ACADEMIC RESEARCH IN EDUCATIONAL SCIENCES VOLUME 2 | ISSUE 3 | 2021
ISSN: 2181-1385
Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: 5.723
DOI: 10.24411/2181-1385-2021-00403

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ СИЛ НА ПЛОСКОСТИ НЕСКОЛЬКИМИ СПОСОБАМИ

З. Н. Эшбаева
Навоийский государственный горный институт

АННОТАЦИЯ

В статье решена задача шестью способами на тему «Плоская система параллельных сил», используя уравнения равновесия статики и формула определения центра параллельных сил, сложение и разложение параллелных сил, принцип возможных перемещений и приведено решение задачи графическим способом.

Ключевые слова: понятие силы, параллельных сил, момент пары сил, сложение и разложение сил, сил реакции, плоскость, уравнение равновесия, центра тяжести, принципы возможных перемещении, графический способ многоугольных сил.

SOLUTION OF PROBLEMS OF PARALLEL FORCES ON A PLANE IN SEVERAL WAYS

Z. N. Eshbayeva
Navoi State Mining Institute

ABSTRACT

The article solves the problem in six ways on the topic "Plane system of parallel forces", using the equations of equilibrium of statics and the formula for determining the center of parallel forces, addition and decomposition of parallel forces, the principle of possible displacements and the solution of the problem is presented in a graphical way.

Keywords: the concept of force, parallel forces, moment of a pair of forces, addition and decomposition of forces, reaction forces, plane, equilibrium equation, center of gravity, principles of possible displacement, graphic method of polygonal forces.

ВВЕДЕНИЕ

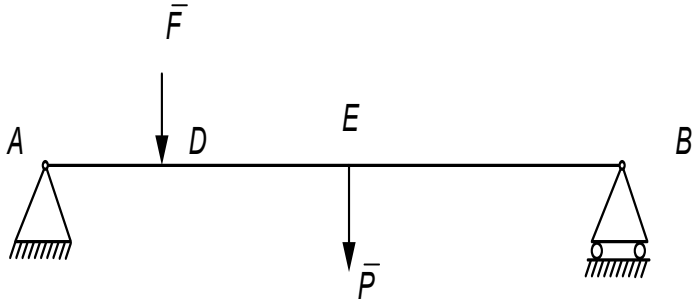
При решении задач по теоретической механике студенты затрудняются пользоваться формулами и уравнениями. Это конечно обычное явление, потому что задачи по теоретической механике нельзя объединить в одно целое. Стоя на берегу, нельзя научиться плавать, так и в теоретических навыках, не решая

ISSN: 2181-1385
Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: 5.723
DOI: 10.24411/2181-1385-2021-00403

большое количество задач, нельзя повысить уровень решения задач. Поэтому для применения формул и уравнений по решению задачи на тему “Плоскопараллельно расположенные силы” решим следующую задачу несколькими методами.

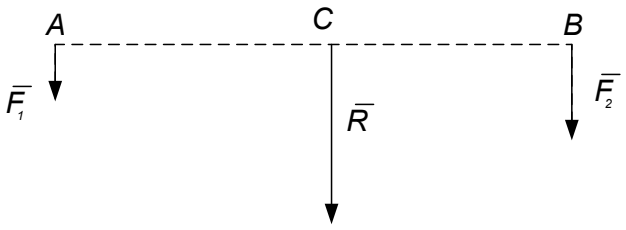
МЕТОДОЛОГИЯ

Найти реакции сил на опоры балки массой P =10 кН длиной AB = 10м расположенных на двух опорах. В точку D балки, перпендикулярна направлена на ось балки сила F = 8 кН и длиной AD=2м.



1-рис

Первый метод. Суммировать две параллельные силы, направленные в одном направлении и воспользуемся формулой двух расходящихся сил.



2-рис

$$R = F_1 + F_2 \quad (1)$$

$$\frac{BC}{F_1} = \frac{AC}{F_2} = \frac{AB}{R}$$

Равнодействующая сил P и F, основываясь на первое уравнение (1) создадим её поставленную точку:

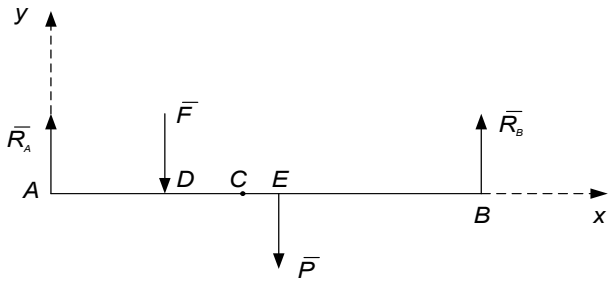
$$R = F + P = 10 + 8 = 18кН$$

$$\frac{CE}{F} = \frac{DC}{P} = \frac{DE}{R}$$

$$CE = \frac{DE}{R} \cdot F = \frac{3}{18} \cdot 8 = \frac{4}{3}м$$

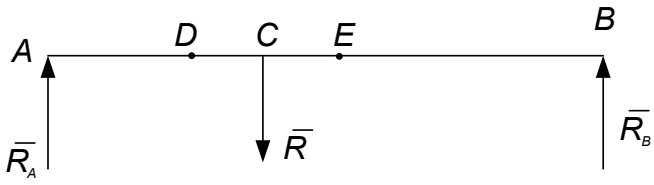
$$DC = \frac{DE}{R} \cdot P = \frac{3}{18} \cdot 10 = \frac{5}{3}м$$

ISSN: 2181-1385
Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: 5.723
DOI: 10.24411/2181-1385-2021-00403



3-рис

А теперь силы поставленные на балку можно представить следующим образом:



4-рис.

Здесь: $AC = DA + DC = 2 + \frac{5}{3} = \frac{11}{3} м$

$$BC = AB - AC = 10 - \frac{11}{3} = \frac{19}{3} м$$

А теперь $\vec{R}$, поставленную на точки А и В реакции силы разделим на две параллельные расходящиеся силы. Эти расходящиеся силы будут равны реакциям $\vec{R}_A$ и $\vec{R}_B$ по формуле: [1]

$$R = R_A + R_B = 18кН$$

$$\frac{BC}{R_A} = \frac{AC}{R_B} = \frac{AB}{R}$$

Отсюда: $R_A = \frac{BC}{AB} \cdot R = \frac{\frac{19}{3}}{10} \cdot 18 = 11{,}4кН$; $R_B = \frac{AC}{AB} \cdot R = \frac{\frac{11}{3}}{10} \cdot 18 = 6{,}6кН$

Второй метод. Воспользуемся уравнениями равновесия следующих видов:

$$\sum Y_i = 0, \qquad \sum M_A(F_i) = 0$$

Составим уравнения равновесия:

$$\sum Y_i = R_A - F - P + R_B = 0$$

$$\sum M_A(\vec{F}_i) = AD \cdot F + AE \cdot P - AB \cdot R_B = 0$$

$$R_B = \frac{AD}{AB} \cdot F + \frac{AE}{AB} \cdot P = \frac{2}{10} \cdot 8 + \frac{5}{10} \cdot 10 = 6{,}6кН \qquad R_A = F + P - R_B = 8 + 10 - 6{,}6 = 11{,}4кН$$

Третий метод. Воспользуемся уравнениями равновесия второго вида.

$$\sum M_A(\vec{F}_i) = 0, \qquad \sum M_B(\vec{F}_i) = 0.$$

ISSN: 2181-1385
Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: 5.723
DOI: 10.24411/2181-1385-2021-00403

Создав уравнения равновесия R_A и R_B находим реакцию сил:

$$\sum M_A(\vec{F}_i) = DA \cdot F + AE \cdot P - AB \cdot R_B = 0$$

$$\sum M_B(\vec{F}_i) = AB \cdot R_A - BD \cdot F - BE \cdot P = 0$$

$$R_B = \frac{AD}{AB} \cdot F + \frac{AE}{AB} \cdot P = 6{,}6кН$$

$$R_A = \frac{BD}{AB} \cdot F + \frac{BE}{AB} \cdot P = 11{,}4кН$$

Четвертый метод. Нам известно, что модуль равнодействующая и приложенных точки системы параллельных сил определяется следующими формулами $R = F_1 + F_2 + ... + F_n = \sum_{i=1}^{n} F_i;\ \vec{r}_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} F_i \vec{r}_i}{\sum_{i=1}^{n} F_i}$ (2)

или проекцией на ось координат:

$$X_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} F_i x_i}{\sum_{i=1}^{n} F_i} \qquad y_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} F_i y_i}{\sum_{i=1}^{n} F_i} \quad Z_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} F_i z_i}{\sum_{i=1}^{n} F_i} \qquad (3)$$

Выберем оси координат по заданному виду: Для нашей задачи: : $Y_c = Z_c = 0$

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} F_i x_i}{\sum_{i=1}^{n} F_i} = \frac{F_1 x_1 + F_2 x_2}{F_1 + F_2}$$

