Міністерство освіти і науки України

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені ПЕТРА ВАСИЛЕНКА**

Навчально-науковий інститут
переробних і харчових виробництв

Кафедра фізики і теоретичної механіки

# ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА

# СТАТИКА.
# СИСТЕМА ЗБІЖНИХ СИЛ НА ПЛОЩИНІ

## Методичні вказівки
## до виконання практичних робіт

для студентів денної та заочної форм навчання
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,
спеціальностей
133 Галузеве машинобудування
208 Агроінженерія
274 Автомобільний транспорт

Харків
2020

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені ПЕТРА ВАСИЛЕНКА

Навчально-науковий інститут переробних і харчових виробництв

Кафедра фізики і теоретичної механіки

# ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА

# СТАТИКА. СИСТЕМА ЗБІЖНИХ СИЛ НА ПЛОЩИНІ

Методичні вказівки до виконання практичних робіт

для студентів денної та заочної форм навчання
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, спеціальностей
133 Галузеве машинобудування
208 Агроінженерія
274 Автомобільний транспорт

Затверджено рішенням
Науково-методичної ради
ННІ ПХВ ХНТУСГ
Протокол № 5
від 26 . 11 . 2020 р.

Харків
2020

**УДК 531/534 (075.8)**

Схвалено на засіданні кафедри фізики і теоретичної механіки

протокол № 3 від 12 листопада 2020 р.

Теоретична механіка. Статика. Система збіжних сил на площині: методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів денної та заочної форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, спеціальностей 133 Галузеве машинобудування, 208 Агроінженерія, 274 Автомобільний транспорт; Харків. нац. техн. у-т сіл. госп-ва ім. П. Василенка ; уклад.: В. В. Бурлака, В. П. Ольшанський, М. В. Сліпченко. – Харків : [б. в.], 2020.–21 с.

Методичні вказівки призначені для отримання навичок при виконанні практичної роботи з навчальної дисципліни «Теоретична механіка».

В роботі надано визначення термінів, наведені геометрична та аналітичні умови рівноваги системи збіжних сил. Розглянуто розвязок задач з використанням обох методів. Запропоновано задачі для самостійного розвязку.

Методичні вказівки призначені для студентів вищих навчальних закладів технічних спеціальностей.

**Рецензенти:**
**О. І. Завгородній**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри вищої математики Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка
**М. Л. Шуляк**, д-р техн. наук, доц., в. о. професора кафедри тракторів і автомобілей Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка
**Відповідальний за випуск: М. В. Сліпченко,** канд. техн. наук., доцент

# СИСТЕМА ЗБІЖНИХ СИЛ НА ПЛОЩИНІ

## Зміст

1. Геометрична умова рівноваги системи збіжних сил.
2. Геометричний метод розв’язування задач.
3. Аналітичні умови рівноваги системи збіжних сил.
4. Контрольні запитання.
5. Приклади розв’язування задач.

## 1. Геометрична умова рівноваги системи збіжних сил

***Збіжними** називаються сили, лінії дії яких перетинаються в одній точці.*

Якщо перенести всі сили вздовж лінії їх дії в цю точку, дістанемо еквівалентну систему сил, що прикладена до однієї точки.

Рівнодіюча $\overline{R}$ системи сил, яка прикладена до однієї точки, прикладена до цієї ж точки і зображається замикаючою стороною силового багатокутника, що побудований на додаваємих силах, тобто рівнодіюча $\overline{R}$ дорівнює векторній сумі додаваємих сил:

$$\overline{R} = \overline{F}_1 + \overline{F}_2 + ... + \overline{F}_n = \sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k .$$

Оскільки система збіжних сил може бути замінена однією силою – рівнодіючою, то необхідною і достатньою умовою рівноваги тіла під дією системи збіжних сил є рівність нулю цієї рівнодіючої:

$$\overline{R} = \overline{F}_1 + \overline{F}_2 + ... + \overline{F}_n = \sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k = 0 .$$

Геометрично ця умова полягає в тому, щоб кінець останнього вектора збігався з початком першого в векторному (силовому) багатокутнику, побудованому з сил системи, тобто сили повинні утворювати замкнутий багатокутник.

Якщо тіло знаходиться в рівновазі під дією трьох збіжних сил, то силовий багатокутник зводиться до силового трикутника. Розв'язання ж задачі про рівновагу в цьому випадку потребує знаходженння невідомих елементів трикутника за допомогою тригонометричних формул або вимірювань.

