

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія економіки, соціально-гуманітарних та
фундаментальних дисциплін**

**МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ
ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

**з навчальної дисципліни «Технічна механіка»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**

***173 Авіоніка
(Авіоніка)***

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 22.02.2024 №2

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного
коледжу Харківського
національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 17.01.2024 №6

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з гуманітарних та соціально-
економічних дисциплін
Протокол від 22.02.2024 №2

Розглянуто на засіданні циклової комісії економіки, соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін, протокол від 05.01.2024 №14

Розробник:

Викладач циклової комісії економіки, соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін, спеціаліст вищої категорії, Сіора А.С.

Рецензенти:

- 1.Доцент кафедри автомобілів та тракторів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, кандидат технічних наук, доцент Черниш А.А.*
- 2.Начальник відділу організації наукової роботи та гендерних питань КЛК ХНУВС, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Владов С.І.*

1. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами (заочна форма навчання)

Номер та назва навчальної теми	Кількість годин, відведених на вивчення навчальної дисципліни						Вид контролю
	Всього	з них:					
		лекції	Семінарські заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота	
Семестр №2							
Тема №1 Основні поняття й аксіоми статyki.	11	-	-	-	-	11	
Тема №2 Система збіжних сил (СЗС).	14	1	-	2	-	11	
Тема №3 Моменти сил. Теорія пар сил.	12	1	-	-	-	11	
Тема №4 Довільна система сил (ДСС).	12	1	-	-	-	11	
Тема №5 Основні положення опору матеріалів. Метод перерізів.	12	1	-	-	-	11	
Тема №6 Теорія напруженого стану в околі точки	13	1	-	-	-	12	
Тема №7 Розтягнення і стискання.	4	-	-	2	-	12	
Тема №8 Кручення.	13	1	-	-	-	12	
Тема №9 Згинання.	13	1	-	-	-	12	
Тема №10 Кінематика точки.	11	-	-	-	-	11	
Тема №11 Кінематика твердого тіла.	12	1	-	-	-	11	
Тема № 12 Вступ до динаміки.	11	-	-	-	-	11	
							Залік
Всього за семестр:	150	8		4		136	

2. Методичні вказівки до практичних занять

Тема № 2. Система збіжних сил (СЗС).

Практичне заняття Система збіжних сил (СЗС).

Навчальна мета заняття: поглибити і розширити знання здобувачів зі статyki, ознайомити їх із методикою розв'язання задач.

Кількість годин - 2.

Місце проведення: навчальний кабінет коледжу.

Навчальні питання:

1. Визначення реакцій в'язів аналітичним способом.

Література: 1, 2, 3,4 (с. 5-20)

План проведення заняття:

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Проведення попереднього контролю теоретичних знань здобувачів.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Постановка задачі та обговорення методики її розв'язання за участю здобувачів, розв'язування задач.

Рішення кожної задачі можна умовно розділити на три етапи.

Перший етап. Відкидаємо зовнішні в'язі системи тіл, рівновага якої розглядається, і замінюємо їх дію реакціями. Необхідність цього викликана тим, що положення статички можна застосовувати тільки відносно вільних від зовнішніх в'язів тіл або систем тіл.

Другий етап. Розділяємо систему тіл на окремі елементи. Це дає нам можливість визначити внутрішні сили (якщо це необхідно).

