m=0$  - пряма лінія паралельна нульовій лінії
2.  $m=\text{const}$  - пряма лінія похилої
3. Якщо до балки прикладений зосереджений  $M$ , то на епюрі  $M$  стрибок на величину  $M$

### 1.9.3 Епюри поперечних сил $Q$ і моментів $M$ , що вигинають

Для заданої балки (див. рис 1.26 ) побудувати епюри  $Q$  і  $M$  при заданих початкових даних



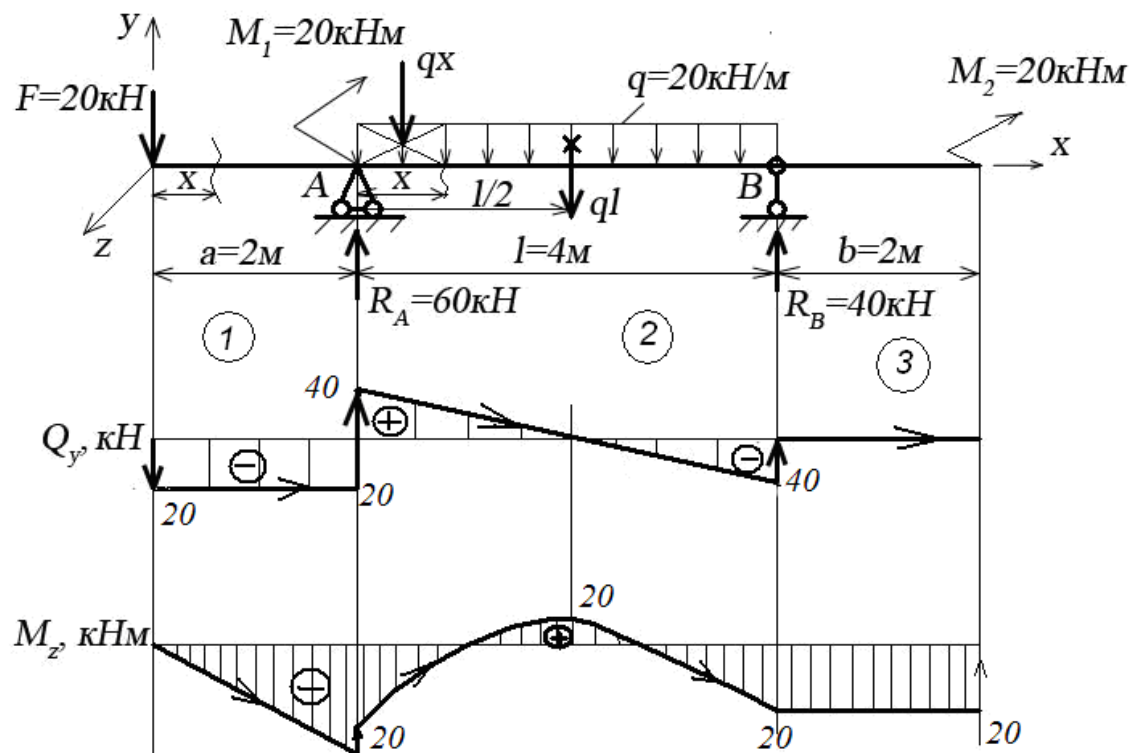


Рисунок -1.26 Розрахункова схема

1. Визначаємо опорні реакції

Перевірка:

$$- 20 + 60 - 80 + 40 = 0$$

2. Розбиваємо на ділянки і визначуємо  $Q_i$  і  $M_i$

Ділянка 1

Ділянка 2

Ділянка 3  
0=2

Особливості побудови епюр Q і M.