При розв'язанні задач на рівновагу тіла під дією трьох сил часто доводиться користуватися ***теоремою про три сили:***

*Якщо тіло знаходиться в рівновазі під дією трьох непаралельних сил, що лежать в одній площині, то лінії дії цих сил обов'язково перетинаються в одній точці, тобто сили утворюють збіжну систему сил.*

Теорема про три непаралельні сили полегшує розв'язування задач на рівновагу твердого тіла в тих випадках, коли напрям однієї з трьох сил невідомий. Визначивши точку перетину ліній дії двох сил, напрям яких відомий, можна вказати напрям лінії дії третьої сили, оскільки вона повинна пройти через точку прикладення цієї сили і точку перетину ліній дії перших двох сил.

## 2. Геометричний метод розв'язування задач

Безпосереднє використання багатокутника сил при розв'язуванні задач статики приводить до геометричних побудов з наступним визначенням невідомих елементів за допомогою тригонометричних формул.

При розв’язуванні задач на рівновагу твердого тіла геометричним методом рекомендується дотримуватися наступного порядку:

1. Виділити об’єкт, який буде розглядатися в рівновазі.
2. Встановити і показати на схемі активні сили, що діють на тіло.
3. З’ясувати характер в’язей і встановити напрями їх реакцій.
4. Побудувати замкнений силовий багатокутник (побудову треба починати з сил відомих за модулем і за напрямом).
5. З силового багатокутника визначити невідомі сили.

## 3. Аналітичні умови рівноваги системи збіжних сил

Найбільш загальним способом визначення модуля і напрямку рівнодіючої є аналітичний, який базується на аналітичному методі означення сили.

Якщо обрати деяку прямокутну систему координатних осей $Oxy$ (рис.2.1.), то силу $\overline{F}$ за правилом паралелограма (в даному випадку – прямокутника) можна розкласти на дві складові $\overline{F}_x$ і $\overline{F}_y$.

Алгебраїчні значення довжин напрямлених відрізків *Оа* і *Ов* називаються проекціями сили на осі $Ox$ і $Oy$ та позначаються $F_x$ і $F_y$.

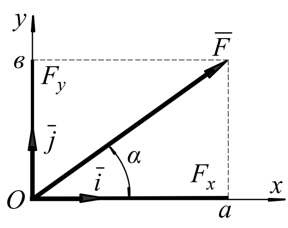



Рис.1.

Якщо $\overline{i}$ та $\overline{j}$ одиничні вектори, що напрямлені за осями $Ox$ та $Oy$ , а $F_x$ і $F_y$ проекції сили на ці осі, то

$$\overline{F} = \overline{i}\, F_x + \overline{j}\, F_y .$$

Модуль та напрям сили за відомими проекціями на взаємно перпендикулярні осі *Ox, Oy* знаходять з наступних формул:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}; \ \cos\left(\overline{F} \,\hat{}\, \overline{i}\right) = \frac{F_x}{F}; \ \cos\left(\overline{F} \,\hat{}\, \overline{j}\right) = \frac{F_y}{F}.$$

При визначенні проекції сили на вісь можливі 4 випадки (рис.2.2).

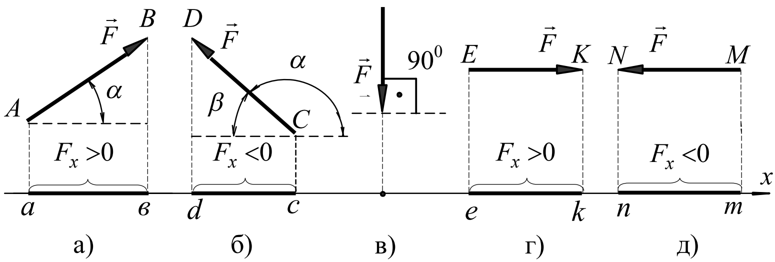



Рис. 2

1. Сила утворює гострий кут $\alpha$ з додатним напрямом осі (рис. 2,а). В цьому випадку проекція сили на вісь має додатній знак і за модулем дорівнює

$$F_x = ab = F\cos\alpha .$$

2. Сила утворює з додатним напрямом осі тупий кут (рис. 2,б). В цьому випадку її проекція на координату вісь має від'ємний знак і дорівнює

$$F_x = -cd = -F\cos\beta = F\cos\alpha .$$

3. Сила утворює прямий кут ($\alpha = 90^0$) з координатною віссю (рис. 2.в). В цьому випадку проекція сили на вісь дорівнює нулю .