Здесь:

$$F_1 = F;\ F_2 = P; \qquad x_1 = AD = 2м;\ x_2 = AE = 5см;$$

Тогда: $R = F + P = 18кН$

$$x_C = \frac{F_1 x_1 + P_2 x_2}{F + P} = \frac{16 + 50}{18} = \frac{11}{3}$$

А теперь посмотрим на систему сил $\vec{R}_A$ и $\vec{R}_B$, основываясь на 3 – рисунок:

$$R = R_A + R_B$$

$$x_C = \frac{R_A x_A + R_B x_B}{R_A + R_B}, \qquad x_A = 0; \qquad x_B = AB = 10м$$

или:
$$\begin{cases} R_A + R_B = 18 \\ \dfrac{10 \cdot R_B}{R_A + R_B} = \dfrac{11}{3} \end{cases}$$

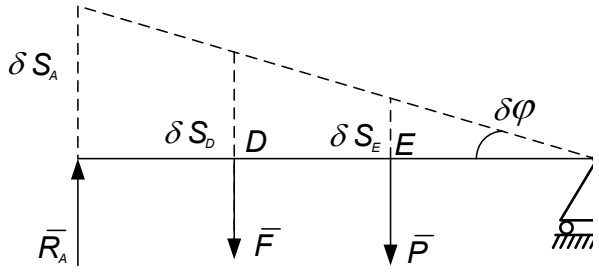
ISSN: 2181-1385
Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: 5.723
DOI: 10.24411/2181-1385-2021-00403

$$10R_B = \frac{11}{3}\cdot 18; \qquad R_B = 6{,}6\kappa H; \qquad R_A = 18 - R_B = 11.4\kappa H$$

Пятый метод. Возможный принцип переноса, чтобы механическая система была в равновесии, активные силы действует идеальными, несвободными или стационарными соединениями, при переносе системных точек, сумма элементарных работ всех сил необходима и достаточна, чтобы равнялась нулю.

$$\sum \delta A_k = \sum F_k \delta r_k = 0 \qquad (4)$$

Находим реакцию силы $\vec{R}_A$ для этого убрав опору А, вместо неё реакцию силы $\vec{R}_A$. Дадим балке возможный перенос:



5а-рисунок

Напишем, возможный принцип переноса:

$$R_A \delta S_A - F\delta S_D - P\delta S_E = 0 \qquad (5)$$

Здесь:

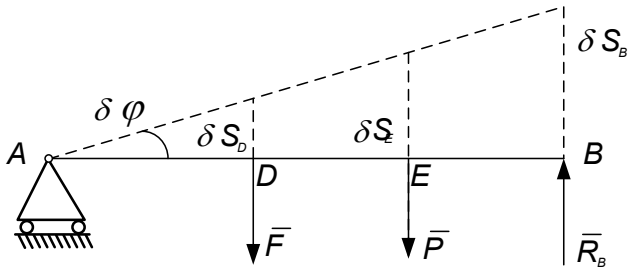
$$\delta S_A = AB\cdot\delta\varphi$$
$$\delta S_D = BD\cdot\delta\varphi$$
$$\delta S_E = BE\cdot\delta\varphi$$

Подставив на пятый вид, получим следующее:

$$R_A\cdot AB\cdot\delta\varphi - F\cdot BD\cdot\delta\varphi - p\cdot BE\cdot\delta\varphi = 0$$
$$R_A = \frac{BD}{AB}\cdot F + \frac{BE}{AB}\cdot p = 11{,}4\kappa H$$

Как сказано выше, для нахождения реакции силы $\vec{R}_B$ уберем опору В, и вместо неё подставим реакцию силы $\vec{R}_B$. Дав балке возможный перенос, основываясь на 4 –рисунок находим реакцию $\vec{R}_B$:

ISSN: 2181-1385
Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: 5.723
DOI: 10.24411/2181-1385-2021-00403



5b-рисунок

$$R_B \cdot \delta S_B - P\delta S_E - F \cdot \delta S_D = 0$$

$$\delta S_B = AB \cdot \delta\varphi$$
$$\delta S_E = AE \cdot \delta\varphi$$
$$\delta S_D = AD \cdot \delta\varphi$$
$$R_B \cdot AB \cdot \delta\varphi - P \cdot AE \cdot \delta\varphi - F \cdot AD \cdot \delta\varphi = 0$$
$$R_B = \frac{AE}{AB} \cdot P + \frac{AD}{AB} \cdot F = 6{,}6\kappa H$$

Шестой способ. Теперь, решим эту задачу графическим методом. Масштаб можно выбрать произвольно: $\frac{2\kappa H}{1см}$

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Используя силу и нить, образовывая метод многоугольника, находим реакцию опор $\vec{R}_A$ и $\vec{R}_B$ графическим методом. [2]

Поскольку силы, приложенные к балке, являются вертикальными, реакции также происходят и в вертикальном направлении. Силы, приложенные к балке, уравновешиваются реакциями.

