

Міністерство освіти і науки України
Чернігівський промислово-економічний коледж
Київського національного університету технологій та дизайну

**Методичні вказівки і завдання щодо виконання
практичних робіт з Технічної механіки
для студентів денної форми навчання спеціальності
5.05070104 «Монтаж і експлуатація електроустаткування
підприємств і цивільних споруд»
(на основі базової середньої освіти)**

Чернігів 2014

Методичні вказівки і завдання щодо виконання практичних робіт з Технічної механіки для студентів спеціальності 5.05070104 "Монтаж і експлуатація електроустаткування підприємств і цивільних споруд" (денна форма навчання на основі базової середньої освіти). Методичний посібник / Уклад: Савчук А.М., викладач ЦК природничо-наукової підготовки. – Чернігів, Чернігівський промислово-економічний коледж Київського національного університету технологій та дизайну, 20142.- 77 с.

Рецензент: Седлеш Ю.Б., викладач ЦК природничо-наукової підготовки ЧПЕК КНУТД

Розглянуто і затверджено на засіданні циклової комісії природничо-наукової підготовки від . (Протокол № 1).

Зміст

Вступ	4
1 Практичне заняття №1 Визначення опорних реакцій балочних систем	5
2 Практичне заняття № 2 Розтяг-стиск	10
3 Практичне заняття № 3 Кручення	13
4 Практичне заняття № 4 Згин	17
Література	21

Вступ

Навчальна дисципліна Технічна механіка належить до циклу дисциплін природничо-наукової підготовки і вивчається студентами електротехнічного напрямку підготовки у 3 та 4 семестрах. Із 108 годин загального обсягу (3 кредити ECTS) на практичні заняття відводиться 8 годин.

Основною метою вивчення дисципліни є оволодіння методами і прийомами, які використовуються при всіх технічних розрахунках, що пов'язані з проектуванням різноманітних споруд і машин, їх подальшою експлуатацією.

Головне завдання навчальної дисципліни полягає в придбанні навиків грамотно користуватись законами і методами розрахунків опорних реакцій простих стрижневих і балочних систем; аналізу видів руху та розрахунку його кінематичних характеристик; визначення характеру навантаження елементів конструкцій у залежності від виду та розташування зовнішніх сил; проведення розрахунків на міцність для типових схем навантаження.

Значення дисципліни полягає в формуванні майбутнього техника-електрика як спеціаліста. Технічна механіка дозволяє не тільки пояснити важливіші явища в оточуючому середовищі, а також є базою для багатьох технічних дисциплін. Від того, як краще і глибше будуть засвоєні студентами основні положення технічної механіки, тим вільніше вони будуть користуватися її методами, тим легший буде для них перехід до продуктивного вивчення дисциплін професійно-практичної підготовки.

На практичних заняттях з Технічної механіки студенти набувають практичні навички застосування теоретичного матеріалу. Індивідуальні завдання, що виконуються на практичних заняттях повинно бути виконане під час проведення заняття. У разі, коли студент не встигає вчасно закінчити роботу, він продовжує її дома, але у такому випадку повинен захистити у позааудиторний час (на консультаціях). Об'єм індивідуального завдання визначається із розрахунку не менше 1 задачі на 2 години аудиторних практичних занять. Для забезпечення вчасного виконання індивідуальних завдань розроблені і затверджені методичні вказівки щодо забезпечення практичних робіт.

Практичне заняття № 1

Тема: Плоска система довільних сил. Визначення опорних реакцій балочних систем

Студенти повинні знати: види опор балочних систем, принципи призначення відповідної кількості невідомих реакцій опор.

Студенти повинні вміти: складати розрахункові схеми відповідно до заданих схем навантаження; складати рівняння рівноваги для плоскої системи довільних сил; робити висновки про правильність розрахунків.

Послідовність виконання завдання з практичної роботи № 1.

Дію в'язів на конструкцію замінюють їх реакціями. Слід пам'ятати:



- шарнірно-нерухома в'яз розкладається на дві силові складові R_x, R_y ;



- шарнірно-рухома – має одну реакцію, яка завжди перпендикулярна поверхні опори катків;



- для жорсткого закріплення розраховують три реакції – дві силові складові R_x, R_y і реактивний момент M_R .

Задача: Визначити реакції опор двохопорної балки.

Дано:

$$M = 10 \text{ кН м}$$

$$F = 20 \text{ кН}$$

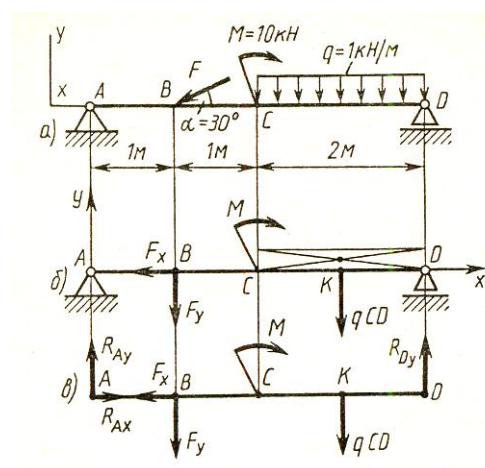
$$q = 1 \text{ кН/м}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$R_{Ax} \text{ -?}$$

$$R_{Ay} \text{ -?}$$

$$R_D \text{ -?}$$



Розв'язання

1. Обираємо систему координатних осей X і Y .
2. Силу F замінюємо її складовими $F_x = F \cos \alpha$, $F_y = F \sin \alpha$.

Рівнодіюча $Q = q \cdot CD = 1 \cdot 2 = 2 \text{ кН}$ рівномірно розташованого навантаження прикладена у середині відрізка CD (рис. б)

3. Звільняємо балку від опор, замінив їх реакціями (рис. в)

4. Складаємо рівняння рівноваги і визначаємо невідомі реакції:

$\Sigma M_A = 0: -F_y \cdot AB - M - Q \cdot AK + R_D = 0$; з цього рівняння визначаємо реакцію $R_D = 6,5 \text{ кН}$.

$\Sigma M_D = 0: F_y \cdot BD - M + Q \cdot KD - R_{Ay} \cdot AD = 0$; з цього рівняння визначаємо реакцію $R_{Ay} = 5,5 \text{ кН}$.

$\Sigma F_x = 0: R_{Ax} - F_x = 0$; $R_{Ax} = F_x = 17,3 \text{ кН}$.

5. Перевірку правильності рішення підтверджує таке рівняння:

$\Sigma F_y = 0: R_{Ay} - F_y - Q + R_D = 0$.

$$5,5 - 10 - 2 + 6,5 = 0.$$

Умова рівноваги виконується, значить задача розв'язана вірно.

Відповідь: $R_{Ax} = 17,3 \text{ кН}$;

$R_{Ay} = 5,5 \text{ кН}$;

$R_D = 6,5 \text{ кН}$.