4. Сила паралельна до координатної осі (рис. 2,г, д). В цьому випадку сила проектується в натуральну величину і проекція додатна, якщо її напрям збігається з додатним напрямом осі (рис. 2.г), та від'ємна, якщо її напрям збігається з від'ємним напрямом осі (рис. 2.д).

Якщо сили $\overline{F}_1, \overline{F}_2, ..., \overline{F}_n$ являють собою збіжну систему сил, то рівнодіюча $\overline{R}$ дорівнює їх геометричній сумі, а її проекції на осі:

$$R_x = \sum_{k=1}^{n} F_{kx}; \qquad R_y = \sum_{k=1}^{n} F_{ky} .$$

Оскільки модуль рівнодіючої визначається за формулою

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} ,$$

то тіло під дією системи збіжних сил буде знаходитись в рівновазі, коли $R$=0 , а це можливо, коли $R_x$=0 і $R_y$=0. В результаті дістанемо наступні аналітичні умови рівноваги тіла під дією збіжної системи сил:

$$R_x = \sum_{k=1}^{n} F_{kx} = F_{1x} + F_{2x} + ... + F_{nx} = 0;$$

$$R_y = \sum_{k=1}^{n} F_{ky} = F_{1y} + F_{2y} + ... + F_{ny} = 0.$$

Таким чином, *для рівноваги плоскої системи збіжних сил необхідно і достатньо, щоб суми проекцій усіх цих сил на кожну з двох взаємно перпендикулярних осей дорівнювали нулю.*

При розв'язуванні задач аналітичним способом потрібно виконати три перших пункти, що вказані в розділі 2.,а потім наступні:

4. Обрати систему декартових осей координат $Oxy$.
5. Скласти рівняння рівноваги твердого тіла в проекціях на ці осі координат.
6. Розв'язати систему складених рівнянь та визначити невідомі величини.

## 4. Контрольні запитання

1. Як визнати напрям рівнодіючої системи збіжних сил при побудові силового багатокутника?
2. Які умови і які рівняння рівноваги системи збіжних сил, що розташована на площині ?
3. Який порядок розв'язування задач статики на рівновагу тіла під дією системи збіжних сил?
4. При яких умовах сили, прикладені до твердого тіла, зрівноважуються.

## 5. Приклади розв'язування задач

### Задача № 1

Ідеальний стержень *AB* утримується в рівновазі нерозтяжною ниткою ВС. До шарніра *B* стержня, на нитці, підвішене тіло вагою *G* (рис.2.3).

***Визначити*** натяг нитки *BC* і реакцію стержня *AB*, якщо: $\alpha = 45^0$; $\beta = 105^0$; *G*=500Н.

***Розв'язування***. Розглянемо рівновагу вузла $B$ (рис. 3). До вузла $B$ прикладена сила $\overline{G}$, яка перенесена вздовж лінії дії від центра мас тіла до точки $B$, натяг нитки $\overline{T}$ і реакція стержня $\overline{S}$. Таким чином, вузол $B$ знаходиться в рівновазі під дією трьох сил: $\overline{G}$, $\overline{T}$ та $\overline{S}$, які лежать в одній площині і прикладені до однієї точки.

Величину і напрям зусилля $\overline{S}$ та величину натягу нитки $\overline{T}$ визначимо геометричним методом, скориставшись геометричною умовою рівноваги плоскої системи збіжних сил. Запишемо геометричну умову рівноваги системи сил, що діють на точку $B$:

$$\sum \overline{F}_k = \overline{T} + \overline{G} + \overline{S} = 0.$$

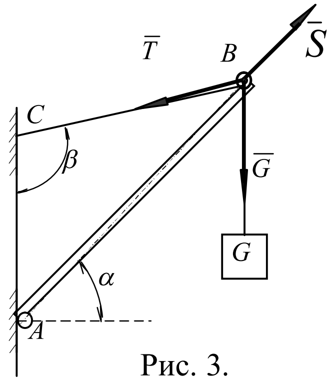



Рис. 3.

Побудуємо силовий трикутник згідно з записаним рівнянням (рис. 4). Для цього, з довільної точки $a$ відкладемо в деякому масштабі вектор $\overline{G}$. З точки початку вектора проведемо пряму, паралельну до лінії дії реакції $\overline{T}$ , а з точки кінця вектора пряму паралельну до лінії дії реакції $\overline{S}$. Проведені прямі перетнуться в точці $c$ , утворивши трикутник $abc$ . Вкажемо напрям сил, керуючись тим, що при додаванні векторів початок кожного наступного вектора повинен виходити з кінця попереднього.