Пристроенные силы и нити многоугольника должны быть замкнутыми. По условию закрытия многоугольника сил, можем определить сумму неизвестных реакций $\vec{R}_A$ и $\vec{R}_B$ из-за того, что все силы направлены параллельно, тогда многоугольник сил превратится в линию (6 –рис б). Выберем произвольную точку S, расположенную на плоскости силы. Она называется полярной точкой. Назовём $\vec{F}$ - I сила, $\vec{P}$ – II сила, $\vec{R}_B$ - III сила и $\vec{R}_A$ - IV сила.

Линию, соединяющую полярную точку и начало 1силы отметим 1 прямой, соединяющей начало 2 силы 2 прямой, соединяющей начало 3 силы 3 прямой и соединяющей начало 4 силы 4 прямой.

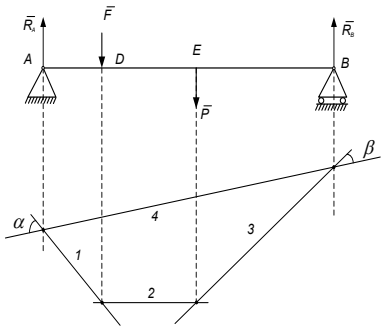
Пока, из-за того, что неизвестно $\vec{R}_B$ вершина реакции или начало $\vec{R}_A$ реакции многоугольника сил, неизвестно направление 4 прямых соединяющих полярную точку с этой точкой. Чтобы, определить направления этих прямых и

ISSN: 2181-1385
Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: 5.723
DOI: 10.24411/2181-1385-2021-00403

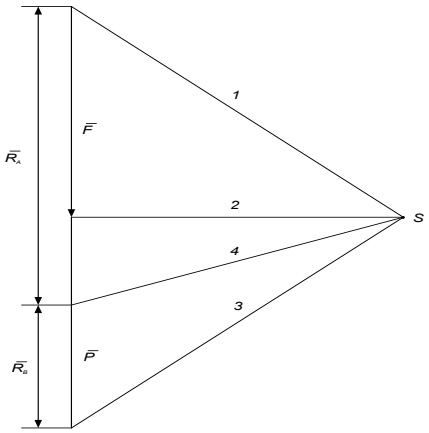
вершину реакции $\vec{R}_B$ или начало $\vec{R}_A$ реакции, воспользуемся условием замкнутости многоугольника Вариньона.

Построим многоугольник Вариньона. Для этого проводим 1 прямую с какой-то точки α, действующую на линию реакции $\vec{R}_A$ через точку пересечения действующих линий 1 прямой и 1 силы; проводим 2 прямую через точку пересечения действущих линий 2 прямой и 2 силы; проводим 3 прямую точки пересечения действующих линий 3 прямой и 3 силы, отметим буквой β (6 –рис а).

Чтобы, замкнуть многоугольник Вариньона нужно соединить точки α и β. Значит, 4 –прямая направится по линии проходящей через точки α и β. А теперь, с полярной точки проводя линию параллельной 4 – прямой, находим вершину или начало , линия между 4 и 1 прямыми показывает реакцию $\vec{R}_A$ линия между прямыми 3 и 4 показывает реакцию $\vec{R}_B$, $R_B = 6{,}4kN;\ R_A = 11{,}6\ кН$.



6a-рис



6b-рис

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Невозможно полностью понять суть теоретической механики, не решая по-разному задачи теоретической механики. Следовательно, решение проблем более чем одним способом является эффективным и действенным.

Эта статья действительно решает одну задачу шестью способами. Студентам очень сложно применять теоретические знания и формулы на практике. Следовательно, решение каждой задачи более чем одним способом приводит к полному пониманию теории.

REFERENCES

1. С. М. Тарг. Краткий курс теоретической механики москва «Высшая школа» 1986 [1]

ISSN: 2181-1385
Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: 5.723
DOI: 10.24411/2181-1385-2021-00403

2. А. И Аркуша. Руководство к решению задач по теоретической механике «Москва» 1971 [2]