

**Наука и просвещение в современной России**

**Звягинцев Виктор Александрович,**

преподаватель,

ОГАПОУ «Валуйский индустриальный техникум»,

г. Валуйки, Россия

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИЙ  
РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СВЯЗЕЙ**

**Аннотация.** Данная методическая разработка направлена на закрепление знаний по теме: «Определение реакций различных типов связей». В ходе работы обучающиеся должны чётко знать способы сложения двух сил и разложение силы на составляющие, геометрический и аналитический способы определения равнодействующей силы, условия равновесия плоской сходящейся системы сил.

Работа соответствует рабочей программе и требованиям ФГОС СПО. Позволяет обучающимся освоить содержание темы, показать умения и навыки, полученные на практических занятиях курса.

**Ключевые слова:** геометрический способ определения равнодействующей, геометрическое условие равновесия плоской системы сходящихся сил, аналитический способ определения равнодействующей, проекция силы на ось координат, ось координат.

**Цель работы** – научить определять реакции различных типов связей с использованием двух уравнений плоской системы сходящихся сил. Графическое и аналитическое определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил.

**В результате выполнения работы студент должен:**

## Наука и просвещение в современной России

**знать** способы сложения двух сил и разложение силы на составляющие, геометрический и аналитический способы определения равнодействующей силы, условия равновесия плоской сходящейся системы сил.

**уметь** определять равнодействующую системы сил, решать задачи на равновесие геометрическим и аналитическим способом, рационально выбирая координатные оси.

### Теоретическое обоснование

**Плоской системой сходящихся сил** называется система сил, линии действия которых лежат в одной плоскости и пересекаются в одной точке (рис. 1). Чтобы выяснить, будет ли данное тело находиться в равновесии под действием плоской системы сходящихся сил, необходимо найти ее равнодействующую силу. Если равнодействующая равна нулю, система находится в равновесии, если не равна нулю – не находится в равновесии. Существует два способа определения равнодействующей силы плоской системы сходящихся сил: геометрический и аналитический.

**Геометрический способ определения равнодействующей** – построение силового многоугольника: в произвольно выбранную точку переносится объект равновесия, в эту точку помещается начало первого вектора, перенесенного параллельно самому себе; к концу первого вектора переносится начало второго вектора, к концу второго — начало третьего и т.д. Если построенный силовой многоугольник окажется незамкнутым, значит, данная система сил не находится в равновесии. В этом случае вектор равнодействующей силы соединит начало первого вектора с концом последнего (рис. 2, а).

**Геометрическое условие равновесия плоской системы сходящихся сил** заключается в *замкнутости* силового многоугольника, т.е.

## Наука и просвещение в современной России

при построении силового многоугольника конец последнего вектора совпадает с началом первого (рис. 2, б).

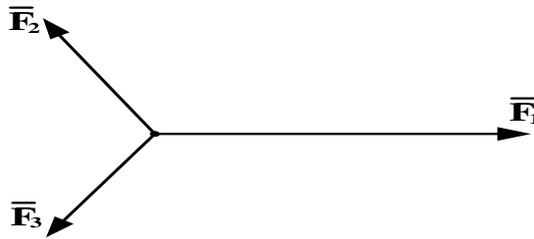


Рис. 1

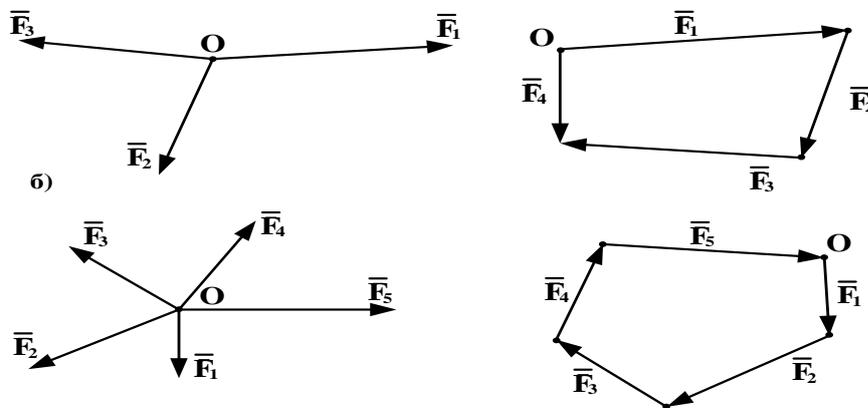


Рис.2. (система не находится в равновесии рис.2, а)

(система находится в равновесии рис.2, б)

**Аналитический способ определения равнодействующей:** все силы проектируются на две взаимно перпендикулярные оси координат, а затем находится алгебраическая сумма проекций всех сил на ось  $x$  и ось  $y$ . Если алгебраическая сумма проекций всех сил равна нулю, данная система сил находится в равновесии.

Аналитическое условие равновесия плоской системы сходящихся сил:

$$\sum F_{ix} = 0, \quad \sum F_{iy} = 0.$$

**Осью координат** называется произвольно выбранный направленный отрезок прямой (рис. 3).

## Наука и просвещение в современной России

**Проекция силы на ось координат** – отрезок оси, отсекаемый перпендикулярами, опущенными из начала и конца вектора (рис. 4).