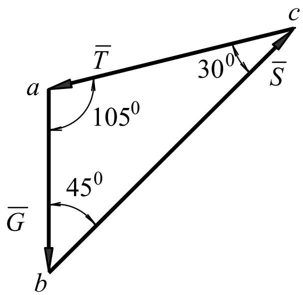



Рис. 4.

Знайти невідомі величини можна або помірявши відповідні сторони силового трикутника, або, за відомими кутами трикутника, з теореми синусів:

$$\frac{G}{\sin 30^0} = \frac{T}{\sin 45^0} = \frac{S}{\sin 105^0}.$$

Звідки:

$$T = G\frac{\sin 45^0}{\sin 30^0} \approx 500\frac{0,707}{0,5} \approx 705H;$$

$$S = G\frac{\sin 105^0}{\sin 30^0} = G\frac{\sin 75^0}{\sin 30^0} = 500\frac{0,954}{0,5} = 954H.$$

***Відповідь***: $T$ = 705 Н ; $S$ = 954 Н.

**Задача № 2**

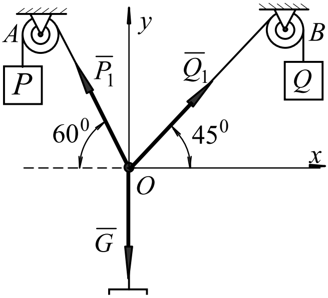



Рис. 5

Рис. 2.5.

Нитка з двома тілами на кінцях $P$ і $Q$ перекинута через блоки $A$ і $B$ (рис. 5). В точці $O$ до нитки , що знаходиться між блоками, прикріпили вантаж $G$=27,3 Н .

При рівновазі системи вітка $OA$ утворила з горизонталлю кут $60^0$ , а вітка $OB$ – кут $45^0$.

***Визначити*** вагу тіл $P$ і $Q$. Силами тертя в блоках знехтувати.

***Розв'язування***. Спочатку з'ясуємо, рівновагу якого об'єкта треба розглянути при розв'язуванні задачі. За умовою задачі потрібно визначити вагу тіла $P$ та вагу тіла $Q$ , які прикладені до центрів мас тіл і напрямлені вертикально донизу. Кожне тіло натягує нитку з силою, яка дорівнює його вазі. Блок змінює напрям нитки, а відповідно, і напрям сили натягу нитки. Сили $\overline{P}_1$ і $\overline{Q}_1$, за модулем, дорівнюють $P$ і $Q$, але напрямлені уздовж $OA$ і $OB$.

Оскільки прямі $OA$ і $OB$ перетинаються в точці $O$ , до якої можна прикласти і задану силу $G$, то при розв'язуванні задачі треба розглядати рівновагу точки $O$.

Таким чином, на об'єкт рівноваги точку $O$ (рис..5) діють сили: натягу $\overline{P}_1$ вітки нитки $OA$; натягу $\overline{Q}_1$ вітки нитки $OB$;

ваги груза $G$. (Вагу тіл $P$ і $Q$ враховувати не треба, оскільки вони прикладені не до об'єкту рівноваги точки $O$).
Складемо рівняння рівноваги. Для цього, оберемо систему координат $Oxy$ з початком в точці $O$, спроектуємо сили на осі і складемо рівняння.

Для проекцій на вісь $Ox$ дістанемо:

$$\sum F_{kx} = Q_1 \cos 45^0 - P_1 \cos 60^0 = 0 .$$

Знак проекції $\overline{Q_1}$ плюс , оскільки вона напрямлена за додатним напрямом осі $Ox$ . Знак проекції $\overline{P}_1$ мінус, оскільки вона напрямлена за від'ємним напрямом осі $Ox$ . Проекція сили $\overline{G}$ на вісь $Ox$ дорівнює нулю.

Сума проекцій усіх сил на вісь $Oy$ дорівнює:

$$\sum F_{ky} = Q_1 \sin 45^0 + P_1 \sin 60^0 - G = 0 .$$

Проекції сил $\overline{P}_1$ і $\overline{Q_1}$ мають знак плюс, оскільки напрямлені за додатним напрямом осі $Oy$. Проекція сили $\overline{G}$ має знак мінус, оскільки напрямлена за від'ємним напрямом осі.