Інструкція для виконання практичної роботи №1

Тема: Розрахунок реакцій опор балочних систем

1 Мета:

1.1 Набуття навиків розрахунку реакцій двохопорної балки

1.2 Сформулювати чітке уявлення про послідовність розв'язку задачі і раціональність вибору рівнянь рівноваги для різних типів балочних систем

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Індивідуальне завдання (схема балки)

2.2 Калькулятор

3 Теоретичні відомості:

В реальних умовах багато тіл знаходяться в рівновазі під дією системи сил, яка розташована довільно на площині. У такому випадку система сил може бути зведеної приведеною до Головного вектора, який прикладений до довільної точки O і пари сил, момент якої дорівнює Головному моменту. Відомо, що коли головний вектор і головний момент системи дорівнюють нулю, то така система знаходиться в рівновазі.

На основі цього можна скласти чотири рівняння рівноваги: два – суми проєкцій всіх сил системи на дві координатні осі $\sum F_{ix} = 0$ і $\sum F_{iy} = 0$ та два – суми моментів всіх сил відносно двох точок: $\sum M_A = 0$ і $\sum M_B = 0$. Для статично визначеної плоскої системи довільних сил слід враховувати раціональність вибору рівнянь рівноваги при визначенні опорних реакцій:

- для двохопорної балки, у якої невідомі реакції розташовані в двох точках, слід складати такі рівняння: $\sum M_A = 0$; $\sum M_B = 0$; $\sum F_{ix} = 0$. Четверте рівняння – використовується для перевірки: $\sum F_{iy} = 0$;
- для балки з жорстким закріпленням, де три невідомі реакції розташовані в одній точці, слід використовувати такі рівняння рівноваги: $\sum F_{ix} = 0$; $\sum F_{iy} = 0$; $\sum M_A = 0$. Рівняння, що не було використане при розв'язанні задачі – є перевірочним: $\sum M_B = 0$.

Дію в'язів на конструкція замінюють їх реакціями. Слід пам'ятати, що шарнірно-нерухома в'язь розкладається на дві силові складові R_x , R_y , шарнірно-рухома – має одну реакцію, яка завжди перпендикулярна поверхні опори катків; для жорсткого закріплення розраховують три реакції – дві силові складові R_x , R_y і реактивний момент M_R .

4 Хід роботи: Згідно з варіантом завдання (таблиця 1.1) виконати наступне:

4.1 Визначити тіло, рівновагу якого слід визначити (таблиця 1.2)

4.2 Звільнити тіло від в'язів, замінив їх відповідними реакціями

4.3 Обрати осі координат і точки, відносно яких визначаються моменти сил

4.4 Скласти рівняння рівноваги плоскої довільної системи сил.

4.5 Визначити невідомі величини сил. Якщо в результаті розв'язання питома реакція отримана з від'ємним знаком – то напрямок реакції необхідно замінити на протилежний (модуль сили при цьому остається незмінним).

4.6 Перевірку провести таким рівнянням рівноваги, яке не було використане при розв'язання задачі.

5 Висновки

6. Контрольні питання:

6.1. Який елемент конструкції називається балкою?

6.2. Скільки рівнянь рівноваги складають для плоскої системи довільних сил?

6.3. Скільки опорних реакцій визначають для шарнірно-нерухомої опори?

6.4. Скільки опорних реакцій характерно для жорсткого закріплення?

Література

1 М.С. Мовнин, А.Б. Рубашкин Техническая механика. Часть первая. Теоретическая механика: Учебник для техникумов.-Л.: "Судостроение", 1971, § 23-30

2 Никитин Е.М. Теоретическая механика для техникумов: Учебник. –М.: Наука, 1988, § 30