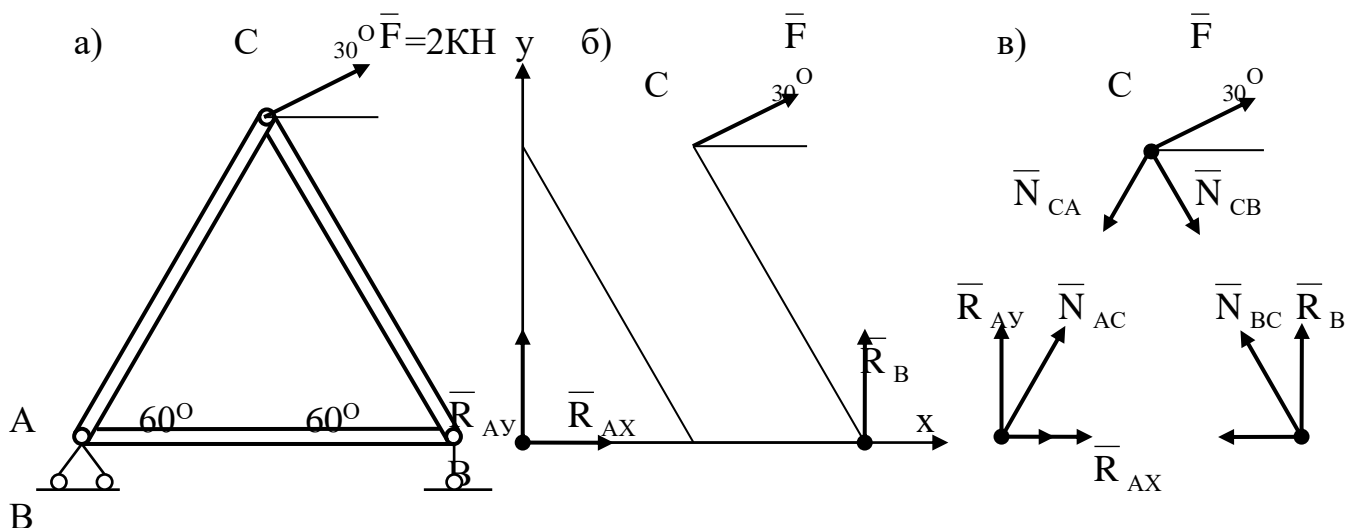
Третій етап. Складаємо умови рівноваги для кожного окремого елемента, з яких знаходимо визначувані нами невідомі величини і напрями сил або реакцій.

У залежності від методу рішення задач умови рівноваги використовуються у геометричній або аналітичній формі.

Приклад. Визначити реакцію опор A і B та зусилля у стержнях конструкції показаної на (рис. 1,а).

Розв'язок. Невідомі реакції і сили будемо визначати аналітичним методом.

Реакція шарнірно - рухомої опори B спрямована за нормаллю до горизонтальної площини. Реакцію шарнірно - нерухомої опори A замінимо двома складовими (\bar{R}_{AX} і \bar{R}_{AY}) (рис. 1,б).



Навчальна мета заняття: поглибити і розширити знання здобувачів з опору матеріалів (прості види деформацій: розтяг-стиск), ознайомити їх із методикою розв'язання задач.

Кількість годин - 2.

Місце проведення: навчальний кабінет коледжу.

Навчальні питання:

1. Визначення поздовжніх сил та абсолютних деформацій стержня.

Література: 6, 7 (с. 21-63; 88 - 121)

План проведення заняття:

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Проведення попереднього контролю теоретичних знань здобувачів.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Постановка задачі та обговорення методики її розв'язання за участю здобувачів, розв'язування задач.

Розтяг-стиск – простий вид деформації, при якому в поперечному перерізі бруса виникає тільки одне внутрішнє зусилля N (поздовжня сила).

Правило знаків поздовжньої сили N : якщо подовжня сила діє на розтяг, то її вважають позитивною, якщо на стиск – негативною.

Умова міцності при розтягу-стиску:

$$\sigma_{max} = \frac{N}{F} \leq [\sigma]$$

де σ_{max} - максимальне нормальне напруження, [Па];

N - поздовжня сила, [Н];

F - площа поперечного перерізу бруса, [м²];

$[\sigma]$ - допускане нормальне напруження при розтягу (стиску), [Па]:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{граничне}}{n}.$$

При розтягу-стиску граничними напруженнями є:

для сталей – *межа текучості* ($\sigma_{граничне} = \sigma_T$), тому, що при його перевищенні в брусі з'являються залишкові деформації;

для чавунів – *межа міцності* (тимчасовий опір) ($\sigma_{граничне} = \sigma_B$), тому, що чавун не має межі текучості.

Закон Гука для абсолютного подовження Δl :

$$\Delta l = \frac{Nl}{EF},$$

де N - поздовжня сила, [Н];

l - довжина ділянки, [м];

F - площа поперечного перерізу ділянки, [м²];

E - модуль пружності 1-го роду (модуль Юнга), [Па].

Правило перевірки епюри N :

Епюра N перевіряється за розрахунковою схемою. Стрибки на епюрі N повинні бути в тих перерізах, у яких на розрахунковій схемі прикладені зовнішні сили. Зовнішня сила, що розтягує, викликає на епюрі N скачок у позитивному напрямку, що стискає - у негативному. Довжина стрибка на епюрі повинна бути чисельно рівною зовнішній силі, яка прикладена в цьому перетині.