З урахуванням чисельних значень тригонометричних функцій та величини $G$, рівняння набудуть вигляду:

$$0{,}707Q_1 - 0{,}5P_1 = 0;$$
$$0{,}707Q_1 + 0{,}866P_1 - 27{,}3 = 0.$$

Знайшовши з першого рівняння:

$$P_1 = \frac{0{,}707Q_1}{0{,}5} = 1{,}41Q_1,$$

і підставивши в друге, дістанемо:

$$0{,}707 \cdot Q_1 + 0{,}866 \cdot 1{,}41 \cdot Q_1 - 27{,}3 = 0;$$

$$Q_1 = 14{,}1\,\text{Н};$$

$$P_1 = 14{,}1 \cdot 14{,}1 = 20\,\text{Н}.$$

***Відповідь*:** $P$ = 20 Н; $Q$ = 14,1 Н.

## Задача № 3

Однорідний стержень $AB$ (рис.6) прикріплений до вертикальної стінки за допомогою шарніра $A$ і утримується під кутом $\alpha$ до вертикалі за допомогою троса $BC$, який утворює кут $\beta$ з стержнем.

***Визначити*** величину і напрям реакції $\overline{R}_A$ шарніра, якщо: вага стержня $G$=2 Н; $\alpha=60^0$; $\beta=30^0$.

***Розв'язування***. Задачу розв'яжемо геометричним і аналітичним способом, використовуючи теорему про рівновагу тіла під дією 3-х сил.

Розглянемо рівновагу стержня $AB$. На стержень діє активна сила - сила тяжіння $\overline{G}$ та реакції в'язей: натяг троса $BC$; реакція циліндричного шарніра $A$.

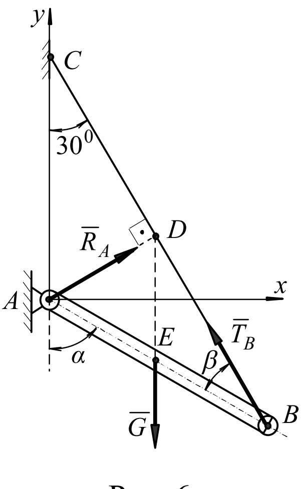



Рис. 6

Напрям натягу троса $\overline{T}_B$ відомий - реакція напрямлена вздовж троса до точки $C$. Напрям реакції шарніра $\overline{R}_A$ попередньо вказати не можна. Для визначення напряму реакції $\overline{R}_A$ скористаємося теоремою про три сили, оскільки стержень знаходиться в рівновазі під дією трьох сил $\overline{T}_B$, $\overline{G}$ і $\overline{R}_A$.

Знайдемо точку перетину ліній дії сили тяжіння $\overline{G}$ і натягу троса $\overline{T}_B$ - точку $D$. Згідно з теоремою про три сили, лінія дії реакції $\overline{R}_A$ теж повинна пройти через цю точку.

На рис.6. $\Delta BAC$ рівнобедрений (кути при вершинах $C$ і $B$ дорівнюють $30^0$) . Оскільки лінія дії ($DE$) сили тяжіння $\overline{G}$ проходить через середину стержня $AB$ і являє собою середню лінію $\Delta BAC$, то точка $D$ ділить сторону $BC$ навпіл.

Відповідно, відрізок $AD$ є одночасно висотою, медіаною і бісектрисою.

Таким чином: $\angle CAD = 60^0$; $\angle CDA = \angle ADB = 90^0$.

Після визначення напряму реакції $\overline{R}_A$, можна переходити до обчислення величин реакцій.

Запишемо геометричну умову рівноваги системи сил, що діють на стержень $AB$:

$$\sum \overline{F}_k = \overline{T}_B + \overline{G} + \overline{R}_A = 0.$$

Побудуємо замкнутий силовий трикутник. Для цього з довільної точки $k$ (рис.7), в деякому масштабі, проводимо вектор сили тяжіння $\overline{G}$. Через точку $k$ проводимо пряму паралельну до лінії дії реакції $\overline{R}_A$ , а через точку $\ell$ кінця вектора проводимо пряму паралельну до лінії дії $\overline{T}_B$ .