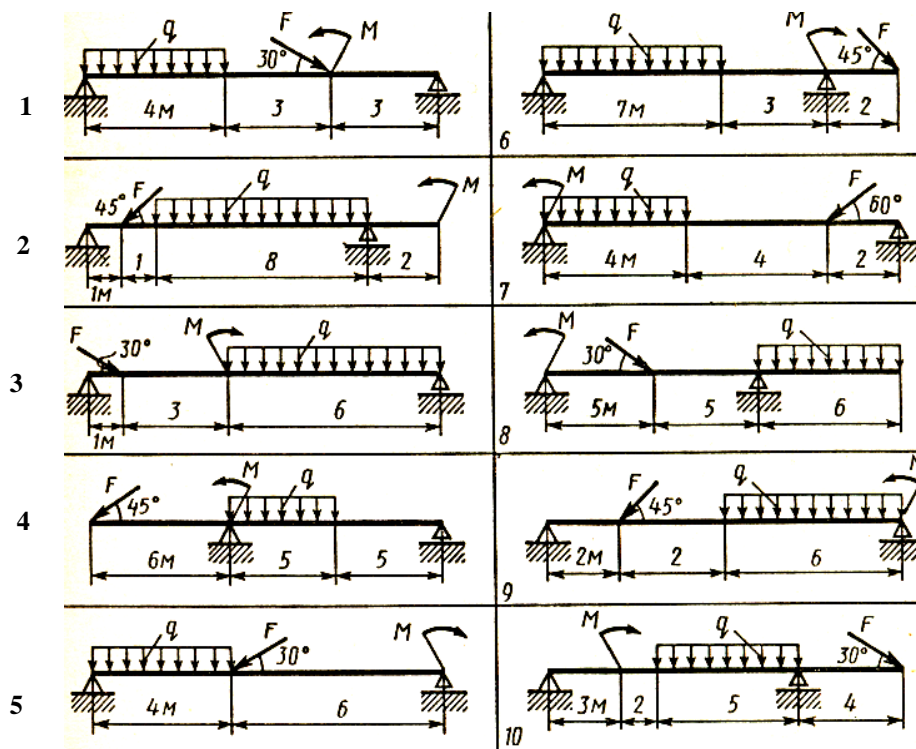
Вихідні дані для розрахунків

Таблиця 1.1

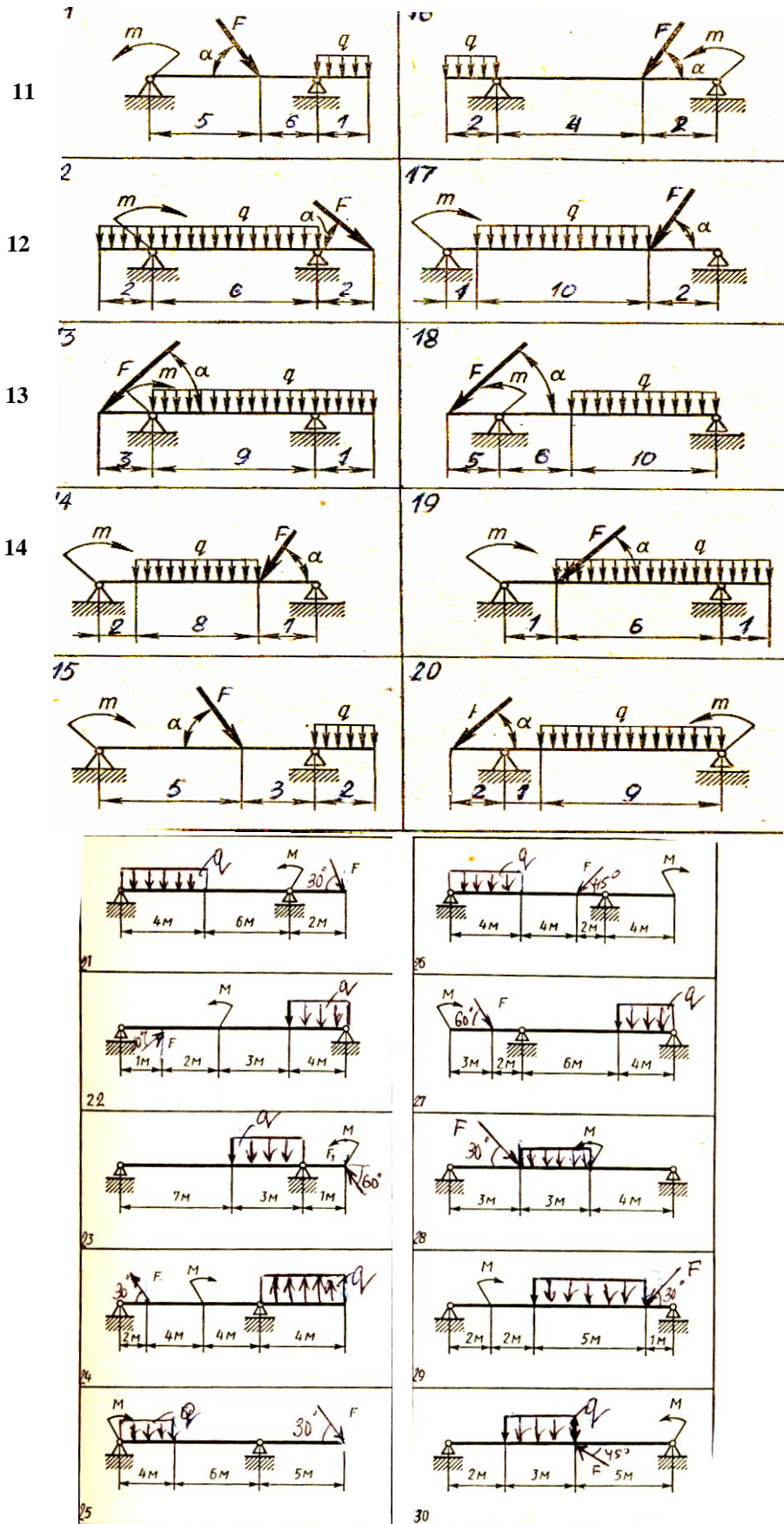
№ схеми	F,P, кН	q, кН/м	M, кН м	α, град.	№ схеми	F,P, кН	q, кН/м	M, кН м	α, град.
1	12	4	7	Вказані на схемах	16	12	2	12	30
2	4	8	4		17	4	2	14	45
3	15	10	3		18	8	3	9	60
4	21	12	6		19	9	5	8	30
5	10	6	9		20	14	4	10	45
6	15	2	10		21	6	6	6	Вказані На схемах
7	7	5	22		22	15	8	5	
8	8	3	13		23	22	7	10	
9	9	4	6		24	8	9	16	
10	12	2	8		25	10	12	13	
11	10	6	10		26	20	5	12	
12	4	9	8		27	5	8	18	
13	13	2	12		28	7	7	14	
14	17	5	9		29	3	3	12	
15	10	6	14		30	9	4	10	

Схеми навантажень

Таблиця 1.2



Продовження таблиці 1.2



Практичне заняття № 2

Тема: Опір матеріалів. Розтяг-стиск

Студенти повинні знати: послідовність застосування методу перерізів для визначення ВСФ; правило знаків для визначення нормальних сил та нормальних напруг при розтязі-стиску; ознаки пластичних та крихких матеріалів.

Студенти повинні вміти: визначати вид навантаження: розтяг чи стиск у залежності від напрямку дії зовнішніх сил; будувати епюри нормальних сил та нормальних напруг; застосовувати умову міцності при розтязі-стиску.

Послідовність виконання завдання з практичної роботи № 2.

Для заданного двоступеневого бруса побудувати епюри повздовжніх сил та нормальних напруг. Перевірити міцність бруса у відповідності до матеріалу, з якого він виготовлений.

Дано:

Сталь 45

$F_1 = 30$ кН

$F_2 = 38$ кН

$F_3 = 42$ кН

$A_1 = 1,9$ см²

$A_2 = 3,1$ см²

N - ?

σ - ?

Розв'язання

1 Розбиваємо брус на ділянки і визначаємо повздовжню силу на кожній із ділянок:

$N_1 = 0$

$N_2 = F_1 = 30$ кН

$N_3 = F_1 = 30$ кН

$N_4 = F_1 - F_2 = - 8$ кН

$N_5 = F_1 - F_2 - F_3 = - 50$ кН

Будуємо епюру повздовжніх сил не дотримуючись масштабу (рис.б).

2 Розраховуємо значення нормальних напруг:

$\sigma_1 = N_1 / A_1 = 0$

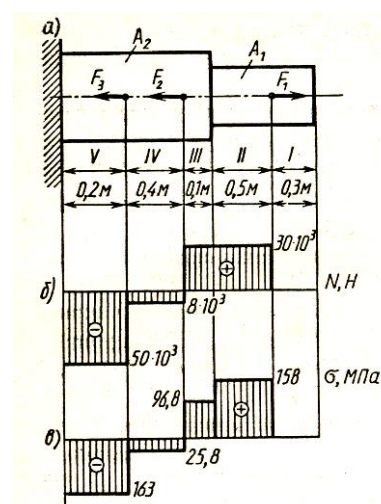
$\sigma_2 = N_2 / A_1 = 158$ Н/мм² = 158 МПа

$\sigma_3 = N_3 / A_2 = 96,8$ Н/мм² = 96,8 МПа

$\sigma_4 = N_4 / A_2 = - 25,8$ Н/мм² = - 25,8 МПа

$\sigma_5 = N_5 / A_2 = - 163$ Н/мм² = - 163 МПа

Будуємо епюри нормальних напруг (рис. в)



3 Перевіряємо міцність заданого бруса, який виготовлений із Сталі 45. Сталі відносять до пластичних матеріалів, отже вони добре опираються як розтягуючим, так і стискаючим навантаженням. Приймаємо $[\sigma] = 160 \text{ Н/мм}^2$
Для кожної ділянки перевіряємо міцність за умовою: $\sigma \leq [\sigma]$:

$$\sigma_1 = 0;$$

$$\sigma_2 = 158 \text{ Н/мм}^2 \leq 160 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_3 = 96,8 \text{ Н/мм}^2 \leq 160 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_4 = -25,8 \text{ Н/мм}^2 \leq 160 \text{ Н/мм}^2;$$

$\sigma_5 = -163 \text{ Н/мм}^2 > 160 \text{ Н/мм}^2$. Визначимо, на скільки відсотків робоче навантаження на п'ятій ділянці перевищує допустиме:

$(\sigma_5 - [\sigma])100\% / [\sigma] = (163-160)100\% / 160 = 1,875\%$. Таке перевантаження не перевищує допустимих 5%, отже **брус відповідає умові міцності**.

