

ВИЗНАЧЕННЯ РЕАКЦІЙ ОПОР СИСТЕМИ ТІЛ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з дисципліни „Теоретична механіка”
до виконання розрахунково-графічної роботи
для студентів напрямів підготовки
6.050502 – „Інженерна механіка”, 6.050503 – „Машинобудування”,
6.070106 – „Автомобільний транспорт”, 6.050504 – „Зварювання”

Обговорено і рекомендовано
на засіданні кафедри
теоретичної і прикладної механіки
Протокол №7
від 29 квітня 2014 р.

Визначення реакцій опор системи тіл. Методичні вказівки з дисципліни „Теоретична механіка” до виконання розрахунково-графічної роботи для студентів напрямів підготовки 6.050502 – „Інженерна механіка”, 6.050503 – „Машинобудування”, 6.070106 – „Автомобільний транспорт”, 6.050504 – „Зварювання” / Укл. О.О.Горбатко. – Чернігів: ЧДТУ, 2014. – 26 с.

Укладач: Горбатко Оксана Олександрівна, кандидат технічних наук

Відповідальний за випуск: Дубенець Віталій Георгійович, завідувач кафедри теоретичної і прикладної механіки, доктор технічних наук, професор

Рецензент: Дубенець Віталій Георгійович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної і прикладної механіки Чернігівського національного технологічного університету

ЗМІСТ

Вступ	3
1 Короткі теоретичні відомості з курсу теоретичної механіки	4
2 Приклади розв'язку задач	5
3 План виконання розрахунково-графічної роботи	13
Рекомендована література	14
Додаток А	15
Додаток Б	17
Додаток В	18
Додаток Г	26

Вступ

Методичні вказівки розроблено з метою спрощення розв'язку виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни „Теоретична механіка” розділу „Статика” для студентів механічних спеціальностей напрямів 6.050502 – „Інженерна механіка”, 6.050503 – „Машинобудування”, 6.070106 – „Автомобільний транспорт”, 6.050504 – „Зварювання”. В методичних вказівках наведено короткі теоретичні відомості з розділу «Статика», зокрема теоретичний матеріал, що необхідний для визначення реакцій опор твердих тіл, алгоритм розв'язку. Наведено коментарі, уточнення і пояснення, що мають полегшати розв'язок задач статички, зокрема пов'язаних з визначенням опорних реакцій. Викладено декілька прикладів визначення опорних реакцій для конструкції, що складається з двох частин, з'єднаних за допомогою шарніра. В методичних вказівках наведено завдання для виконання розрахунково-графічної роботи з розділу «Статика» «Визначення реакцій опор системи тіл» у 32 варіантах.

1 КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ З КУРСУ ТЕОРЕТИЧНОЇ МЕХАНІКИ

В теоретичній механіці в розділі «Статика» окрім рівноваги одного твердого тіла розглядають також систему, що може складатися з декількох тіл. Як правило такі тіла з'єднані між собою шарнірами, гнучкими ланками або стержнями.

Якщо розглянути рівновагу такої конструкції, що складається з декількох тіл, то зазвичай кількість опорних реакцій, на які замінюються опори, перевищують кількість рівнянь рівноваги, які можна скласти для дано системи сил. Відповідно задача зі статично визначеної перетворюється на статично невизначену. Для того, щоб визначити всі невідомі необхідно записати стільки рівнянь рівноваги скільки невідомих реакцій. Такі додаткові рівняння можна записати застосувавши метод перерізів.

Метод перерізів застосовується для визначення внутрішніх реакцій (зусиль) в будь-якій частині конструкції.

Розглянемо алгоритм методу перерізів:

1. Перерізаємо конструкцію перерізом в тому місці, де необхідно визначити внутрішні зусилля.
2. Розділяємо конструкцію на частини і показуємо внутрішні зусилля, що при цьому виникають в місці перерізу.
3. Розглядаємо кожну частину конструкції як окрему систему сил, визначаємо вид системи сил.
4. Складаємо рівняння рівноваги і визначаємо невідомі.

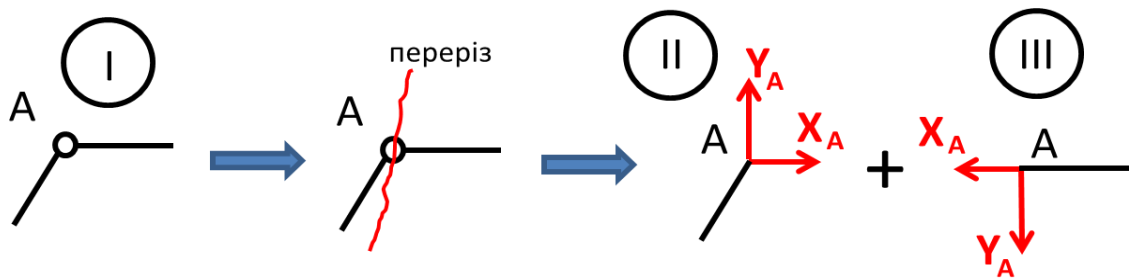
Застосовуючи метод перерізів можна розглянути декілька варіантів конструкції:

А) Рівновага всієї конструкції (без розділення на частини).

Б) Рівновага кожної частини конструкції після розділення на частини.

Як правило, якщо розглянути обидва варіанти рівноваги, загальна кількість рівнянь рівноваги, які можна записати для обох варіантів, перевищує кількість невідомих. Отже, додаткові рівняння можна використати для перевірки значень раніше знайдених невідомих реакцій в опорах.

При шарнірному з'єднанні частин конструкції для визначення реакцій в опорах застосовують розділення конструкції на частини по шарніру. При цьому в точці, де раніше знаходився шарнір, виникають невідомі зусилля у вигляді двох сил. Згідно з IV аксіомою статички (*аксіоми про рівність сил дії і протидії*) сили взаємодії двох тіл однакові за величиною і протилежні за напрямом. Отже розділяючи конструкцію на частини по шарніру необхідно показати невідомі зусилля у вигляді двох сил в протилежних напрямках. Тоді при з'єднанні частин конструкції в одну ці зусилля будуть утворювати зрівноважену систему сил, тобто еквівалентну нулю (рисунок 1.1).



I – конструкція до розділення, II – ліва частина конструкції після розділення в точці A, III – права частина конструкції після розділення в точці A

Рисунок 1.1 – Розділення конструкції перерізом по шарніру

Використовуючи методу розв'язку задач статички і метод перерізів, одержуємо наступний *алгоритм розв'язку*:

1) Розглядаємо рівновагу конструкції, що складається з декількох частин (системи тіл).

2) Відповідно до шостої аксіоми статички заміняємо опори на відповідні опорні реакції (додаток 1), робимо спрощення навантаження і одержуємо розрахункову схему цілої конструкції.

3) Розділяємо цілу конструкцію, що складається з декількох тіл, на окремі частини по з'єднанню (наприклад, у вигляді шарніру). При цьому в точці розділення, на місці з'єднання показуємо невідомі зусилля.

4) Розглядаємо рівновагу цілої конструкції і окремих частин після розділення. Записуємо рівняння рівноваги відповідно до виду систем сил (для всієї конструкції і двох частин, що утворилися після розділення по шарніру).

5) Визначаємо невідомі зусилля у місці з'єднання, а також реакції опор. З додаткових рівнянь, що не використовувалися раніше, робимо перевірку знайдених значень.

2 ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧ

Розглянемо приклади розв'язку задач на визначення реакцій опор для конструкцій, що складаються з декількох тіл (частин).

Приклад 1.

Необхідно визначити реакції в опорах B і C , а також зусилля у з'єднанні у вигляді шарніра (т. A), для заданої конструкції з заданим навантаженням (рисунок 2.1): $a = 2$ м; $b = 1.5$ м; $c = 3$ м; $d = 2.5$ м; $l = 5$ м; $q = 20 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$; $P = 50$ кН; $M = 40$ кН · м.

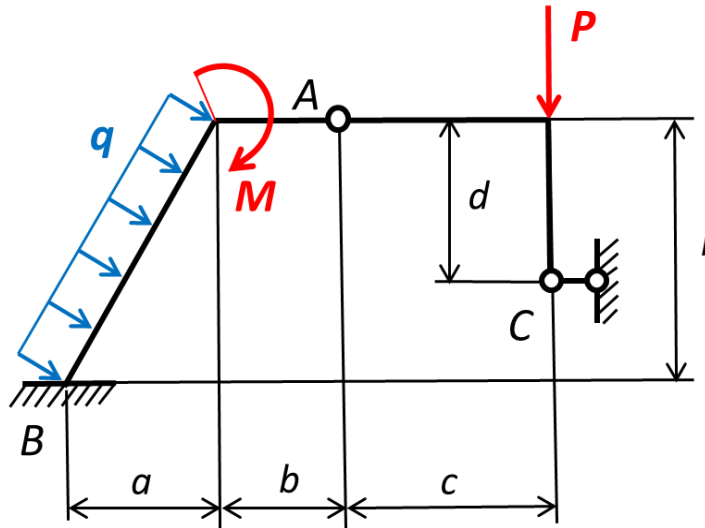


Рисунок 2.1 – Конструкція з навантаженням

Розв'язок

1. Розглянемо рівновагу конструкції, що складається з двох частин, які з'єднано між собою шарніром в точці A.

2. Замінемо жорстке закріплення в точці B і шарнірно-рухому опору в точці C на відповідні опорні реакції (додаток 1). Спростимо навантаження, замінивши розподілене навантаження \$q\$, що діє на похилій ділянці, на одну зосереджену силу \$Q\$, розташовану посередині цієї ділянки

Довжина ділянки (гіпотенуза прямокутного трикутника з катетами \$a\$ і \$l\$)

$$k = \sqrt{a^2 + l^2} = \sqrt{2^2 + 5^2} = 5.39 \text{ м.}$$

$$Q = q \cdot k = 20 \frac{\text{кН}}{\text{м}} \cdot 5.39 \text{ м} = 107.7 \text{ кН.}$$

Знайдемо проекції сили \$Q\$ на осі декартової системи координат (рисунок 2.2).

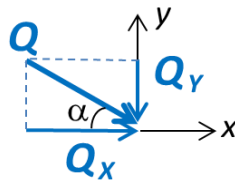


Рисунок 2.2 – Проекції нахиленої під кутом \$\alpha\$ сили \$Q\$ на осі \$x\$ і \$y\$

Визначимо значення косинуса і синуса кута \$\alpha\$ з прямокутного трикутника, а також проекції сили \$Q\$ на осі \$x\$ і \$y\$:

$$\cos \alpha = \frac{l}{k} = \frac{5 \text{ м}}{5.39 \text{ м}} = 0.928; \sin \alpha = \frac{a}{k} = \frac{2 \text{ м}}{5.39 \text{ м}} = 0.371.$$

$$Q_x = Q \cdot \cos \alpha = 107.7 \text{ кН} \cdot 0.928 = 99.95 \text{ кН.}$$

$$Q_y = Q \cdot \sin \alpha = 107.7 \text{ кН} \cdot 0.371 = 39.96 \text{ кН.}$$

Після спрощення одержуємо розрахункову схему всієї конструкції в осях x і y . Позначимо її як схему I (рисунок 2.3).