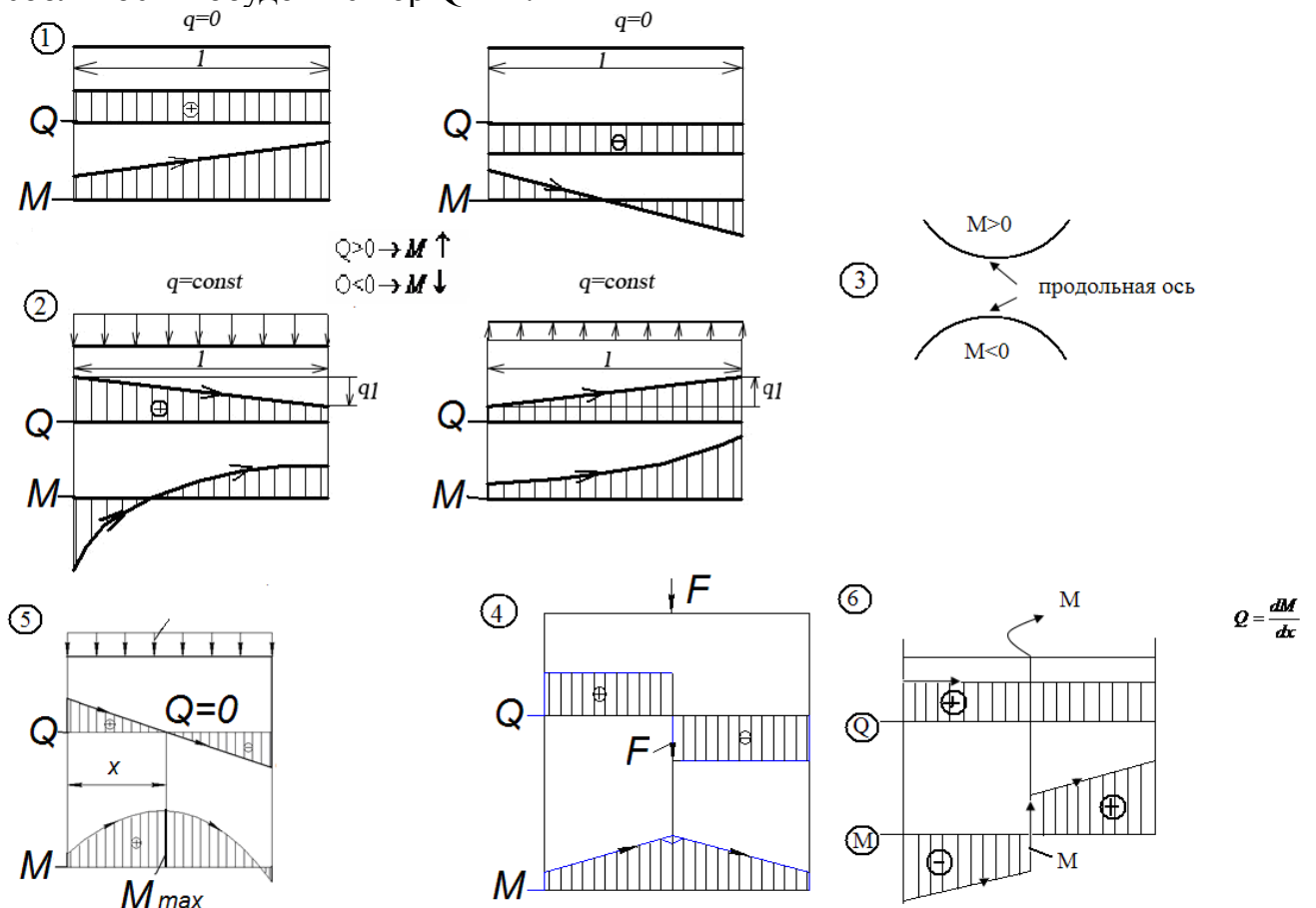


Рисунок - 1.27 Особливостей епюр Q і M

## 1.10 Напряження

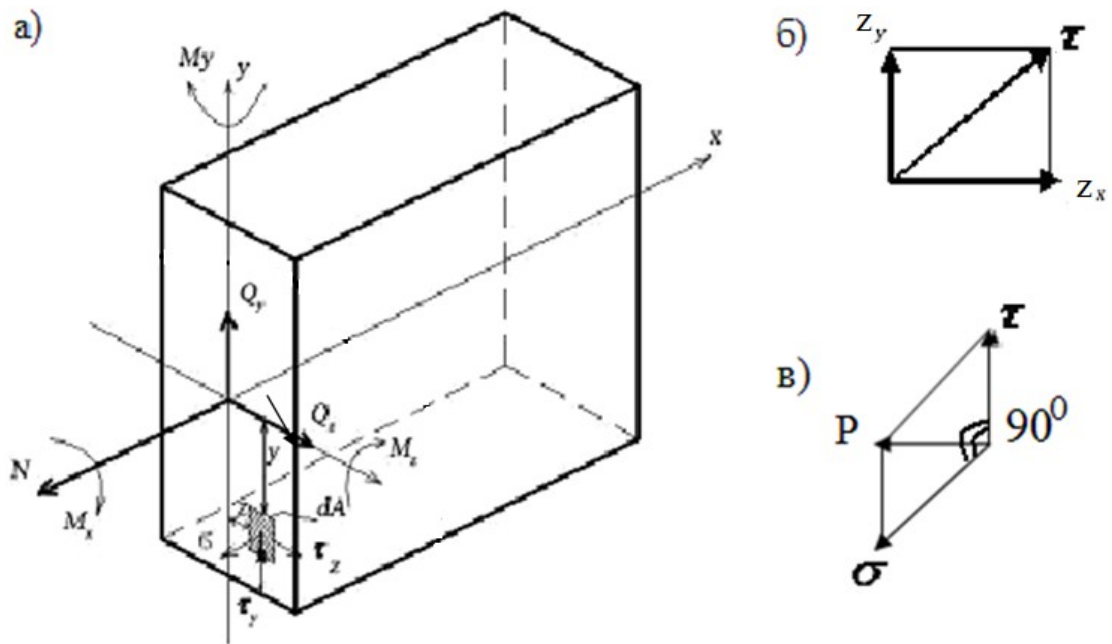


Рисунок - 1.28 Схема напруги (а – в поперечному перетині; б – дотична напруга; у – повна напруга)

- нормальна напруга

- дотична напруга

Розмірність  $\sigma = \text{Па}$

- повна напруга

Від величини напруги залежить міцність.

### 1.11 Деформація

Розрізняють деформації:

- пружні;

- пластичні;

1. Упругіе- розміри і форма відновлюються.

2. Пластичная- де-ция, при якій первинні розміри і форма не відновлюються.

Види простих деформацій:

1. Розтягування (стиснення) -N

2. Зрушення (зріз) - $Q_y$ ,  $Q_z$

3. Кручение - $M_k$

#### 4.Изгиб- $M_z(Q_z)$

$M_y(Q_y)$