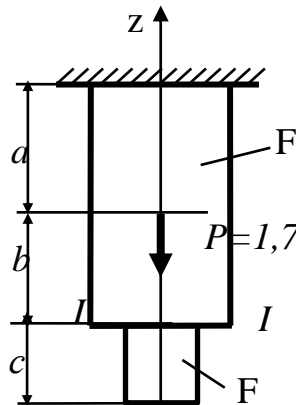
Правило перевірки епюри Δl :

Епюра Δl перевіряється по епюрі N . У жорстко закріпленому перерізі переміщення Δl дорівнює нулю. При русі від жорстко закріпленого перерізу значення на епюрі Δl збільшуються, якщо на епюрі N знак «+», якщо на епюрі N знак «-», то значення на епюрі Δl зменшуються. Якщо на ділянці $N = 0$, то на епюрі Δl значення не міняються.

Задача.

Сталевий стрижень ($E=2 \cdot 10^5$ МПа) знаходиться під дією поздовжньої сили P і власної ваги ($\gamma=77$ кН/м³). Знайти переміщення перерізу I-I.

Дано: $P = 1,7$ к, $F_1 = 20$ см², $F_2 = 30$ см², $a = 2,68$ м, $b = 2,82$ м, $c = 1,31$ м.



Розв'язання:

- 2) Тому що сила P і сила ваги поздовжні, то стрижень випробує розтягання. Переміщення перерізу I-I можна представити як суму деформацій ділянок довжиною a і b . Ділянка a буде деформуватися під впливом зовнішніх сил (сили P і ваги частини довжиною b і c), а також під впливом власної ваги. Ділянка b деформується вагою частини довжиною c як зовнішньою силою і силою власної ваги.

- 3) Знайдемо власну вагу кожної ділянки:

$$Q_a = F_2 \cdot a \cdot \gamma = 0,003 \cdot 2,68 \cdot 77 = 0,619 \text{ кН},$$

$$Q_b = F_2 \cdot b \cdot \gamma = 0,003 \cdot 2,82 \cdot 77 = 0,651 \text{ кН},$$

$$Q_c = F_1 \cdot c \cdot \gamma = 0,002 \cdot 1,31 \cdot 77 = 0,201 \text{ кН}.$$

- 4) Обчислимо деформації кожної ділянки, скориставшись законом Гука для визначення абсолютного подовження:

$$\Delta l = \frac{Nl}{EF},$$

де N – поздовжня сила, рівна алгебраїчній сумі зовнішніх навантажень, що діють на розглянуту ділянку [Н];

l – довжина ділянки, [м];

F – площа поперечного перерізу ділянки, [м²];

E – модуль пружності 1-го роду (модуль Юнга), [Па]. Для сталей $E=2 \cdot 10^5$ МПа.

На ділянці довжиною a :

$$\Delta l_a = \frac{(P + Q_b + Q_c)a}{EF_2} + \frac{Q_a a}{2EF_2}.$$

На ділянці довжиною b :

$$\Delta l_b = \frac{Q_c b}{EF_2} + \frac{Q_b b}{2EF_2}.$$

Тоді переміщення перерізу I-I обчислимо по формулі:

$$\begin{aligned} \Delta l_I &= \Delta l_a + \Delta l_b = \frac{l}{EF_2} \left[(P + Q_b + Q_c)a + \frac{l}{2} Q_a a + Q_c b + \frac{l}{2} Q_b b \right] = \\ &= \frac{l}{2 \cdot 10^5 \cdot 0,003} \left[\left(1700 + 651 + 201 + \frac{619}{2} \right) \cdot 10^{-6} \cdot 2,68 + \left(201 + \frac{651}{2} \right) \cdot 10^{-6} \cdot 2,82 \right] = \\ &= 0,0000153 \text{ м.} \end{aligned}$$

Розтяг-стиск – простий вид деформації, при якому в поперечному перерізі бруса виникає тільки одне внутрішнє зусилля N (поздовжня сила).

Правило знаків поздовжньої сили N : якщо подовжня сила діє на розтяг, то її вважають позитивною, якщо на стиск – негативною.