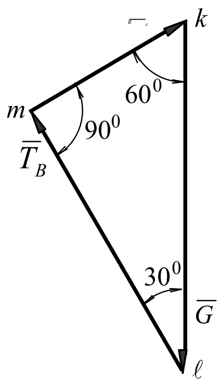


Рис. 7

Проведені прямі перетинаються в точці $m$ утворивши силовий трикутник $k\ell m$. Оскільки $\Delta ADE$ (рис. 6) і $\Delta mk\ell$ (рис. 7) подібні, то: $\angle m$=$90^0$; $\angle k$=$60^0$; $\angle \ell$=$30^0$.

З силового трикутника знаходимо:

$$R_A = mk = G\sin 30^0 = 2\cdot 0{,}5 = 1 \text{ Н};$$

$$T_B = m\ell =$$

$$= G\cos 30^0 = 2\cdot 0{,}866 = 1{,}73\,\text{Н}.$$

Розв'яжемо задачу аналітичним способом. Виберемо прямокутну систему координат $Axy$ і складемо рівняння рівноваги:

$$\sum F_{kx} = \sin 60^0 - \sin 30^0 = R_A\cos 30^0 - T_B\cos 60^0 = 0;$$

$$\sum F_{ky} = R_A\cos 60^0 - G + T_B\cos 30^0 = 0.$$

З першого рівняння виразимо $T_B$ і підставимо в друге рівняння:

$$T_B = R_A\frac{\cos 30^0}{\cos 60^0};$$

$$R_A\cos 60^0 - G + R_A\frac{\cos 30^0}{\cos 60^0}\cos 30^0 = 0$$

Звідси дістанемо:

$$R_A = \frac{G\cos 60^0}{\cos^2 60^0 + \cos^2 30^0} = \frac{G\cos 60^0}{\sin^2 30^0 + \cos^2 30^0} = \frac{2\cdot 0{,}5}{1} = 1\,\text{Н};$$

$$T_B = 1\frac{0{,}866}{0{,}5} = 1{,}73 \text{ Н}.$$

***Відповідь*:** $R_A = 1\,\text{Н}$; $T_B = 1{,}73\,\text{Н}$.

## Задача № 4

Балка *AB* (рис.8) закріплена шарнірно-нерухомою опорою в точці *A* і шарнірно-рухомою в точці *B*.

До середини балки, під кутом $45^0$, прикладена сила $P = 2$ кН.

***Визначити*** реакції опор *A* і *B* для двох випадків нахилу рухомої опори. Вагою балки знехтувати.

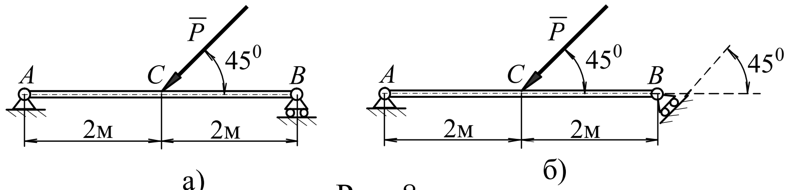



Рис. 8.

***Розв'язування***. Розглянемо рівновагу балки *AB* , що зображена на рис.8, а. На балку діє активна сила *P* і реакції опор *A* і *B* (рис. 9). Опора *B* шарнірно-рухома, її реакція напрямлена перпендикулярно до опорної поверхні. Оскільки, в даному випадку опорна поверхня паралельна до осі балки, то реакція $\overline{R}_B$ перпендикулярна до *AB* . Опора *A* шарнірно-нерухома і напрям її реакції попередньо вказати не можна.

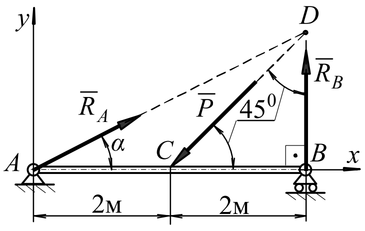



Рис. 9.

Для визначення напряму реакції $\overline{R}_A$ (кута $\alpha$) скористаємося теоремою про три сили. Лінії дії сили $\overline{P}$ і реакції $\overline{R}_B$ перетинаються в точці *D*.

Таким чином, лінія дії $\overline{R}_A$ те ж повинна пройти через точку *D*.

З рис. 9 видно, що $\Delta CBD$ рівнобедрений і прямокутний, тобто *DB=CB=2м.* Звідки:

$$tg\alpha = \frac{DB}{AB} = \frac{2}{4} = 0{,}5; \qquad \alpha = arctg(0{,}5) = 26{,}6^0.$$

Тепер перейдемо до визначення величин реакцій опор.