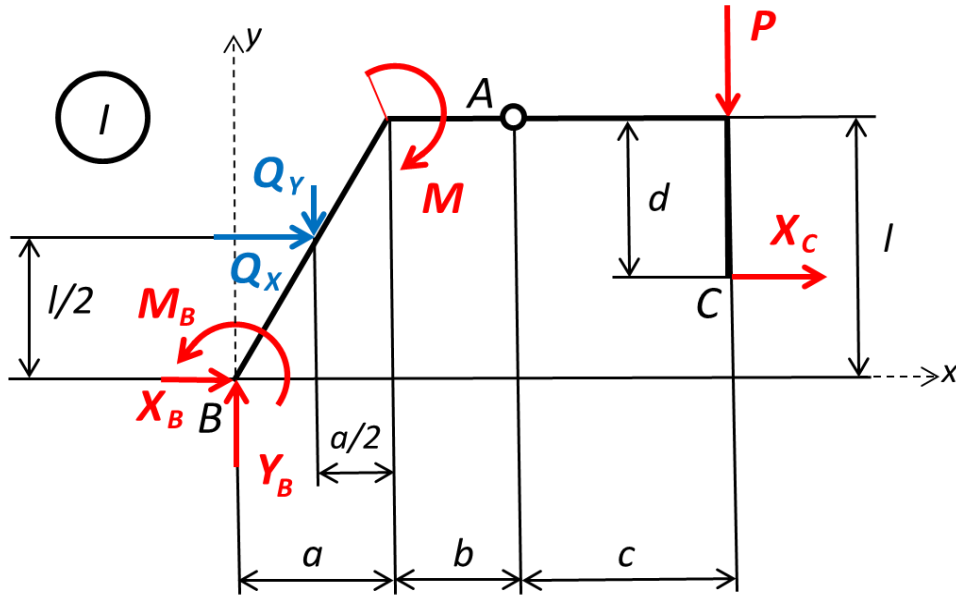


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема всієї конструкції (I)

3. Застосуємо метод перерізів і розділимо конструкцію з рисунку 2.3 по шарніру A , при чому в точці A покажемо невідомі реакції (рисунок 2.4).

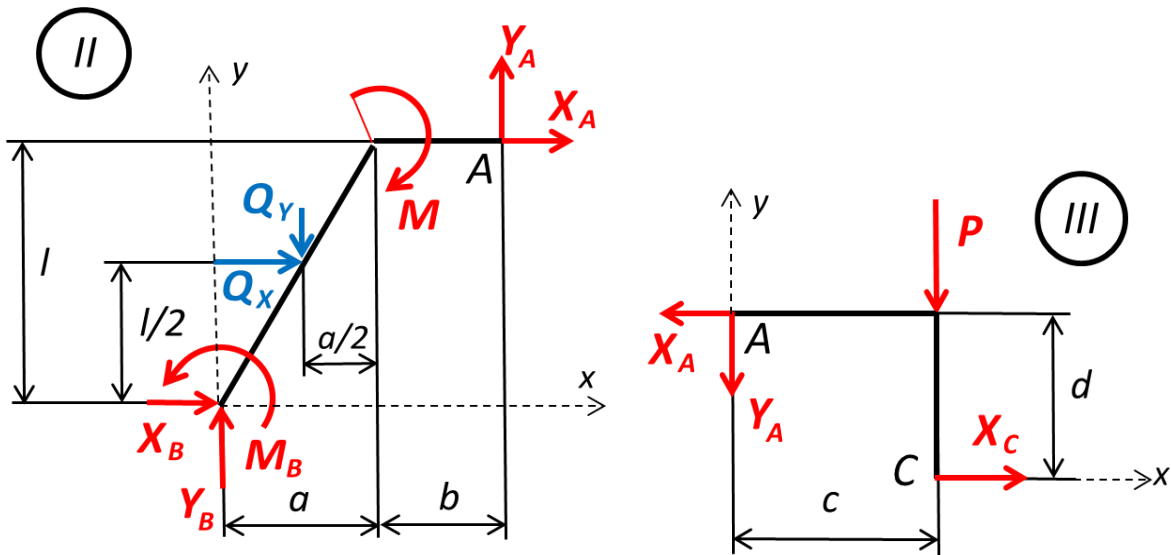


Рисунок 2.4. Частина конструкції лівіше точки A (II) і правіше точки A (III)

4. Розглянемо рівновагу цілої конструкції з рисунка 2.3.

Застосуємо головну форму рівнянь рівноваги:

$$F_x = 0 \text{ (сума проекцій усіх сил на вісь } x) \\ X_B + X_C + Q_X = 0; \quad (2.1)$$

$$F_y = 0 \text{ (сума проекцій усіх сил на вісь } y) \\ Y_B - Q_Y - P = 0; \quad (2.2)$$

$$M_B = 0 \text{ (сума моментів від усіх сил відносно точки } B)$$

$$M_B - M - Q_X \cdot \frac{l}{2} - Q_Y \cdot \frac{a}{2} - P \cdot a + c + b - X_C \cdot (l - d) = 0. \quad (2.3)$$

Розглянемо рівновагу частин конструкції з рисунка 2.4.

Застосуємо головну форму рівнянь рівноваги для частині (II) лівіше точки A:

$$F_x = 0 \text{ (сума проекцій усіх сил на вісь } x) \\ X_B + X_A + Q_X = 0; \quad (2.4)$$

$$F_y = 0 \text{ (сума проекцій усіх сил на вісь } y) \\ Y_B + Y_A - Q_Y = 0; \quad (2.5)$$

$$M_A = 0 \text{ (сума моментів від усіх сил відносно точки } A)$$

$$M_B + X_B \cdot l - Y_B \cdot a + b + Q_X \cdot \frac{l}{2} + Q_Y \cdot \left(\frac{a}{2} + b\right) - M = 0. \quad (2.6)$$

Застосуємо головну форму рівнянь рівноваги для частині (III) правіше точки A:

$$F_x = 0 \text{ (сума проекцій усіх сил на вісь } x) \\ X_C - X_A = 0; \quad (2.7)$$

$$F_y = 0 \text{ (сума проекцій усіх сил на вісь } y) \\ -Y_A - P = 0; \quad (2.8)$$

$$M_A = 0 \text{ (сума моментів від усіх сил відносно точки } A)$$

$$X_C \cdot d - P \cdot c = 0. \quad (2.9)$$

Маємо 6 невідомих: X_A , Y_A , X_B , Y_B , M_B , X_C , які можна визначити з будь-яких 6 наведених вище рівнянь.

Наприклад, з рівняння (2.8) визначимо Y_A :

$$Y_A = -P = -50 \text{ кН.}$$

З рівняння (2.9) визначаємо X_C :

$$X_C = \frac{P \cdot c}{d} = \frac{50 \text{ кН} \cdot 3 \text{ м}}{2.5 \text{ м}} = 60 \text{ кН.}$$

З рівняння (2.7) визначаємо X_C :

$$X_C = X_A = 60 \text{ кН.}$$

З рівняння (2.4) визначаємо X_B :

$$X_B = -X_A - Q_X = -60 \text{ кН} - 99.95 \text{ кН} = -159.95 \text{ кН.}$$

З рівняння (2.5) визначаємо Y_B :

$$Y_B = -Y_A + Q_Y = -(-50 \text{ кН}) + 39.96 \text{ кН} = 89.96 \text{ кН.}$$

З рівняння (2.6) визначаємо M_B :

$$\begin{aligned}
M_B &= -X_B \cdot l + Y_B \cdot a + b - Q_X \cdot \frac{l}{2} - Q_Y \cdot \frac{a}{2} + b + M = \\
&= -159.95 \text{ кН} \cdot 5\text{м} + 89.96 \text{ кН} \cdot 2\text{м} + 1.5\text{м} - 99.95 \text{ кН} \cdot \frac{5\text{м}}{2} - \\
&\quad - 39.96 \text{ кН} \cdot \frac{2\text{м}}{2} + 1.5\text{м} + 40 \text{ кН} \cdot \text{м} = \\
&= 799.75 \text{ кН} \cdot \text{м} + 314.86 \text{ кН} \cdot \text{м} - 249.88 \text{ кН} \cdot \text{м} - 99.9 \text{ кН} \cdot \text{м} + 40 \text{ кН} \cdot \text{м} = \\
&= 804.83 \text{ кН} \cdot \text{м}.
\end{aligned}$$

Коли всі невідомі знайдено, ті рівняння, що залишилися, можна використати для перевірки:

$$\begin{aligned}
X_B + X_C + Q_X &= -159.95 \text{ кН} + 60 \text{ кН} + 99.95 \text{ кН} = 0. \\
Y_B - Q_Y - P &= 89.96 \text{ кН} - 39.96 \text{ кН} - 50 \text{ кН} = 0.02 \text{ кН} \approx 0. \\
M_B - M - Q_X \cdot \frac{l}{2} - Q_Y \cdot \frac{a}{2} - P \cdot a + c + b - X_C \cdot (l - d) &= 0. \\
404.98 \text{ кН} \cdot \text{м} - 40 \text{ кН} \cdot \text{м} - 99.95 \text{ кН} \cdot \frac{5\text{м}}{2} - 39.96 \text{ кН} \cdot \frac{2\text{м}}{2} - \\
- 50 \text{ кН} \cdot 2\text{м} + 1.5\text{м} + 3\text{м} - 60 \text{ кН} \cdot 5\text{м} - 2.5\text{м} &=
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
804.83 \text{ кН} \cdot \text{м} - 40 \text{ кН} \cdot \text{м} - 249.89 \text{ кН} \cdot \text{м} - 39.96 \text{ кН} \cdot \text{м} - 325 \text{ кН} \cdot \text{м} - \\
- 150 \text{ кН} \cdot \text{м} = -0.02 \approx 0.
\end{aligned}$$

Отже, реакції в опорах B і C і в точці A знайдено вірно.

Приклад 2.

Необхідно визначити реакції в опорах B і C , а також зусилля у з'єднанні у вигляді шарніра (т. A), для заданої конструкції з заданим навантаженням (рисунок 2.5): $a = 3$ м; $b = 2$ м; $c = 4$ м; $d = 3$ м; $l = 5$ м; $q = 40 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$; $P = 60$ кН; $M = 30$ кН · м.

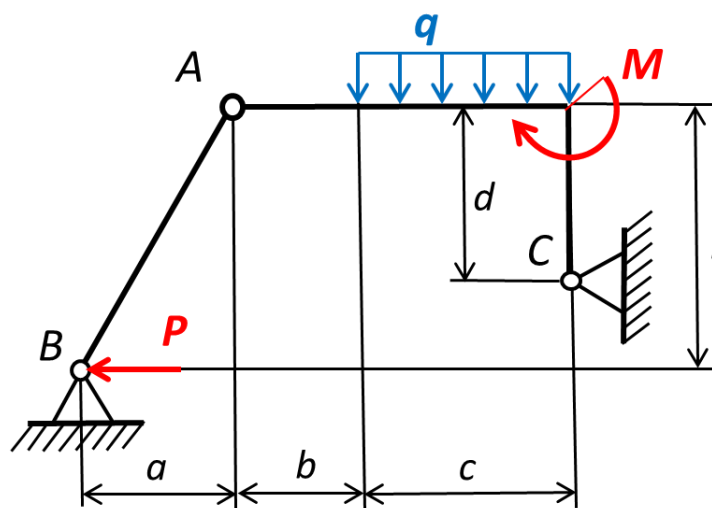


Рисунок 2.5 – Конструкція з навантаженням

Розв'язок

1. Розглянемо рівновагу конструкції, що складається з двох частин, які з'єднано між собою шарніром в точці A .

2. Замінімо шарнірно-нерухомі опори в точках B і D на відповідні опорні реакції (додаток 1). Спростимо навантаження, замінивши розподілене навантаження q , що діє на ділянці довжиною c , на одну зосереджену силу Q , розташовану посередині цієї ділянки

$$Q = q \cdot c = 40 \frac{\text{кН}}{\text{м}} \cdot 4 \text{ м} = 160 \text{ кН.}$$

Після спрощення одержуємо розрахункову схему всієї конструкції в осях x і y . Позначимо її як схему I (рисунок 2.6).