Інструкція для виконання практичної роботи №2

Тема: Розтяг-стиск

1 Мета:

Набуття навиків виконання розрахунків на міцність бруса при розтязі-стиску.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Індивідуальне завдання (схема навантаження бруса)

2.2 Калькулятор

3 Теоретичні відомості

Нормальна (повздовжня) сила у будь-якому поперечному перерізі бруса дорівнює алгебраїчній сумі проекцій зовнішніх сил ось z : $N = \sum F_{iz}$

Нормальні напруги при розтязі-стиску розташовуються рівномірно по площини поперечного перерізу і визначаються за формулою:

$$\sigma = N/A,$$

де A – площа поперечного перерізу бруса.

4 Хід роботи

4.1. Застосовуючи метод перерізів, визначити нормальні сили та нормальні напруги і побудувати їх епюри.

4.2. Застосовуючи умову міцності при розтязі-стиску, і враховуючі механічні характеристики матеріалу (пластичний або крихкий) перевірити міцність заданого бруса.

$\sigma \leq [\sigma]$ – умова міцності при розтязі-стиску,

де σ – розрахункова напруга на ділянці бруса; $[\sigma]$ – допустима напруга;

Для пластичних матеріалів прийняти $[\sigma] = 160 \text{ Н/мм}^2$, для крихких: $[\sigma_c] = 120 \text{ Н/мм}^2$ і $[\sigma_p] = 50 \text{ Н/мм}^2$.

4.3. Згідно з варіантом, перевірити міцність бруса для вказаного виду матеріалу. Вихідні дані і схему навантаження обрати згідно з варіантом з таблиць 2.1; 2.2