Складемо рівняння рівноваги сил в проекціях на осі обраної системи координат $Axy$:

$$\sum F_{kx} = R_A \cos\alpha - P\cos 45^0 = 0;$$
$$\sum F_{ky} = R_A \sin\alpha - P\sin 45^0 + R_{B.} = 0.$$

З урахуванням числових значень:

$$\sum F_{kx} = 0{,}894 R_A - 2 \cdot 0{,}707 = 0;$$
$$\sum F_{ky} = 0{,}448 R_A - 2 \cdot 0{,}707 + R_B = 0.$$

В результаті дістанемо:

$$R_A = \frac{2 \cdot 0{,}707}{0{,}894} = 1{,}58\,\text{кН};$$

$$R_B = 2 \cdot 0{,}707 - R_A \cdot 0{,}448 = 1{,}41 - 1{,}58 \cdot 0{,}448 = 0{,}71\ \text{кН}.$$

***Відповідь***: $R_A = 1{,}58$ кН; $R_B = 0{,}71$ кН.

Перейдемо до визначення реакцій опор балки *AB,* що зображена на рис.8,б.

В цьому випадку, реакція $\overline{R}_B$ складає з віссю балки $AB$ кут $45^0$. Лінія дії реакції $\overline{R}_A$ (рис.10) проходить через точку $D$ , в якій перетинаються лінії дії сили $\overline{P}$ і реакції $\overline{R}_B$ .

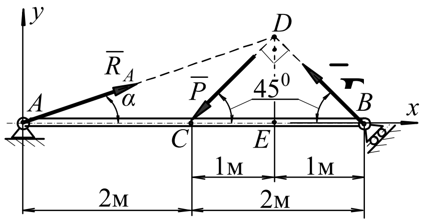



Рис. 10

Визначимо кут α між реакцією $\overline{R}_A$ і віссю балки $AB$:

$$tg\alpha = \frac{DE}{AE} = \frac{1}{3};$$

$$\alpha = arctg\frac{1}{3} = 18{,}4^0.$$

Складемо рівняння рівноваги для системи сил, що діє на балку :

$$\sum F_{kx} = R_A \cos\alpha - P\cos 45^0 - R_B \cos 45^0 = 0;$$

$$\sum F_{ky} = R_A \sin\alpha - P\sin 45^0 + R_{B.} \sin 45^0 = 0.$$

З урахуванням числових даних:

$$\sum F_{kx} = 0{,}95R_A - 2\cdot 0{,}707 - 0{,}707R_B = 0;$$

$$\sum F_{ky} = 0{,}32R_A - 2\cdot 0{,}707 + 0{,}707R_{B.} = 0.$$

Додавши рівняння дістанемо:

$$1{,}26R_{A;} - 2{,}83 = 0; \quad R_A = \frac{2{,}83}{1{,}26} = 2{,}24 \text{ кН}.$$

Підставивши значення $R_A$ в перше рівняння знайдемо $R_B$:

$$R_B = \frac{0{,}95R_A - 1{,}41}{0{,}707} = \frac{0{,}95\cdot 2{,}24 - 1{,}41}{0{,}707} = 1{,}0 \text{ кН}.$$

***Відповідь:*** $R_A = 2{,}24$ кН; $R_B = 1$ кН.

Для самостійного розв'язування за даною темою рекомендуються наступні задачі, взяті з задачника Мещерського: 2,21; 2,23; 2,27; 2,31 [2].

## Задача № 1

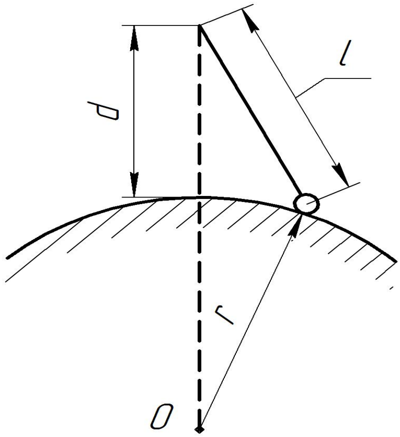



Рис. 11

Кулька *B* ( рис. 11) вагою *P* підвішена в нерухомій точці *A* за допомогою нерозтяжної нитки *AB* і розташовується на поверхні гладенької сфери з радіусом *r*; відстань від точки *A* до поверхні сфери *AC=d*, довжина нитки *AB=l*, пряма *AO* вертикальна. Визначити натяг *T* та реакцію *Q* сфери. Розмірами кульки знехтувати.