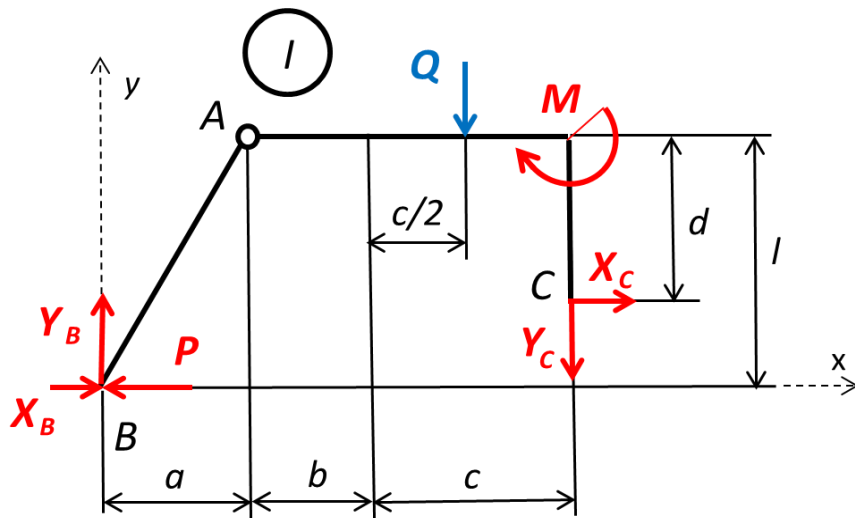


Рисунок 2.6 – Розрахункова схема всієї конструкції (I)

3. Застосуємо метод перерізів і розділимо конструкцію з рисунку 2.7 по шарніру A , при чому в точці A покажемо невідомі реакції, які виникають (рисунок 2.7).

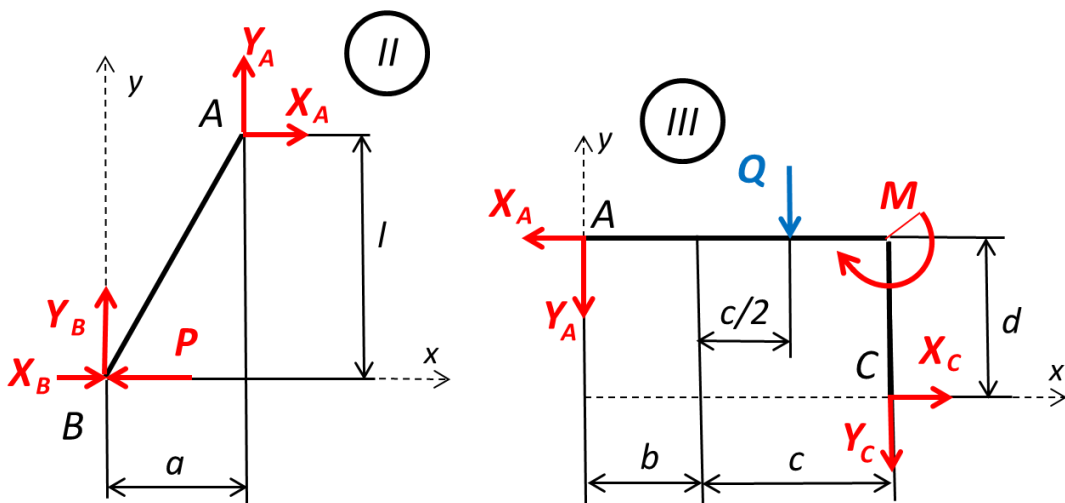


Рисунок 2.7 – Частина конструкції лівіше точки A (II) і правіше точки A (III)

4. Розглянемо рівновагу цілої конструкції з рисунка 2.6.

Застосуємо головну форму рівнянь рівноваги:

$$F_x = 0 \text{ (сума проекцій усіх сил на вісь } x) \\ X_B - P + X_C = 0; \quad (2.10)$$

$$F_y = 0 \text{ (сума проекцій усіх сил на вісь } y) \\ Y_B - Y_C - Q = 0; \quad (2.11)$$

$$M_C = 0 \text{ (сума моментів від усіх сил відносно точки } C) \\ Q \cdot \frac{c}{2} - M + X_B \cdot l - d - Y_B \cdot a + b + c - P \cdot (l - d) = 0. \quad (2.12)$$

Розглянемо рівновагу частин конструкції з рисунка 2.7.

Застосуємо головну форму рівнянь рівноваги для частині (II) лівіше точки A:

$$F_x = 0 \text{ (сума проекцій усіх сил на вісь } x) \\ X_B - P + X_A = 0; \quad (2.13)$$

$$F_y = 0 \text{ (сума проекцій усіх сил на вісь } y) \\ Y_B + Y_A = 0; \quad (2.14)$$

$$M_A = 0 \text{ (сума моментів від усіх сил відносно точки } A) \\ -P \cdot l + X_B \cdot l - Y_B \cdot a = 0. \quad (2.15)$$

Застосуємо головну форму рівнянь рівноваги для частині (III) правіше точки A:

$$F_x = 0 \text{ (сума проекцій усіх сил на вісь } x) \\ -X_A + X_C = 0; \quad (2.16)$$

$$F_y = 0 \text{ (сума проекцій усіх сил на вісь } y) \\ -Y_A - Q - Y_C = 0; \quad (2.17)$$

$$M_C = 0 \text{ (сума моментів від усіх сил відносно точки } C) \\ Q \cdot \frac{c}{2} - M + X_A \cdot d + Y_A \cdot (b + c) = 0. \quad (2.18)$$

Маємо 6 невідомих: $X_A, Y_A, X_B, Y_B, X_C, Y_C$, які можна визначити з будь-яких 6 наведених вище рівнянь.

Наприклад, з рівняння (2.15) визначаємо Y_B :

$$Y_B = \frac{-P \cdot l + X_B \cdot l}{a} = \frac{(X_B - P) \cdot l}{a}$$

Підставляємо Y_B в (2.12) і визначаємо X_B :

$$Q \cdot \frac{c}{2} - M + X_B \cdot l - d - \frac{(X_B - P) \cdot l}{a} \cdot a + b + c - P \cdot (l - d) = 0;$$

$$Q \cdot \frac{c}{2} - M + X_B \cdot l - d - \frac{X_B \cdot a + b + c \cdot l - P \cdot l \cdot a + b + c}{a} - P \cdot (l - d) = 0;$$

$$Q \cdot \frac{c}{2} \cdot a - M \cdot a + X_B \cdot l - d \cdot a - X_B \cdot a + b + c \cdot l + P \cdot l \cdot a + b + c - P \cdot (l - d) \cdot a = 0;$$

$$Q \cdot \frac{c}{2} \cdot a - M \cdot a + X_B \cdot l - d \cdot a - a + b + c \cdot l + P \cdot l \cdot a + b + c - P \cdot (l - d) \cdot a = 0;$$

$$X_B \cdot l - d \cdot a - a + b + c \cdot l = -Q \cdot \frac{c}{2} \cdot a + M \cdot a - P \cdot l \cdot a + b + c + P \cdot (l - d) \cdot a;$$

$$X_B = \frac{-Q \cdot \frac{c}{2} \cdot a + M \cdot a - P \cdot l \cdot a + b + c + P \cdot (l - d) \cdot a}{l - d \cdot a - a + b + c \cdot l};$$

$$X_B = \frac{-160 \text{ кН} \cdot \frac{4\text{м}}{2} \cdot 3\text{м} + 30 \text{ кН} \cdot \text{м} \cdot 3\text{м} - 60 \text{ кН} \cdot 5\text{м} \cdot 9\text{м} + 60 \text{ кН} \cdot 2\text{м} \cdot 3\text{м}}{5\text{м} - 3\text{м} \cdot 3\text{м} - 3\text{м} + 2\text{м} + 4\text{м} \cdot 5\text{м}} =$$

$$= \frac{960 \text{ кН} \cdot \text{м}^2 - 90 \text{ кН} \cdot \text{м}^2 + 2700 \text{ кН} \cdot \text{м}^2 - 360 \text{ кН} \cdot \text{м}^2}{-39 \text{ м}^2} = 82.31 \text{ кН}.$$

Тоді з (2.15)

$$Y_B = \frac{(X_B - P) \cdot l}{a} = \frac{(82.31 \text{ кН} - 60 \text{ кН}) \cdot 5\text{м}}{3\text{м}} = 37.18 \text{ кН}.$$

З (2.14) визначаємо Y_A

$$Y_A = -Y_B = -37.18 \text{ кН}.$$

З (2.13) визначаємо X_A

$$X_A = -X_B + P = -82.31 \text{ кН} + 60 \text{ кН} = -22.31 \text{ кН}.$$

З (2.16) визначаємо X_C

$$X_C = X_A = -22.31 \text{ кН}.$$

З (2.17) визначаємо Y_C

$$Y_C = -Y_A - Q = -(-37.18 \text{ кН}) - 160 \text{ кН} = -122.82 \text{ кН}.$$

Коли всі невідомі знайдено, ті рівняння, що залишилися, можна використати для перевірки:

$$Q \cdot \frac{c}{2} - M + X_A \cdot d + Y_A \cdot (b + c) = 0.$$

$$160 \text{ кН} \cdot \frac{4\text{м}}{2} - 30 \text{ кН} \cdot \text{м} + (-22.31 \text{ кН}) \cdot 3\text{м} + (-37.18 \text{ кН}) \cdot 6\text{м} = 0.$$

$$320 \text{ кН} \cdot \text{м} - 30 \text{ кН} \cdot \text{м} - 66.93 \text{ кН} \cdot \text{м} - 223.08 \text{ кН} \cdot \text{м} = -0.01 \approx 0.$$

Отже, реакції в опорах B і C і в точці A знайдено вірно.

3 ПЛАН ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Для заданої конструкції з заданим навантаженням необхідно визначити реакції в опорах, а також реакції у з'єднанні (т. А). Початкові дані наведено в таблиці 1. Початкові дані для розрахунково-графічної роботи наведено в додатку 2. Кожен варіант містить схему конструкції з навантаженням, що складається з двох частин. Номер варіанту складається з двох двозначних чисел: перше число – це номер строчки в таблиці Б.1, додаток Б з початковими значеннями навантаження, друге число – це номер схеми з додатку В. Наприклад, якщо варіант 30-03, то відповідно для розв'язку необхідно використовувати строчку №30 з початковими даними в таблиці Б.1 і рисунок 03 з додатку В.

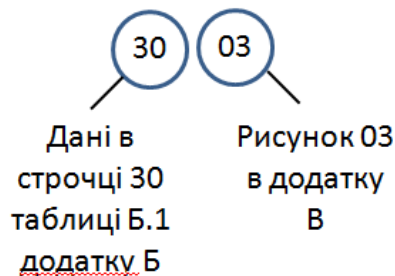


Рисунок 3.1. Визначення даних з номеру варіанта

Структура розрахунково-графічної роботи:

1. Титульний аркуш (приклад оформлення наведено в додатку Г).
2. Початкові дані – початкові значення навантаження і розмірів згідно з варіантом (необхідно вказати номер варіанту), схема згідно з варіантом.
3. Розв'язок для заданої схеми згідно з прикладами, наведеними в розділі 2.