Умова міцності при розтягу-стиску:

$$\sigma_{max} = \frac{N}{F} \leq [\sigma]$$

де σ_{max} – максимальне нормальне напруження, [Па];

N – поздовжня сила, [Н];

F – площа поперечного перерізу бруса, [м²];

$[\sigma]$ – допускне нормальне напруження при розтягу (стиску), [Па]:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{граничне}}{n}.$$

При розтягу-стиску граничними напруженнями є:

для сталей – *межа текучості* ($\sigma_{граничне} = \sigma_T$), тому, що при його перевищенні в брусі з'являються залишкові деформації;

для чавунів – *межа міцності* (тимчасовий опір) ($\sigma_{граничне} = \sigma_B$), тому, що чавун не має межі текучості.

Закон Гука для абсолютного подовження Δl :

$$\Delta l = \frac{Nl}{EF},$$

де N - поздовжня сила, [Н];
 l - довжина ділянки, [м];
 F - площа поперечного перерізу ділянки, [м²];
 E - модуль пружності 1-го роду (модуль Юнга), [Па].

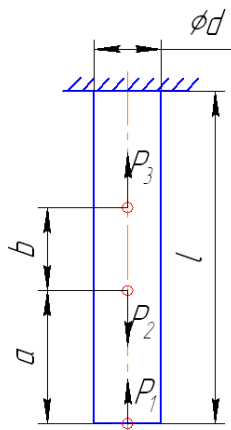
Правило перевірки епюри N :

Епюра N перевіряється за розрахунковою схемою. Стрибки на епюрі N повинні бути в тих перерізах, у яких на розрахунковій схемі прикладені зовнішні сили. Зовнішня сила, що розтягує, викликає на епюрі N скачок у позитивному напрямку, що стискає - у негативному. Довжина стрибка на епюрі повинна бути чисельно рівною зовнішній силі, яка прикладена в цьому перетині.

Правило перевірки епюри Δl :

Епюра Δl перевіряється по епюрі N . У жорстко закріпленому перерізі переміщення Δl дорівнює нулю. При русі від жорстко закріпленого перерізу значення на епюрі Δl збільшуються, якщо на епюрі N знак «+», якщо на епюрі N знак «-», то значення на епюрі Δl зменшуються. Якщо на ділянці $N = 0$, то на епюрі Δl значення не міняються.

Задача. Для заданого матеріалу, форми, розмірів і навантаження стержня визначити діаметр стержня і побудувати епюру поздовжніх деформацій стержня.



Матеріал стержня Ст3

Модуль пружності $E=2 \cdot 10^5$ МПа

Допустимі напруження $[\sigma_+] \approx [\sigma_-] = 150$ МПа

$P_1=30$ кН

$P_2=40$ кН

$P_3=20$ кН

$a=0,3$ м

$b=0,2$ м

$l=0,8$ м

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Здійснити перевірку і оцінювання виконаних завдань. Підвести підсумок практичного заняття звернувши увагу на основні помилки при його виконанні.

3. Рекомендована література

Основна

1. Павловський М. А. Теоретична механіка: Підручник.- К.: Техніка, 2002. – 512 с.
2. Федуліна А. І. Теоретична механіка: Навч. посіб.- К.: Вища шк., 2005. – 319 с.
3. Теоретична механіка: Збірник задач / О. С. Апостолук, В. М. Воробйов, Д.І.

- Ільчишин та ін.; За ред. М. А. Павловського. - К.: Техніка, 2007. – 400 с.
4. Цасюк В. В. Теоретична механіка: Підручник.- Львів: Афіша, 2003. – 402 с.
 5. Головіна Н.П. Механіка гіроскопічних систем в авіації: Навчальний посібник. – Кременчук: КЛК НАУ, 2009. – 88с.
 6. Гурняк Л.І., Гуцуляк Ю.В., Юзьків Т.Б. Опір матеріалів: Посібник для вивчення курсу при кредитно-модульній системі навчання. – Львів: “Новий світ – 2000”, 2006. – 364 с.
 7. Писаренко Г.С. та ін. Опір матеріалів Підручник/Г.С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е.С.Уманський. За ред. Г.С. Писаренка – К.: Вища шк., 1993. – 655 с.
 8. Корнілов О. А. Короткий курс опору матеріалів: Підручник.- Львів: Магнолія 2006, 2007. – 170 с.

Допоміжна

9. Токар А. М. Теоретична механіка. Кінематика. Методи і задачі: Навч. посіб.- К.: Либідь, 2001. – 339 с.
10. Токар А. М. Теоретична механіка. Динаміка. Методи і задачі: Навч. посіб.- К.: Либідь, 2006. – 314 с.