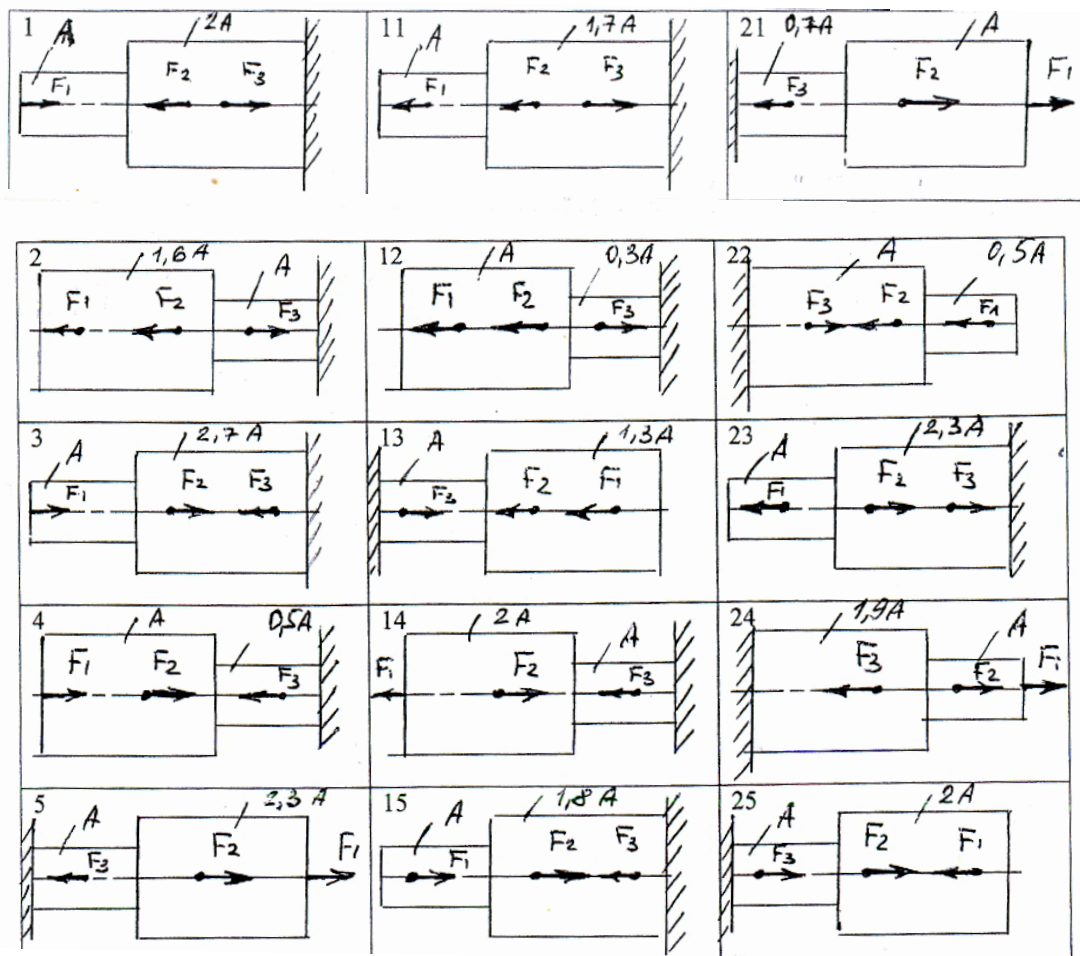
Таблиця 2.1

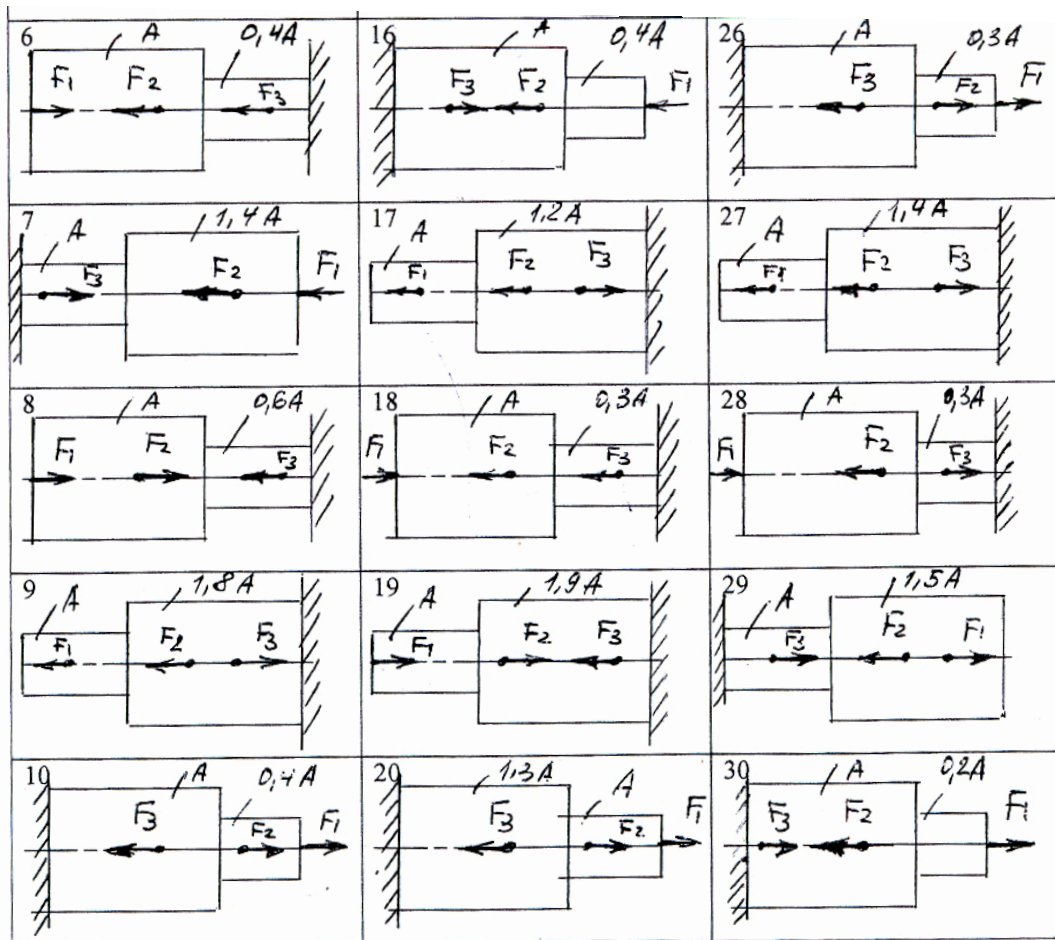
Вихідні дані для розрахунків

№ вар	$F_1, \text{кН}$	$F_2, \text{кН}$	$F_3, \text{кН}$	$A, \text{см}^2$	Вид матеріалу	№ вар	$F_1, \text{кН}$	$F_2, \text{кН}$	$F_3, \text{кН}$	$A, \text{см}^2$	Вид матеріалу
1	32	24	18	1,6	пластичний	16	53	10	21	2,1	пластичний
2	24	45	14	2,6	крихкий	17	67	28	15	1,9	крихкий
3	75	12	25	2,0	пластичний	18	12	19	72	3,4	пластичний
4	22	47	85	1,8	крихкий	19	45	11	21	1,2	крихкий
5	13	33	65	1,2	пластичний	20	50	32	16	2,3	пластичний
6	43	9	63	3,1	крихкий	21	89	16	43	2,6	крихкий
7	16	28	32	2,4	пластичний	22	34	42	19	2,7	пластичний
8	7	34	61	1,9	крихкий	23	40	32	56	1,3	крихкий
9	65	20	16	1,5	пластичний	24	54	63	41	2,9	пластичний
10	26	14	60	2,7	крихкий	25	19	15	60	1,3	крихкий
11	21	74	23	1,6	пластичний	26	48	72	28	1,8	крихкий
12	17	36	61	1,2	крихкий	27	30	42	66	2,3	крихкий
13	25	40	36	1,8	пластичний	28	14	68	21	2,1	пластичний
14	33	24	52	2,4	крихкий	29	10	55	30	3,3	крихкий
15	41	64	23	1,9	пластичний	30	58	22	48	1,4	крихкий

Таблиця 2.2

Схеми навантажень





5 Висновки

6 Контрольні питання:

- 6.1. Який вид деформації називається розтягом?
- 6.2. Що таке еюра ВСФ, які функції вона виконує?
- 6.3. Позитивна нормальна сила відповідає розтягу чи стиску?

Література

Мовнин М.С., Израелит А.Б., Рубашкин А.Г. «Основы технической механики»: Л.-«Машиностроение», 1990, §32 – 34

Практичне заняття № 3

Тема: Опір матеріалів. Кручення

Студенти повинні знати: правило знаків для визначення крутних моментів; ознаки розташування дотичних напруг по поперечному перерізу вала.

Студенти повинні вміти: визначати знак і розраховувати крутні моменти; будувати епюри крутних моментів; застосовувати умову міцності при виконанні проектного розрахунку вала при крученні.

Послідовність виконання завдання з практичної роботи № 3

Для заданого сталевого вала постійного по довжині, визначити значення моментів M_2 і M_3 , які відповідають потужностям P_2 і P_3 , а також зрівноважуючий момент M_1 ; побудувати епюру крутних моментів; визначити розмір діаметру вала із розрахунків на міцність при крученні, вважаючи поперечний переріз вала – круг.

Дано:

$$P_2 = 52 \text{ кВт}$$

$$P_3 = 50 \text{ кВт}$$

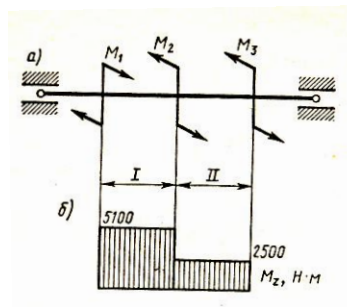
$$\omega = 20 \text{ рад/с}$$

$$[\tau] = 30 \text{ МПа}$$

$$M_1; M_2; M_3 - ?$$

$$M_k - ?$$

$$D - ?$$



Розв'язання

1 Визначаємо зовнішні моменти:

$$M_2 = P_2 / \omega = 52 \cdot 10^3 / 20 = 2600 \text{ Нм};$$

$$M_3 = P_3 / \omega = 50 \cdot 10^3 / 20 = 2500 \text{ Нм}.$$

2 Зрівноважуючий момент M_1 визначаємо з рівняння рівноваги:

$$\sum M_i = 0: M_1 - M_2 - M_3 = 0; M_1 = M_2 + M_3 = 2600 + 2500 = 5100 \text{ Н м}.$$

3 Будуємо епюру крутних моментів по ділянкам вала.

4 Із умови міцності визначаємо діаметр вала для небезпечного перерізу, який зазнає найбільший крутний момент:

$$M_{z \max} = 5100 \text{ Нм};$$

$$d = \sqrt[3]{16 M_{k \max} / \pi [\tau_k]} = \sqrt[3]{16 \cdot 5100 \cdot 10^3 / 3,14 \cdot 30} = 95,2 \text{ мм}.$$

Відповідь: Приймаємо $d = 95 \text{ мм}$.