Бувають деформації складні.

Чистий вигин викликається моментом  $M_z$  або  $M_y$ , що тільки вигинає.

Якщо вигин супроводжується поперечними силами  $Q_z$  або  $Q_y$ , то він називається поперечним.

Розтягування (стиснення) - вид деформації, що викликається подовжньою силою  $N$ , що діє в поперечному перетині.

Сдвиг- вид деф-ции, що викликається в поперечному перетині поперечною силою, -  $Q$ .

Кручення- вид деформації, що викликається крутить моментом  $M_k$ , що діє в поперечному перетині.

Ізгиб- вид деформації, що викликається вигинає моментом, що діє в поперечному перетині, -  $M$ .

Розтягування (стиснення)

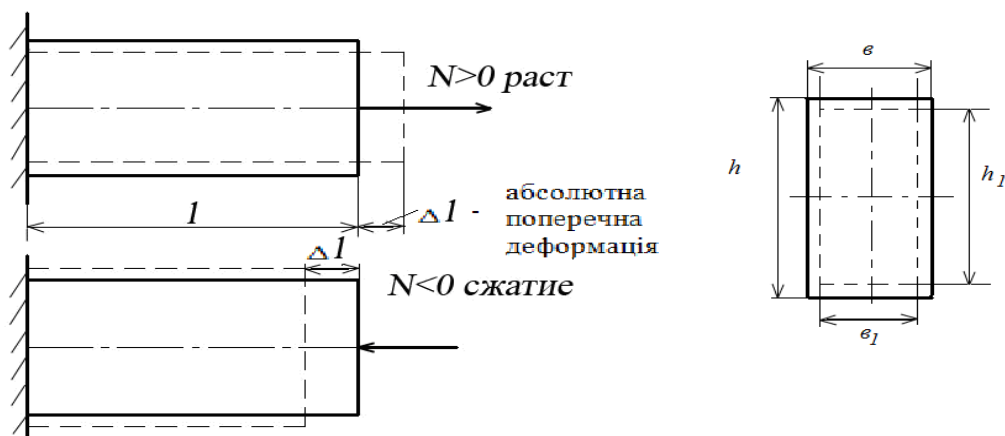


Рисунок - 1.29 Деформація розтягування (стиснення).