## Задача № 2

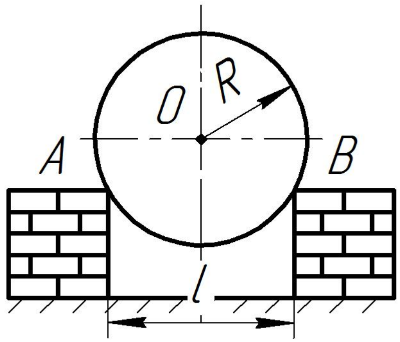



Рис. 12

Котел (рис.12) з рівномірно розподіленою по довжині вагою *P=40* кН та радіусом *R=1* м розташований на виступах кам'яної кладки. Відстань між стінками кладки *l=1,6* м. Визначити силу тиску котла на кладку в точках *A* і *B*. Тертям знехтувати.

## Задача № 3

Верхній кінець *A* однорідного брусу *AB* (рис. 13), довжина якого 2 м, а вага 50 Н, обпирається об гладеньку

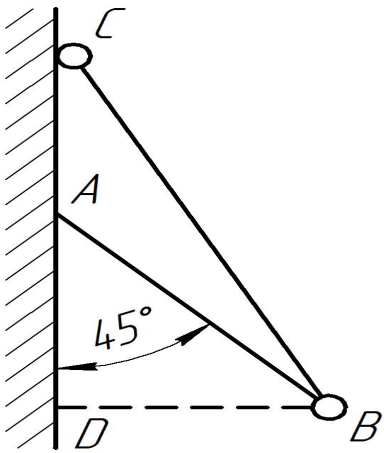
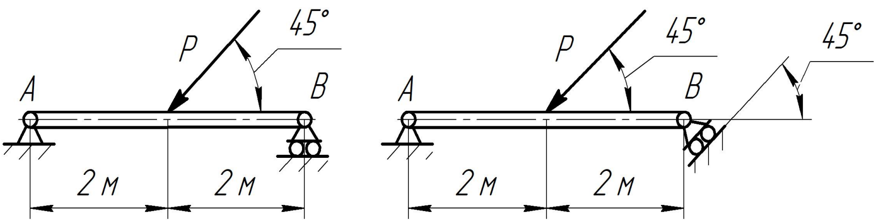



Рис. 13

вертикальну стіну. До нижнього кінця *B* прив'язано трос *BC*. Знайти на якій відстані *AC* необхідно прикріпити трос до стіни, щоб брус знаходився в рівновазі, утворюючи кут *BAD=45*°. Визначити натяг троса і реакцію *R* стіни.

**Задача № 4**

На малюнках (рис. 14, а,б) зображено балки *AB*, які утримуються в горизонтальному стані вертикальними стиржнями *CD*. На кінцях балок діють сили *F=30* кН, спрямовані під кутом 60° до горизонту. Використовуючи розміри з малюнків, визначити зусилля *S* в стиржнях *CD* і силу тиску балок на стіни, якщо кріплення *A*, *C* і *D* є шарнірами. Вагою стиржней і балок знехтувати.




а) б)

Рис. 14

## Список літератури

1. Дроннік Ю.М., Кучеренко С.І., Тіщенко Л.М. Курс теоретичної механіки, Харків: Око, 2002.
2. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике, М.: Наука, 1973.
3. Кучеренко С.І., Бурлака В.В., Тіщенко Л.М. Теоретична механіка. Курс лекцій. Харків, 2013. 544с.
4. Бурлака В.В., Сліпченко М.В., Тіщенко Л.М. Теоретична механіка: Збірник задач для курсових робіт. Навчальний посібник. Харків: Міськдрук, 2016. 309 с.
5. Кучеренко С.І., Бурлака В.В., Тіщенко Л.М. Теоретична механіка. Навчальний посібник / за ред. С.І. Кучеренка. Харків, 2012. 568с.

Навчальне видання

# ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА

# СТАТИКА. СИСТЕМА ЗБІЖНИХ СИЛ НА ПЛОЩИНІ

## Методичні вказівки

до виконання практичних робіт


Укладачі

**БУРЛАКА** Володимир Васильович,
**ОЛЬШАНСЬКИЙ** Василь Павлович,
**СЛІПЧЕНКО** Максим Володимирович



Формат 60х84\16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.
Ум. друк. арк. 1,3
Наклад 30 пр.
Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44