Інструкція для виконання практичної роботи №3

Тема: Кручення

1 Мета

Набуття навиків виконання проектних розрахунків вала круглого поперечного перерізу із умови міцності.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Індивідуальне завдання (схема навантаження вала)

2.2 Калькулятор

3 Теоретичні відомості

Крутний момент в будь-якому поперечному перерізі вала дорівнює алгебраїчній сумі зовнішніх моментів, які діють на залишену частину вала

$$M_K = \sum M_i$$

Умова міцності при крученні має вигляд:

$$\tau_{\max} \leq [\tau_K],$$

де τ_{\max} $\tau_{\max} = M_{K\max} / W_p$ - максимальна дотична напруга, що обирається по епюрі, не заважаючи на знак;

W_p - полярний момент опору вала при крученні. $W_p = \pi d^3 / 16$;

$[\tau_K]$ – допустима дотична напруга при крученні, що визначена для заданого матеріалу.

4 Хід роботи

4.1 Розрахувати зовнішні скручу вальні моменти за заданими даними.

4.2. Визначити момент, який врівноважує інші моменти, з рівняння рівноваги $\sum M = 0$, так як при рівномірному обертті вала алгебраїчна сума діючих на нього обертаючих моментів дорівнює нулю.

4.3. Застосовуючи метод перерізів, визначити крутні моменти і побудувати їх епюри.

4.4. Для ділянки вала, в якій виникає найбільший крутний момент, визначити діаметр вала для круглого поперечного перерізу із умови міцності:

$$d = \sqrt[3]{16 M_{K\max} / \pi [\tau_K]}.$$

4.5. Розрахований діаметр вала округлити до найближчого стандартного значення: парного, або таке, що закінчується на 5.

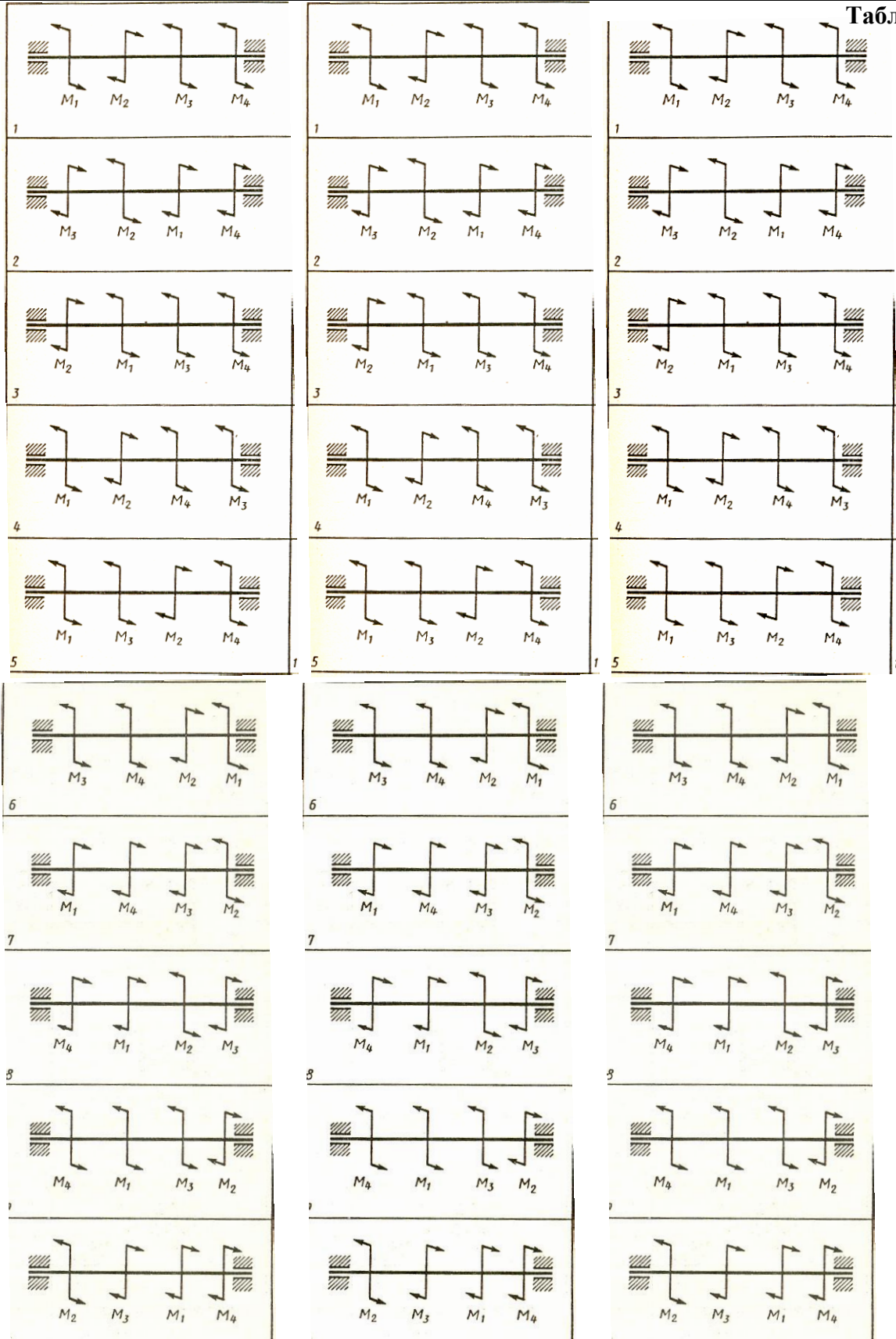
4.6. Для сталевого вала постійного поперечного перерізу визначити розмір з умови міцності, як що $[\tau_K] = 30 \text{ МПа}$. Вихідні дані і схему навантаження обрати згідно з варіантом з таблиць 3.1; 3.2

Таблиця 3.1

№ вар, № зад.	P ₁	P ₃	P ₄	ω , рад/с	№ вар, № зад.	P ₁	P ₃	P ₄	ω , рад/с
	кВт					кВт			
1	35	20	15	20	16	45	100	60	30
2	130	90	40	45	17	16	30	45	12
3	15	10	35	16	18	40	115	55	16
4	150	100	75	55	19	30	80	45	15
5	100	18	50	20	20	75	120	90	30
6	60	150	80	55	21	40	25	20	25
7	18	35	40	10	22	90	45	20	20

8	20	50	30	10	23	55	65	25	20
9	52	100	60	32	24	95	70	45	35
10	80	95	75	25	25	40	120	20	20
11	150	100	50	45	26	50	110	75	30
12	100	65	25	35	27	20	35	100	25
13	75	80	25	40	28	65	140	80	16
14	150	100	75	55	29	35	95	50	18
15	50	15	25	18	30	42	60	55	18

Таблица 3.2



6. Контрольні питання:

6.1. Скільки ВСФ виникають при крученні?

6.2. У якому випадку вважають крутний момент позитивним? Від'ємним?

Література: Г.М. Ицкович Сопротивление материалов: М.-«Высшая школа», 1986, §5.1-5.3

Практичне заняття № 4

Тема: Опір матеріалів. Згин

Студенти повинні знати: кількість внутрішніх силових факторів, характерних для деформації згину; правила знаків для визначення поперечних сил та згинаючих моментів; ознаки розташування нормальних напружень при згині.