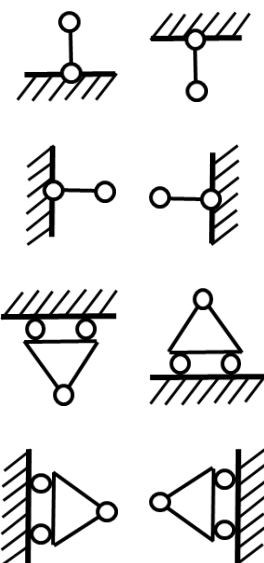
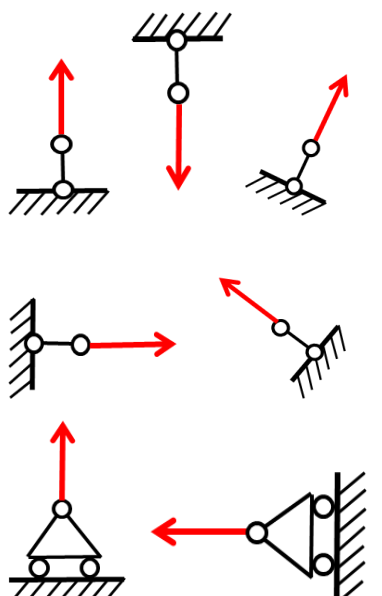
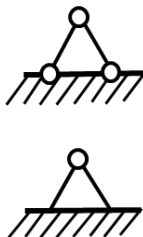
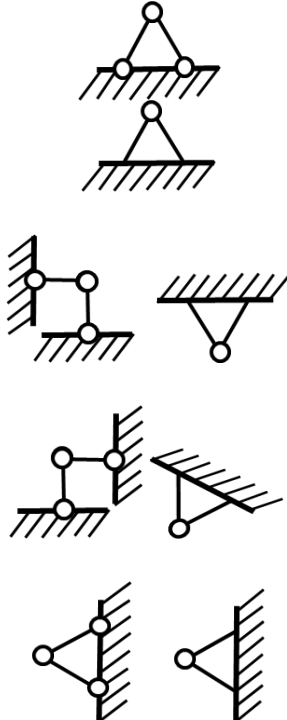
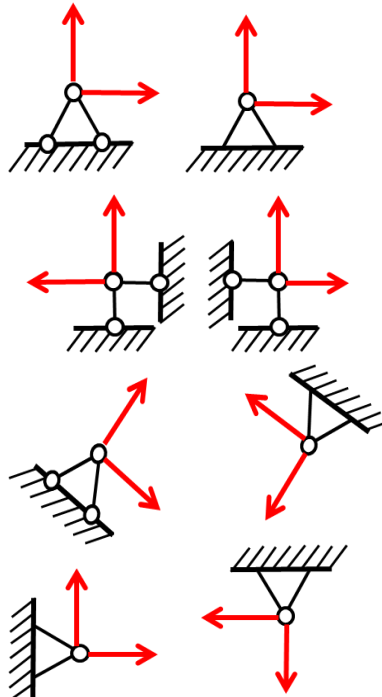
Алгоритм розв'язку наведено в розділі 1.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА


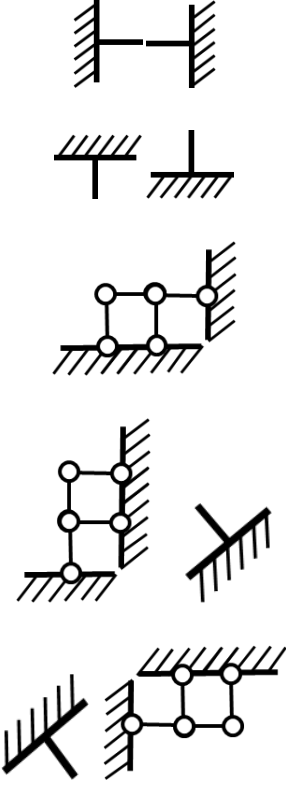
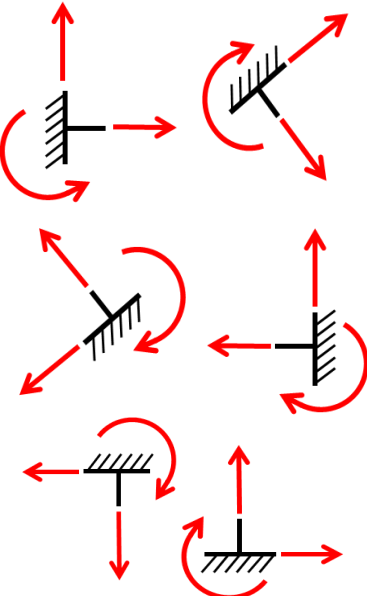
1. Бать М.И. и др. Теоретическая механика в примерах и задачах. – М.: Наука, 2007. – 670 с.
2. Бертяев В.Д. Теоретическая механика на базе Mathcad. Практика. – СПб.: БХВ, 2005. – 752 с.
3. Бондаренко А.А. Теоретична механіка. Частина 1. Статика. – К.: Знання, 2004. – 599 с.
4. Бутенин Н.В. и др. Курс теоретической механики. – СПб.: Лань, 2008. – 729 с.
5. Добронравов В.В. Курс теоретической механики. – М.: Высш.шк., 1970. – 528 с.
6. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. – М.: Наука, 1980. – 446 с.
7. Павловський М.А. Теоретична механіка. – К.: Техніка, 2002. – 510 с.
8. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Наука, 1974. – 400 с.
9. Теоретическая механика. Терминология. Буквенные обозначения величин: Сборник рекомендуемых терминов. – М.: Наука, 2007. – 48 с.
10. Цасюк В.В. Теоретична механіка: Навчальний посібник. – К.: ЦУЛ, 2004. – 402 с.
11. Fetter A.L. Theoretical Mechanics of Particles and Continua. – NY.: Stella, 2012. – 356 p.

Додаток А – Види шарнірних опор і їх реакції

Таблиця А.1 – Види шарнірних опор і їх реакції

№	Назва в'язі і найбільш розповсюджене позначення	Можливі позначення (розташування на площині)	Вигляд реакцій	Кількість реакцій рівноваги і їх напрямки
1	<p>Шарнірно-рухома опора</p> 			<p>В такій опорі виникає одна опорна реакція, яка направлена <i>перпендикулярно</i> до опорної поверхні</p>
2	<p>Шарнірно-нерухома опора</p> 			<p>В такій опорі виникають дві складові однієї опорної реакції, які направлено <i>перпендикулярно</i> до опорних поверхонь</p>

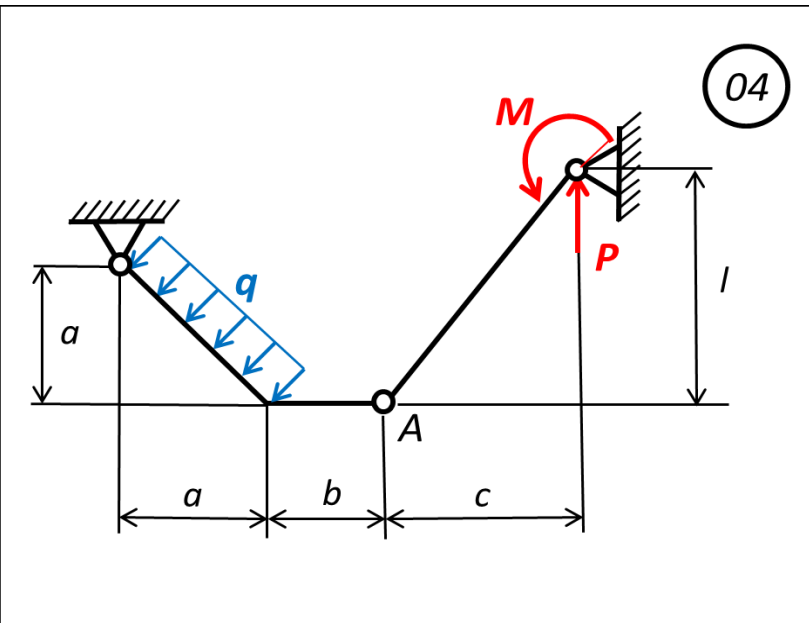
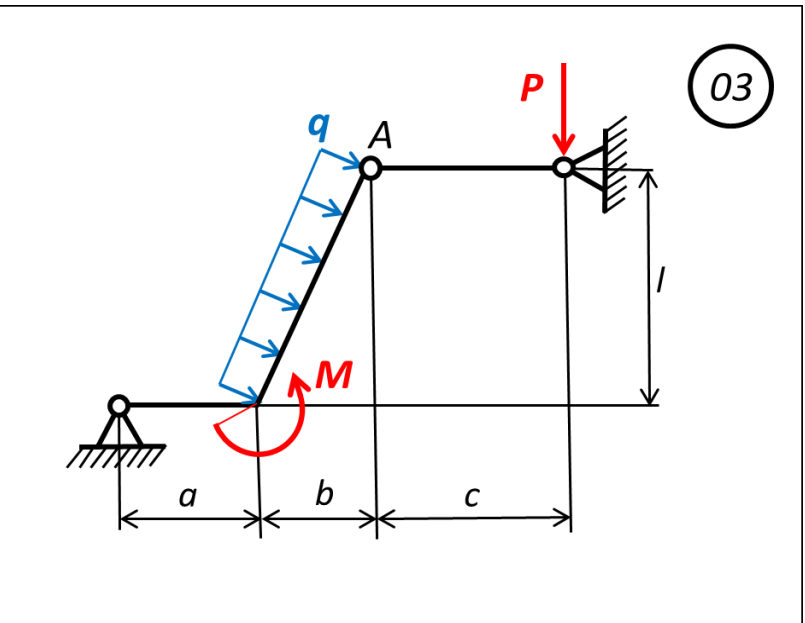
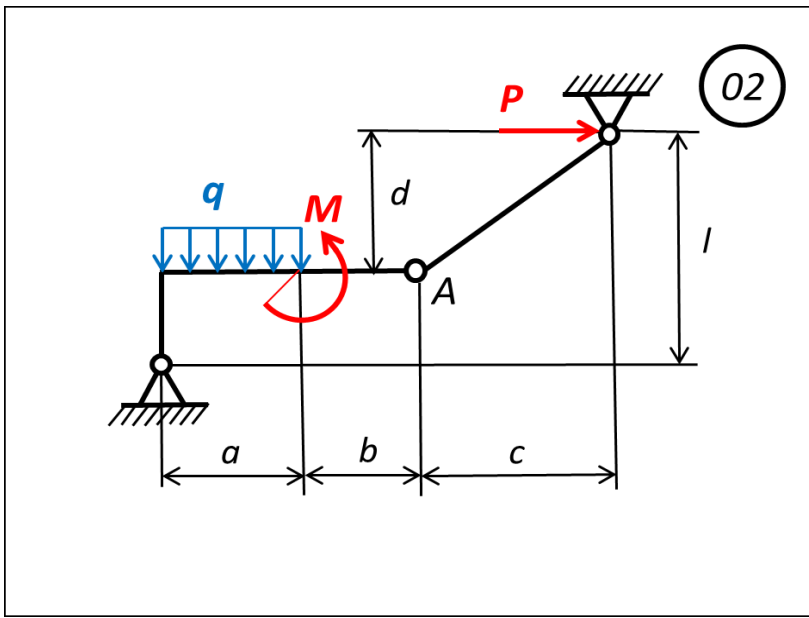
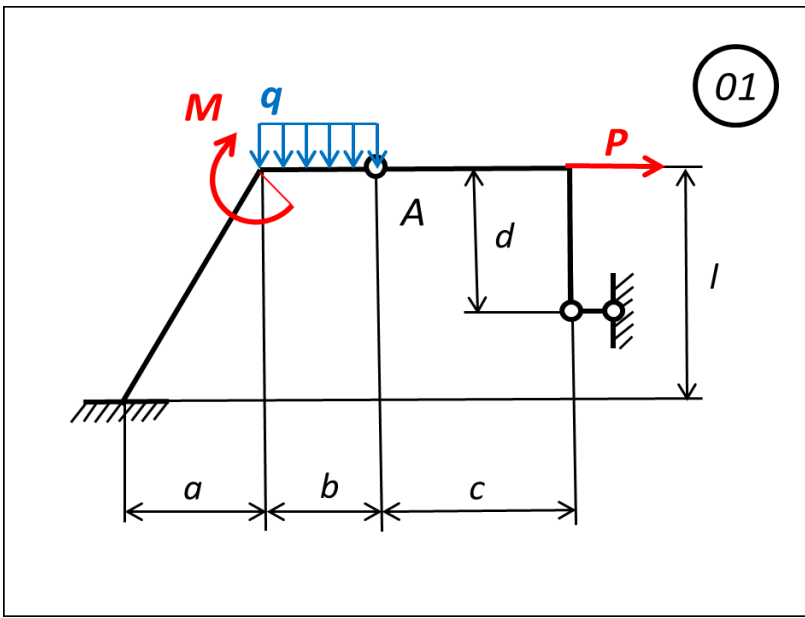
Продовження таблиці А.1