- абсолютна поперечна деформація
- відносна подовжня деформація  $[M]$
- ; - відносна поперечна деформація

Відносний зсув,  $[M]$

Зсув (зріз)

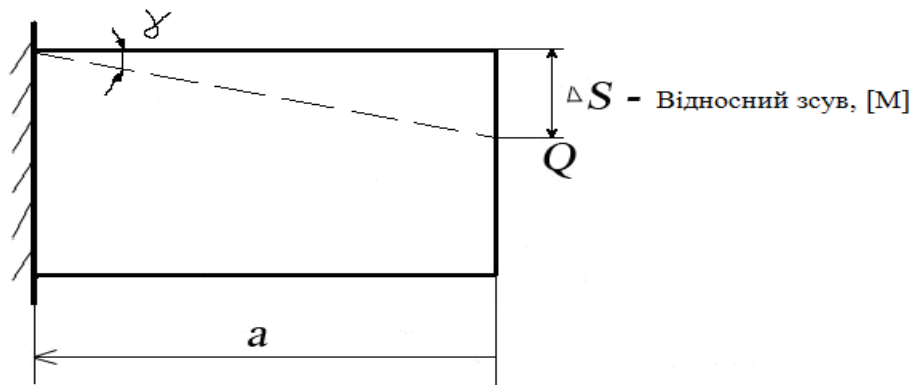


Рисунок - 1.30 Деформація зрушення (зрізу)  
відносно зсув  
Кручення

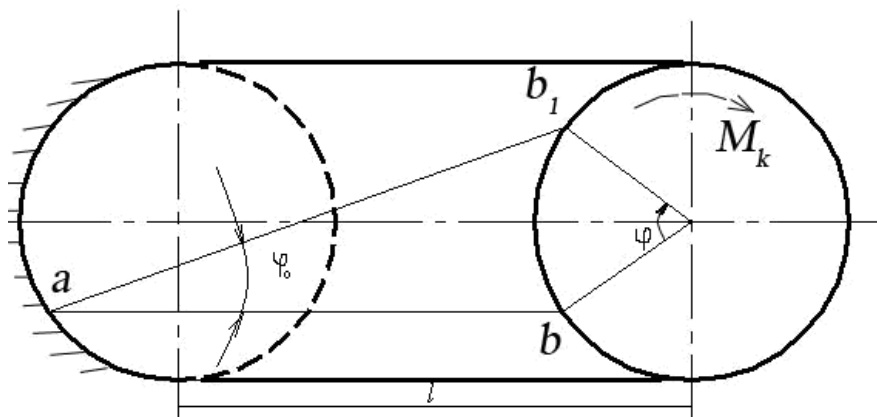


Рисунок -1.31 Деформація кручення

кут закручування перетину  
відносний кут закручування  
Згинання

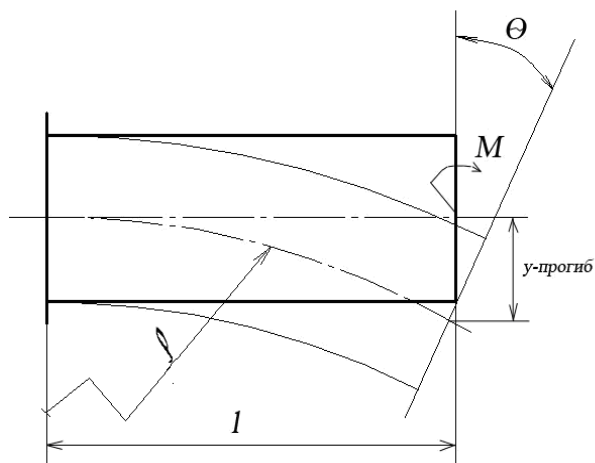


Рисунок - 1.32 Деформація згинання  
-кут повороту перетину [радий] [град]  
у – прогин, м  
- радіус кривизни подовжньої осі  
l- довжина бруса, м

### **Методические указания**

1 М/у 10/38-2012-01 Методичні вказівки до самостійної роботи студентів при простих навантаженнях з дисципліни «Технічна механіка» (для студентів напряму підготовки 6.070101 «Транспортні технології»(Автомобільний транспорт), Горлівка 2012. Електронне методичне видання авт. Чальцев М.М., Хникін Л.М., Неклюдов М.В.

2 До практичних занять: 10\32-2011-01 Методичні вказівки «Розрахунок внутрішніх зусиль та побудова їх епюр» (спец. 6.070101) Горлівка 2011.Електронне методичне видання авт. Хникін Л.М.