Студенти повинні вміти: застосовувати правило знаків при визначенні поперечних сил та згинаючих моментів; будувати епюри ВСФ при згині; застосовувати умову міцності при виконанні проектного розрахунку балки при згині.

Послідовність виконання завдання з практичної роботи № 4

Для заданої консольної балки побудувати епюри поперечних сил та згинаючих моментів. Для перерізу, вказаної форми, розрахувати розміри.

Дано:

$$[\sigma] = 160 \text{ МПа}$$

$$F_2 = 1 \text{ кН}$$

$$F_1 = 2 \text{ кН}$$

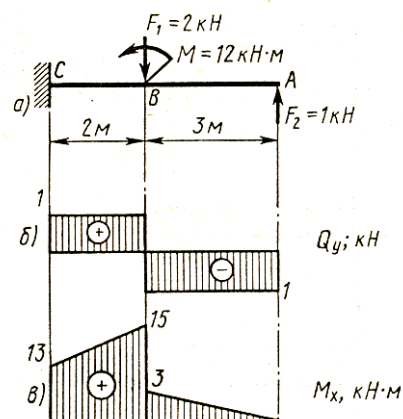
$$M = 12 \text{ кН м}$$

$$\frac{h}{b} = 2$$

$$Q_y - ?$$

$$M_x - ?$$

$$h \times b ?$$



Розв'язання

1 Розбиваємо балку на ділянки і на кожній з них розраховуємо поперечні сили та згинаючі моменти:

1 ділянка: $0 \leq z \leq 3$

$$Q_{y1} = -F_2 = -1 \text{ кН}$$

$$M_{x1} = F_2 z$$

$$M_x(0) = 0$$

$$M_x(3) = 3 \text{ кН м}$$

2 ділянка: $3 \leq z \leq 5$

$$Q_{y2} = -F_2 + F_1 = -1 + 2 = 1 \text{ кН}$$

$$M_{x1} = F_2 z + M - F_1 (z - 3)$$

$$M_x(0) = 3 + 12 - 0 = 15 \text{ кН м}$$

$$M_x(3) = 5 + 12 - 2(5 - 3) = 13 \text{ кН м}$$

2 Будуємо епюри поперечних сил (рис. б) та згинаючих моментів (рис. в) у довільному масштабі.

3 Для найбільш навантаженого перерізу, де виникає $M_{x_{\max}} = 15 \text{ кН м}$, розрахуємо розміри із умови міцності:

$$W_x = M_{x_{\max}} / [\sigma] = 93700 \text{ мм}^3$$

Так як для прямокутника (заданої форми перерізу балки) $W_x = hb^2/6$; з врахуванням, що $h/b = 2$, звідки $h = 2b$.

$$\text{Тоді } W_x = h(2b)^2/6 = 4b^2/6$$

$$b = \sqrt[3]{6W_x/4} = \sqrt[3]{6 \cdot 93700/4} = 52 \text{ мм}$$

$$h = 2b = 2 \cdot 52 = 104 \text{ мм.}$$

Відповідь: прямокутний переріз балки з умови міцності при згині
 $h \times b = 104 \times 52$

Інструкція для виконання практичної роботи №4

Тема: Згин

1 Мета:

Набуття навиків виконання розрахунків на міцність балки при згині

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Індивідуальне завдання (схема навантаження балки)

2.2 Калькулятор

3 Теоретичні відомості

Поперечна сила Q_y в будь-якому перерізі балки дорівнює алгебраїчній сумі проєкцій сил, що діють на частину балки, яка розглядається.

$$Q_y = \sum F_{iy}$$

Згинаючий момент M_x є алгебраїчною сумою моментів сил, які діють на оставлену частину балки

$$M_x = \sum M_c(F_i)$$

4 Хід роботи

4.1. Для консольної балки реакції можна не визначати, але розрахунок треба вести з вільного кінця.

4.2. Застосовуючи метод перерізів, визначити поперечні сили та згинаючі моменти і побудувати їх епюри.

4.3. Для ділянки вала, в якій виникає найбільший згинаючий момент, визначити розміри поперечного перерізу із умови міцності:

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma] - \text{умова міцності,}$$

$\sigma_{\max} = M_{x\max} / W_x$, де W_x - осьовий момент опору балки при згині.

$$W_x = \pi d^3 / 32 - \text{для круглого перерізу;}$$

$$W_x = bh^2 / 3 - \text{для прямокутного перерізу;}$$

$$W_x = a^3 / 3 - \text{для квадратного перерізу.}$$

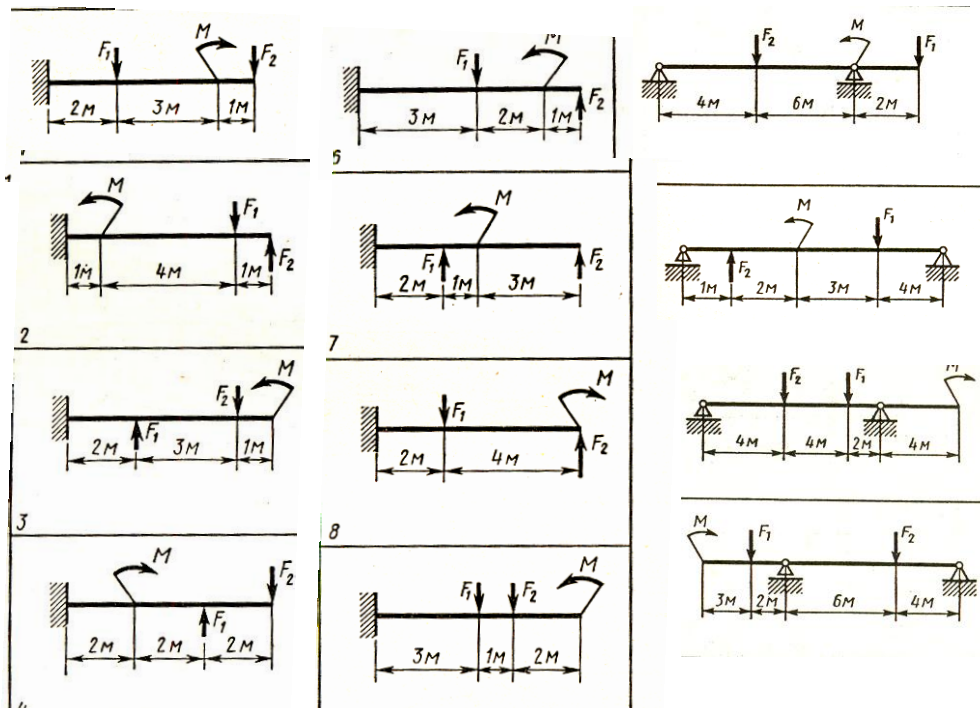
4.4. Розрахувати поперечні сили і згинаючі моменти, побудувати їх епюри. Підібрати з умови міцності на згин розміри поперечних перерізів заданої форми. *Прийняти $[\sigma] = 150 \text{ МПа}$*

4.5. Дані для розрахунку обрати згідно з варіантом задачі з таблиці 4.1. Схеми навантаження – у таблиці 4.2.