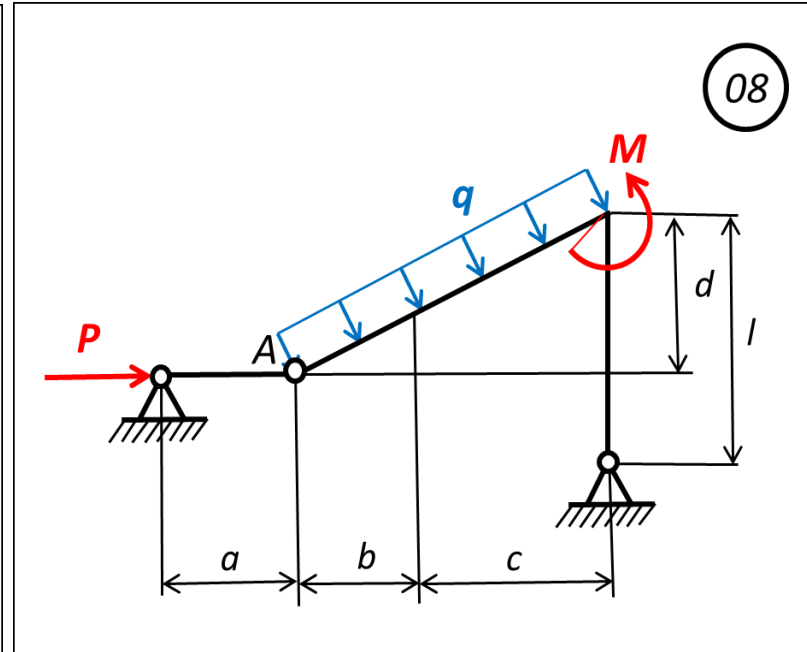
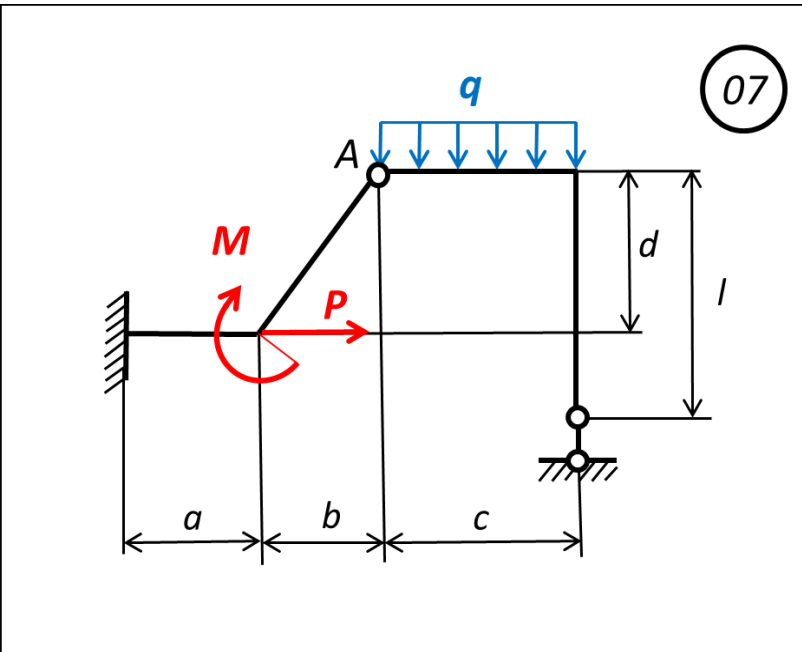
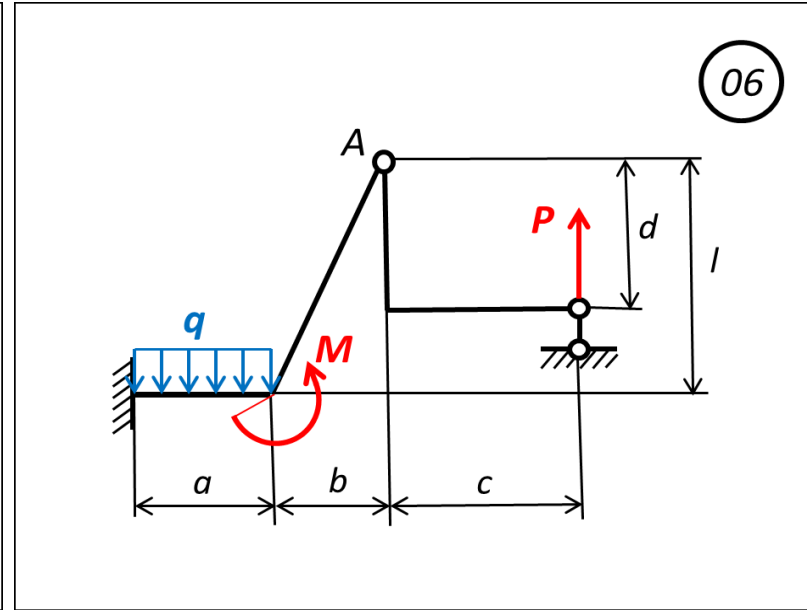
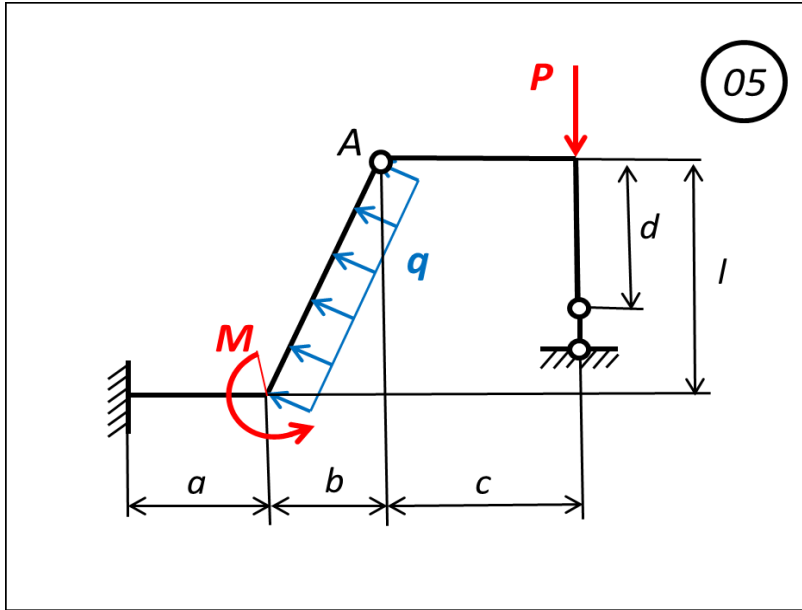
1	2	3	4	5
3	<p>Защемлення або жорстке закріплення</p> 			<p>В такій опорі виникають три опорні реакції – дві сили, які направлено <i>перпендикулярно</i> до опорних поверхонь і один момент</p>

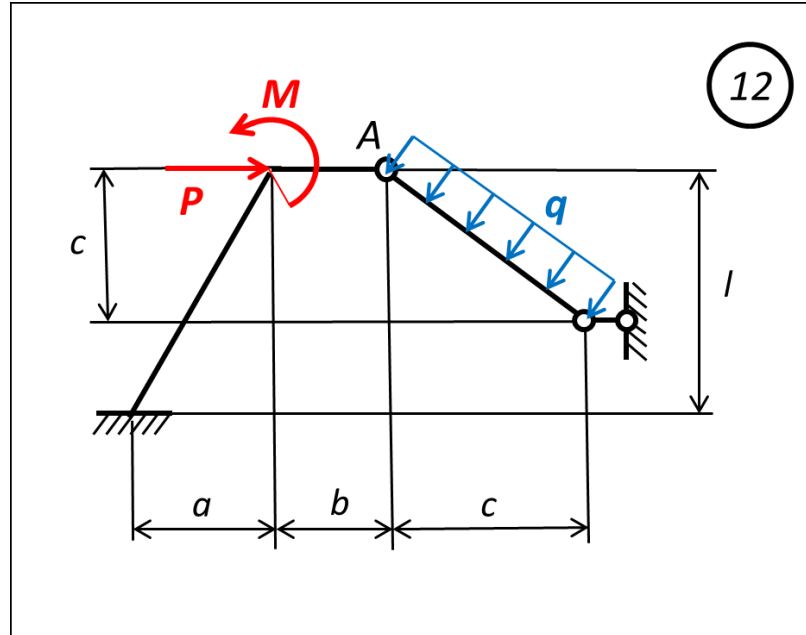
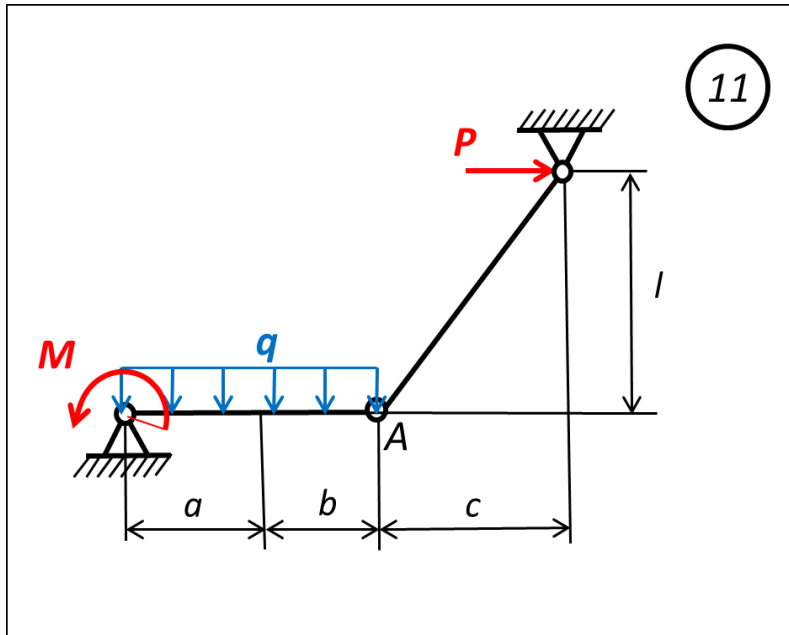
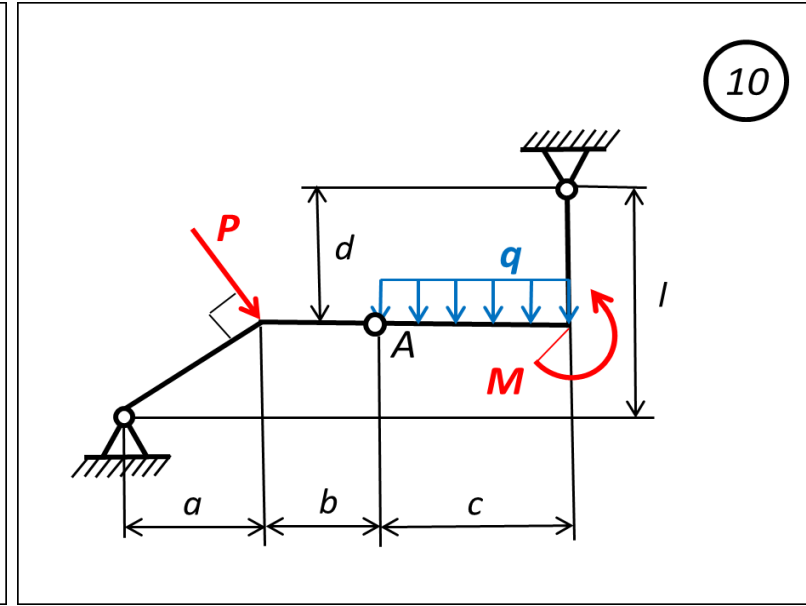
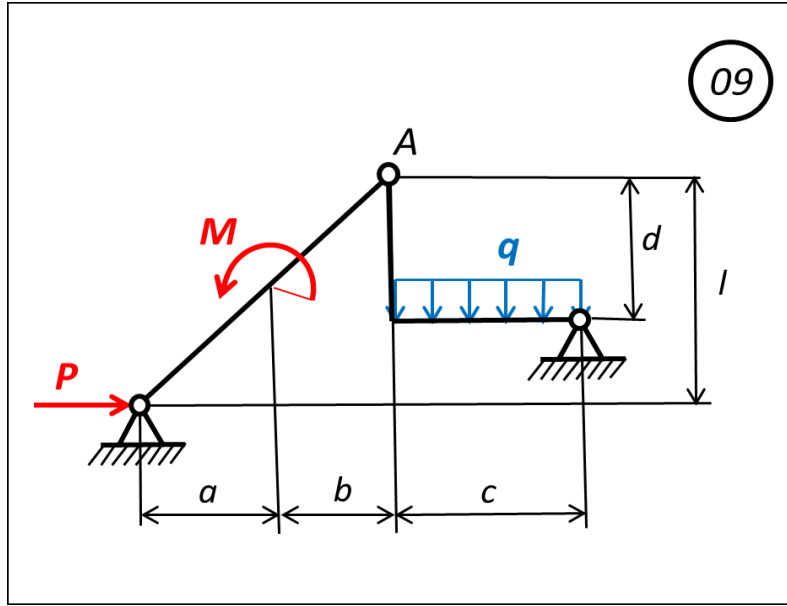
Додаток Б – Початкові дані до розрахунково-графічної роботи