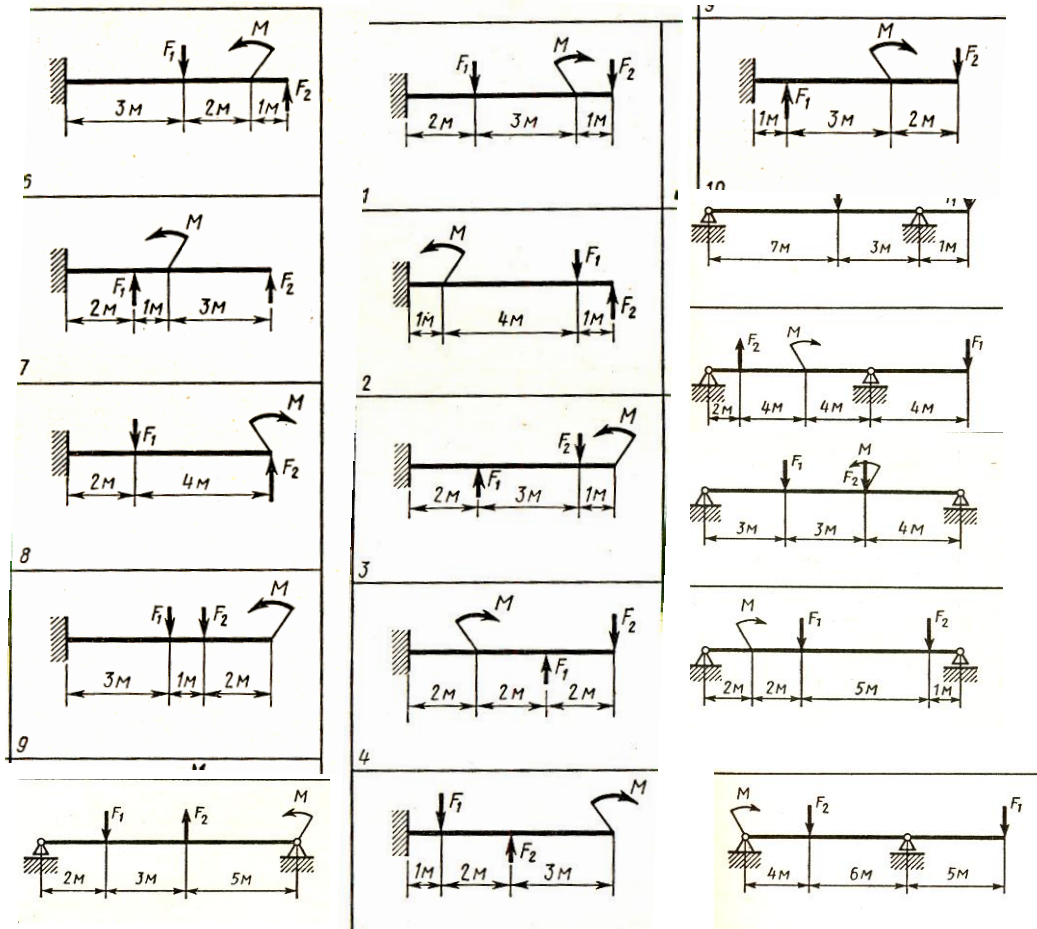
Таблиця 4.1.

№ вар, № зад.	F ₁	F ₂	M	форма перерізу	№ вар, № зад.	F ₁	F ₂	M	форма перерізу
	кН		кН. м			кН		кН. м	
1	20	10	12	d	16	14	6	3	h/b=1
2	14	5	8	h/b=2	17	12	3	8	d
3	5	20	4	h/b=3	18	5	2	7	h/b=2
4	10	15	2	h/b=1	19	2	4	1	h/b=3
5	25	3	4	d	20	12	3	10	h/b=1
6	12	16	5	h/b=3	21	40	20	30	d
7	10	2	5	h/b=2	22	6	8	4	h/b=3
8	20	8	2	h/b=1	23	8	12	4	h/b=2
9	6	2	12	d	24	6	4	1	h/b=1
10	5	10	4	h/b=3	25	25	3	4	d
11	16	8	25	h/b=2	26	14	6	3	h/b=3
12	10	8	12	h/b=1	27	9	5	11	h/b=2
13	15	9	6	d	28	5	2	7	h/b=1
14	15	12	6	h/b=3	29	6	2	12	d
15	30	4	1	h/b=2	30	5	10	4	h/b=3

Таблиця 4.2



Продовження таблиці 4.2



5 Висновки:

6 Контрольні питання:

6.1. Скільки ВСФ виникає при деформації згину?

6.1. Якщо верхні волокна балки розтягнуті – який знак має згинаючий момент?

6.3. Яке напруження впливає на деформаційний стан балки при згині?

Література: М.С. Мовнин Основы технической механики, Ленинград, «Машиностроение», 1990, § 47,48

Основна література

- 1 Аркуша А.И., Фролов М.И., «Техническая механика для техникумов, М.:Высшая школа, 1983.
- 2 Йосилевич Г.Б., и др.. Прикладная механика: Для студентов втузов/ Г.Б. Йосилевич, П.А. Лебедев, В.С. Стреляев.- М.: Машиностроение, 1985.
- 3 Ицкович Г.М. Сопротивление материалов: Учеб. для учащихся машиностроит. Техникумов.-7-е изд., испр. - М.: Высшая шк., 1986.-352 с.: ил.
- 4 Мовнин М.С. , Израелит А.Б., Рубашкин А.Г. «Основы технической механики», Л.:Машиностроение, 1990
- 5 Мовнин М.С., Израелит А.Б., Рубашкин А.Г Руководство к решению задач по технической механике, М.:-Высшая школа, 1977
- 6 М.С. Мовнин, Д. Г. Гольцикер Техническая механика, Ч.3 Детали машин, Ленинград изд. Судостроение, 1966
- 7 Федуліна А.І. Теоретична механіка: Навч. посіб.- К.: Вища шк., 2005.- 319с.:іл.

Додаткова література

- 1 Йосилевич Г.Б. и др.. Прикладная механика: Для студентов ВТУЗов/ Г.Б. Йосилевич, П.А. Лебедев, В.С. Стреляев. – М.: Машиностроение, 1985.
- 2 Сборник задач по технической механике/ Под ред.. Г.М. Ицковича.- Ленинград изд. Судостроение, 1968
- 3 Яблонский А.А Курс теоретической механики в двух томах, М.: Гос. изд-во "Высшая школа", 1963