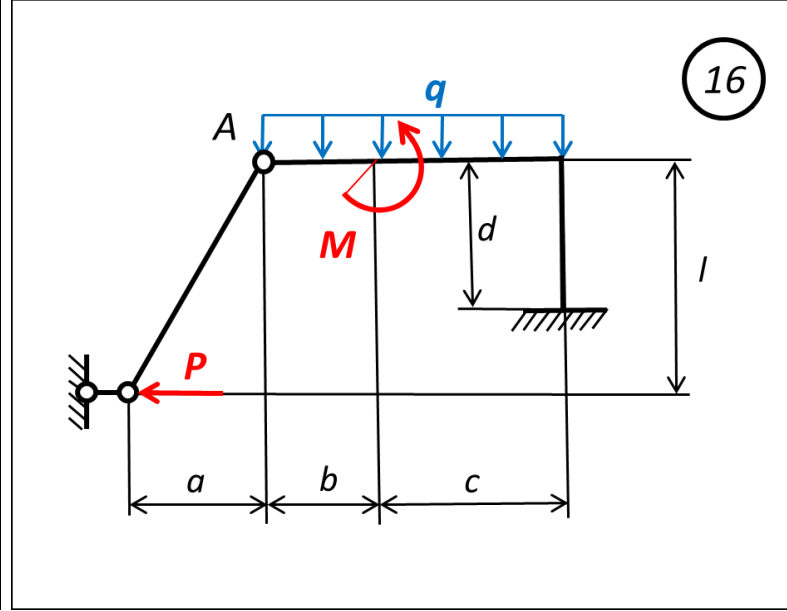
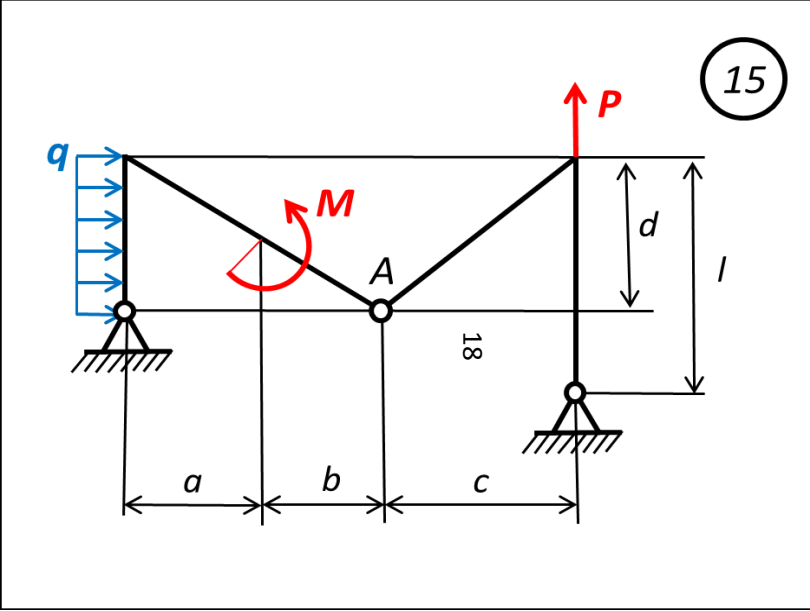
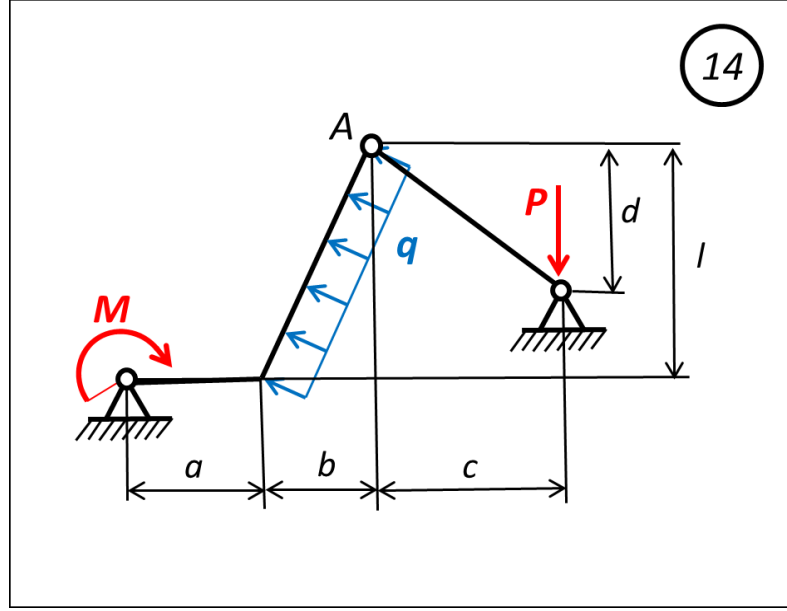
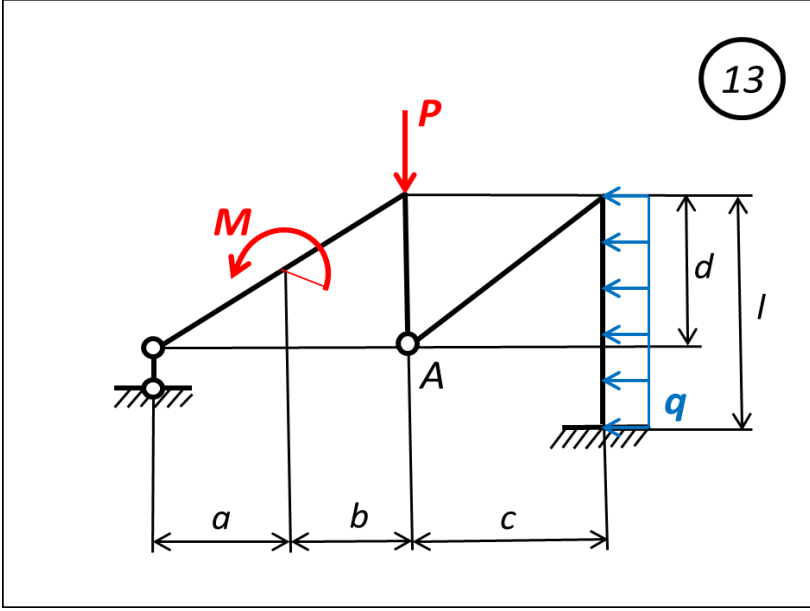
Таблиця Б.1 – Початкові дані до розрахунково-графічної роботи

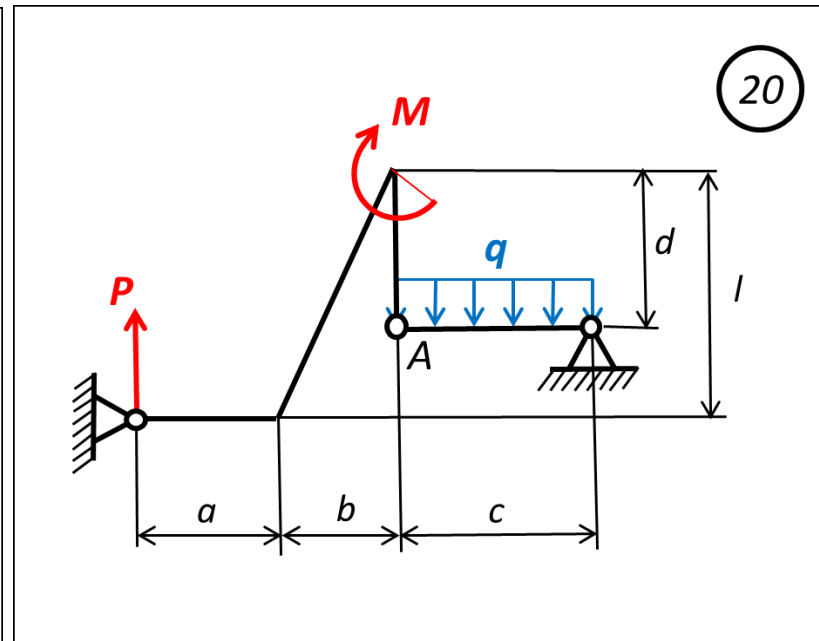
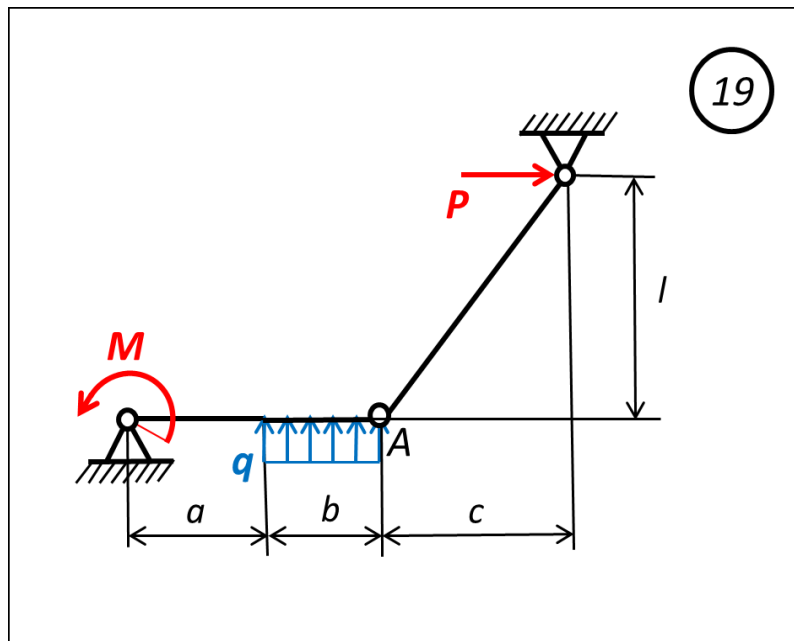
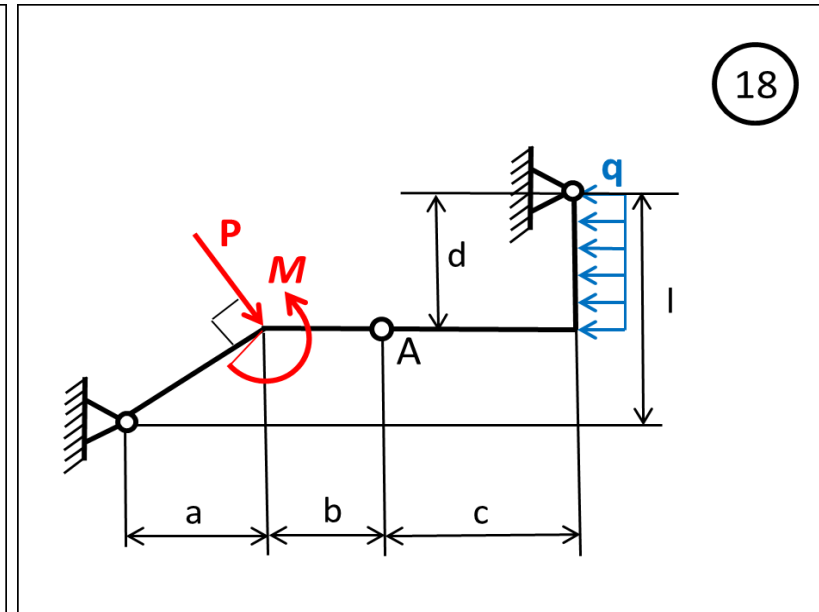
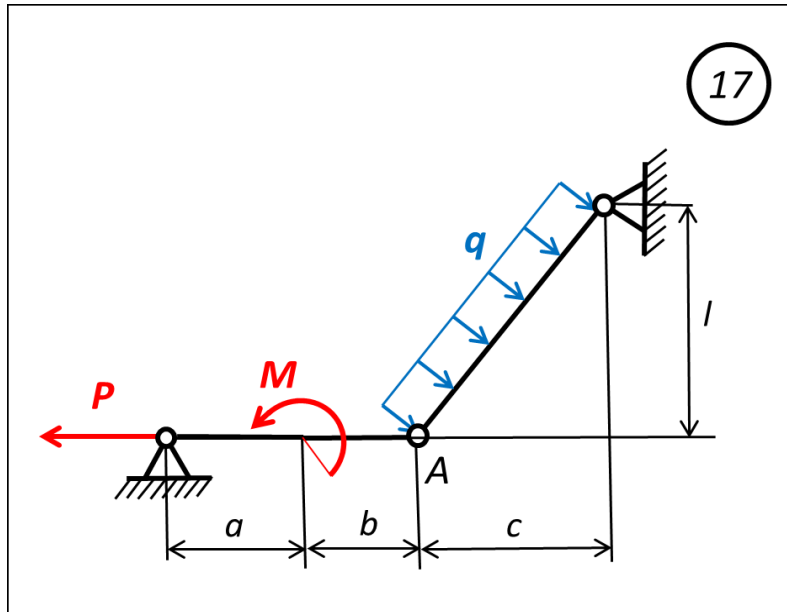
<i>№</i>	<i>a, м</i>	<i>b, м</i>	<i>c, м</i>	<i>d, м</i>	<i>l, м</i>	<i>q, кН/м</i>	<i>P, кН</i>	<i>M, кН·м</i>
01	1	2	3	4,5	6	10	40	60
02	2	3	4,5	6	8	30	50	20
03	1	2	4	4,5	5	25	30	50
04	0,5	1,5	3	4	6	10	20	45
05	2	3	4	5	7	15	40	65
06	1	2	4	5,5	6	10	35	40
07	1,5	3	4	5	8	20	55	70
08	2	1	2	4	5	30	45	35
09	1	1,5	3	4,5	8	40	20	80
10	1,5	2	4	5,5	6	20	35	25
11	3	2	4,5	5	7	40	40	55
12	3	1	4	6	8	25	30	25
13	1,5	2	3	4	6	35	50	55
14	1	1,5	2	5	7	40	65	30
15	2	3	3,5	4	5	50	20	25
16	1	2	3,5	6,5	8	35	40	45
17	1	3,5	4	5	6	20	30	25
18	1	1,5	4	6	7	40	35	55
19	1,5	3	5	5,5	6	35	45	20
20	2	3,5	6	7	8	25	40	35
21	1	1,5	5	5,5	6	35	20	50
22	2	2,5	3	5	7	40	25	30
23	2	1	4	4,5	6	50	35	40
24	1,5	3,5	6	7	8	45	30	25
25	3	2	3,5	5	7	35	20	40
26	2	3	4	4,5	6	20	15	30
27	2	1,5	6	7	9	30	45	70
28	1,5	2,5	5	6	8	50	55	30
29	1	3,5	3,5	5	6	35	20	40
30	2	3	4	6	7	25	10	20
31	1,5	2,5	3,5	4	6	15	25	40
32	2	3	5	7	8	10	30	55

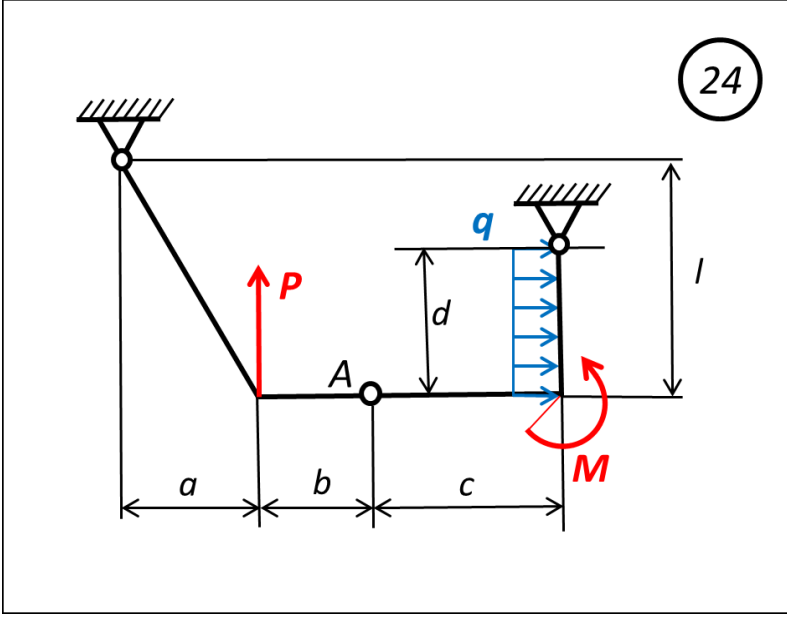
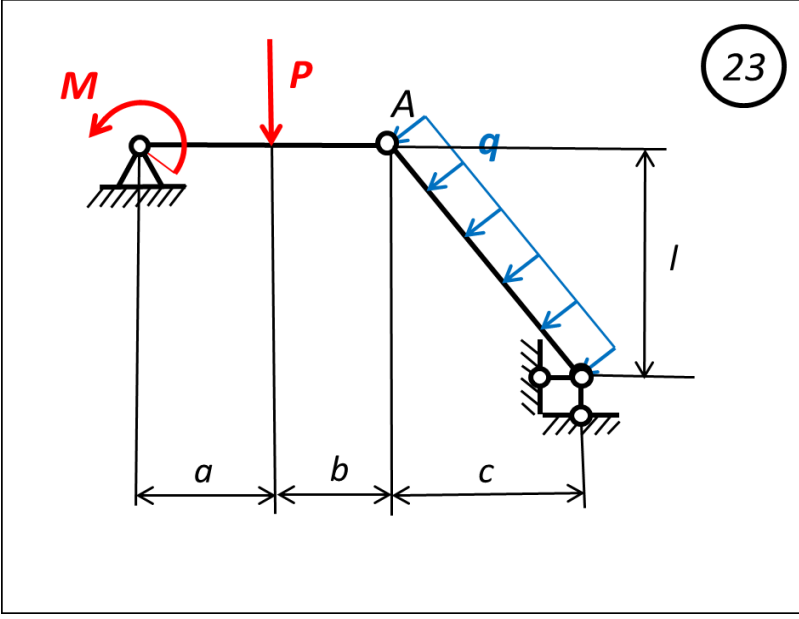
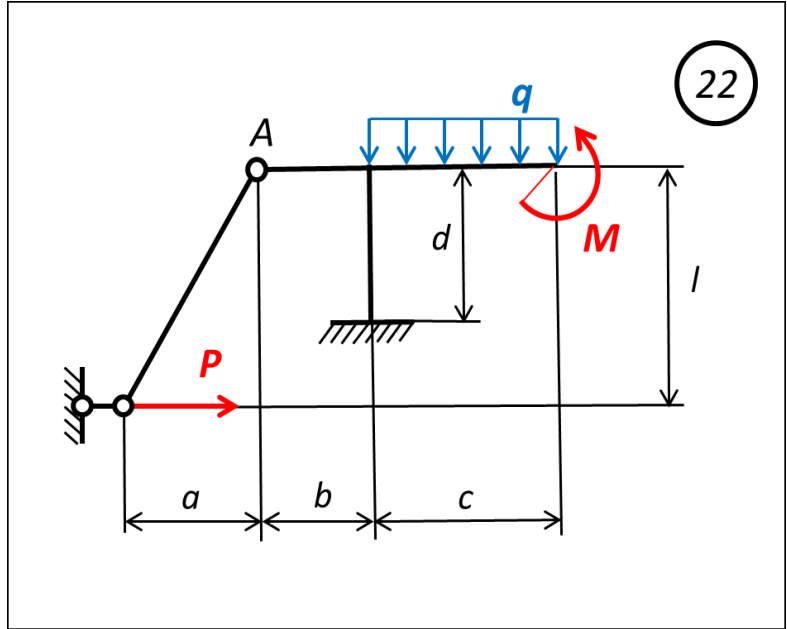
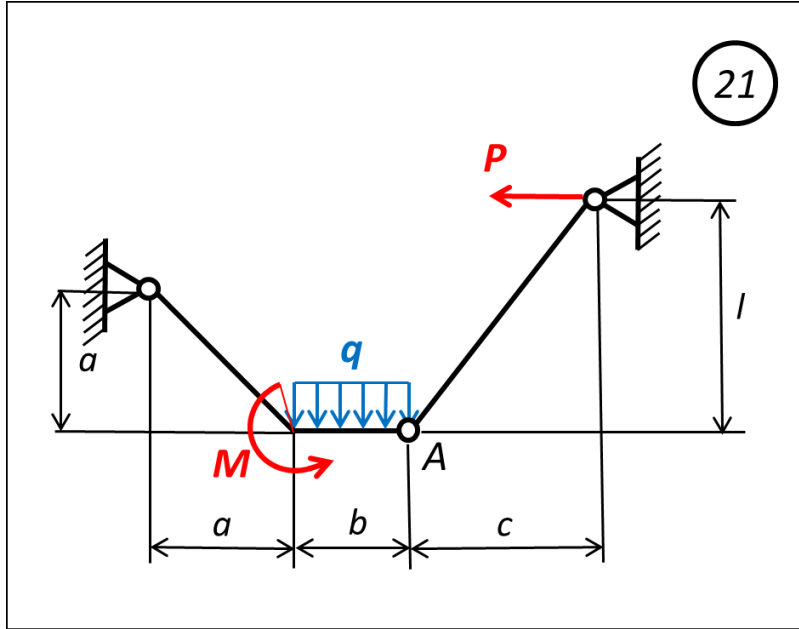


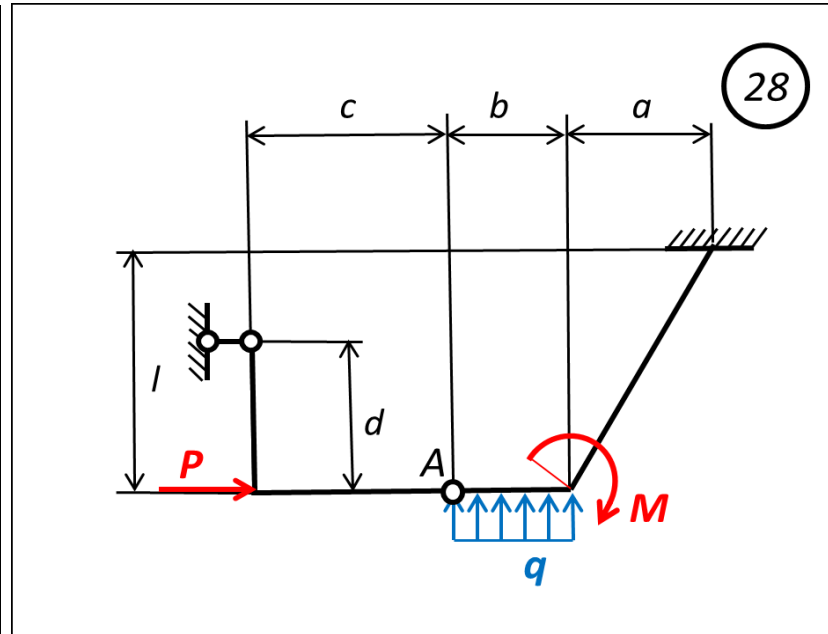
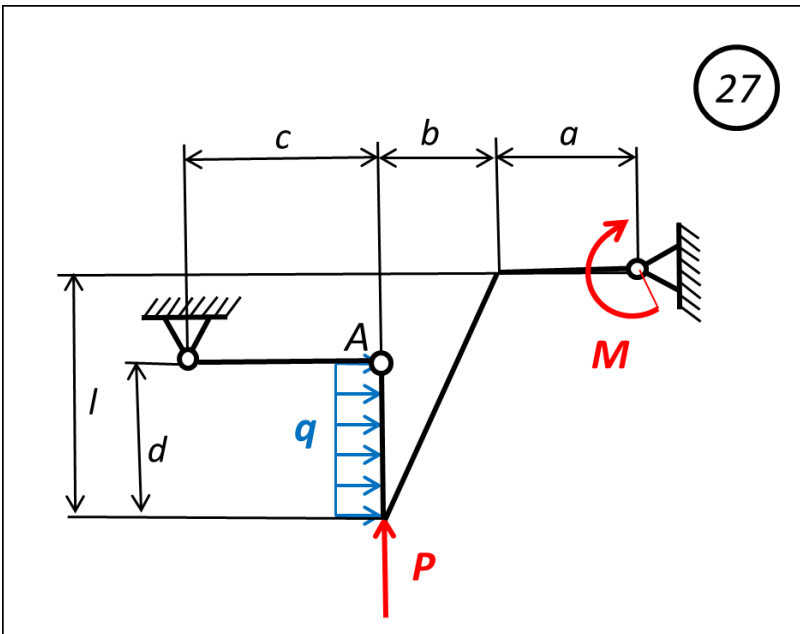
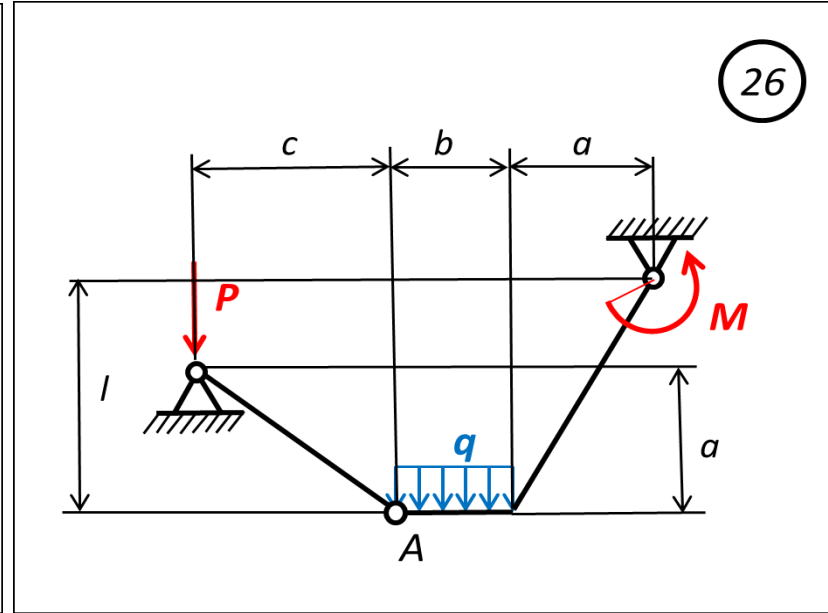
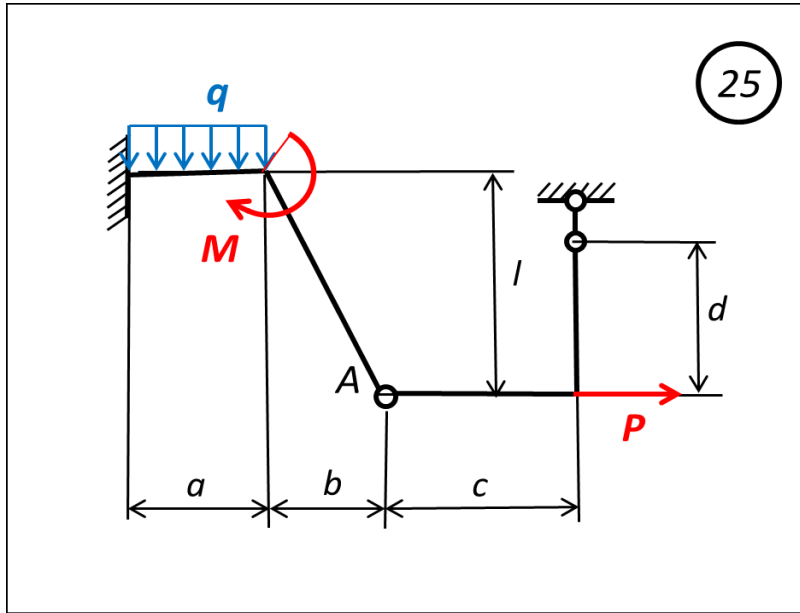


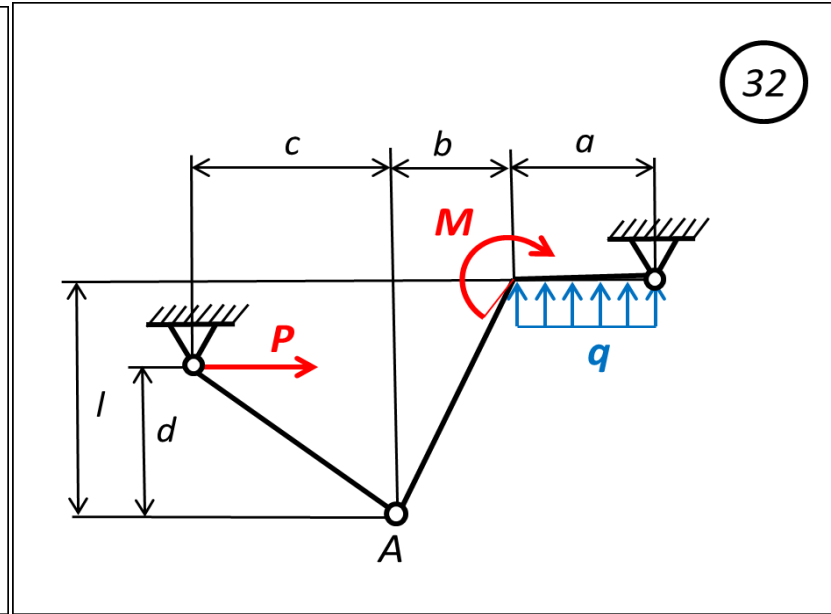
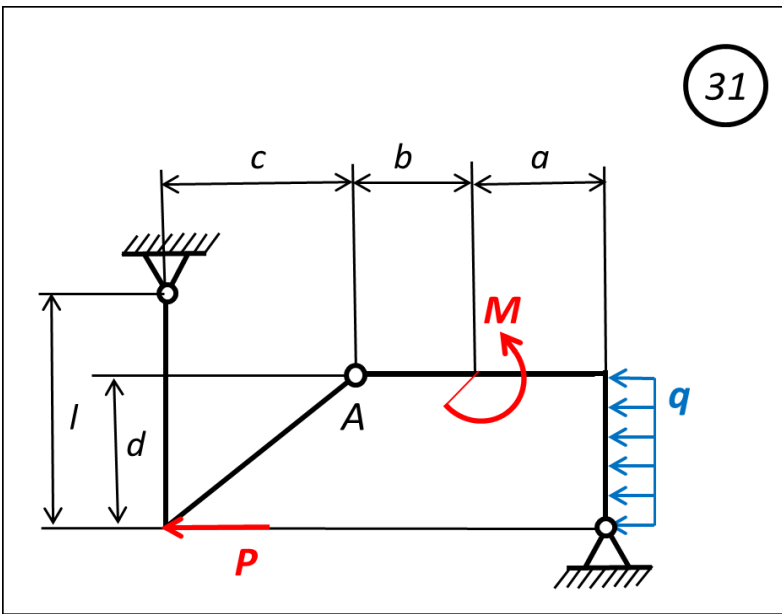
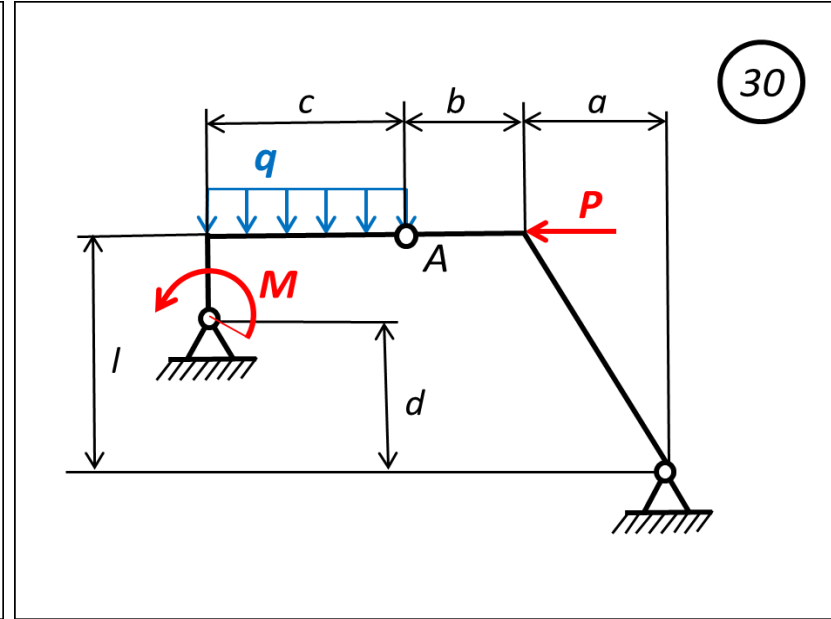
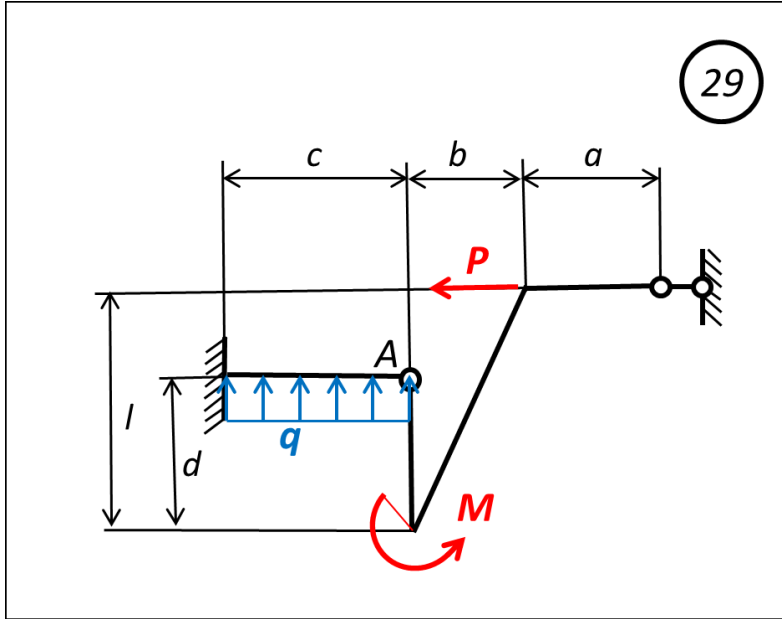












Міністерство науки і освіти України

Чернігівський національний технологічний університет

Кафедра теоретичної і прикладної механіки

Розрахунково-графічна робота з теоретичної механіки
«Визначення реакцій опор системи тіл»

Варіант № 00-00

Виконав
студент групи АТ-000

П.І.Б.

Перевірив викладач

П.І.Б.