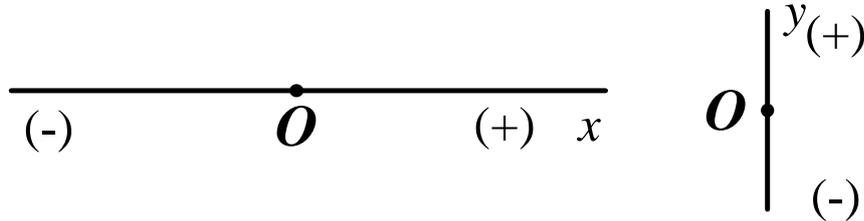


Рис. 3

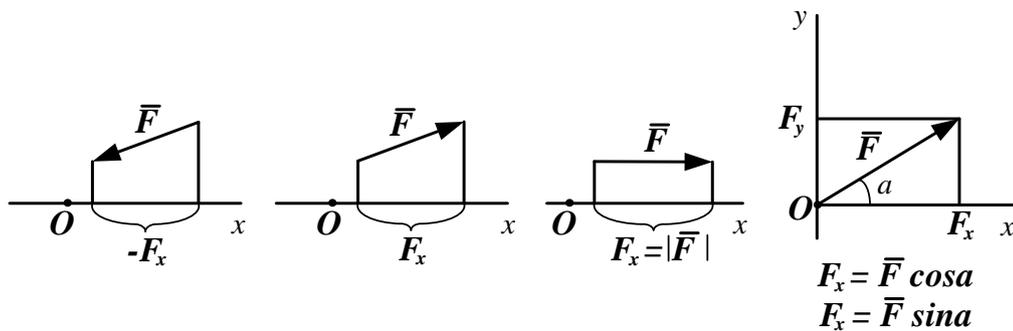


Рис. 4

**Пример 1.** Определить равнодействующую плоской системы сходящихся сил аналитическим и геометрическим способами (рис. 5). Дано:  $F_1 = 10\text{кН}$ ;  $F_2 = 15\text{кН}$ ;  $F_3 = 12\text{кН}$ ;  $F_4 = 8\text{кН}$ ;  $F_5 = 8\text{кН}$ ;  $\alpha_1 = 30^\circ$ ;  $\alpha_2 = 60^\circ$ ;  $\alpha_3 = 120^\circ$ ;  $\alpha_4 = 180^\circ$ ;  $\alpha_5 = 300^\circ$ .

**Решение.** 1. Определить равнодействующую аналитическим способом (рис. 5).

2. Определить равнодействующую графическим способом.

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{1x} = 10 \times \cos 30^\circ = 8,66 \text{ кН}; \\ F_{2x} = 15 \times \cos 60^\circ = 7,5 \text{ кН}; \\ F_{3x} = -12 \times \cos 60^\circ = -6 \text{ кН}; \\ F_{4x} = -8 \text{ кН}; \\ F_{5x} = 8 \times \cos 60^\circ = 4 \text{ кН}; \end{array} \right\} \begin{array}{l} F_{\Sigma x} = \sum F_{kx}; \\ F_{\Sigma x} = 6,16 \text{ кН}; \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{1y} = 10 \times \cos 60^\circ = 5 \text{ кН}; \\ F_{2y} = 15 \times \cos 30^\circ = 12,99 \text{ кН}; \\ F_{3y} = 12 \times \cos 30^\circ = 10,4 \text{ кН}; \\ F_{4y} = 0; \\ F_{5y} = -8 \times \cos 30^\circ = -6,9 \text{ кН}; \end{array} \right\} \begin{array}{l} F_{\Sigma y} = \sum F_{ky}; \\ F_{\Sigma y} = 21,49 \text{ кН}; \end{array}$$

## Наука и просвещение в современной России

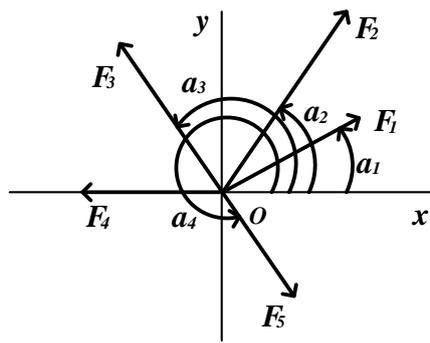


Рис.5

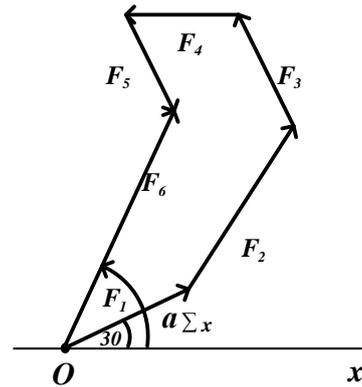


Рис.6

С помощью транспортира в масштабе  $2\text{мм} = 1\text{кН}$  строим многоугольник сил (рис. 6). Измерением определяем модуль равнодействующей силы и угол наклона ее к оси  $O_x$ .

$$F_{\Sigma} = \sqrt{F_{\Sigma x}^2 + F_{\Sigma y}^2}; \quad F_{\Sigma} = \sqrt{6,16^2 + 21,49^2} = 22,36 \text{ кН};$$

$$\cos \alpha_{\Sigma x} = \frac{F_{\Sigma x}}{F_{\Sigma}}; \quad \cos \alpha_{\Sigma x} = \frac{6,16}{22,36} = 0,2755; \quad \alpha_{\Sigma x} = 74^\circ.$$

$$F_{\Sigma \text{гр}} \approx 22 \text{ кН}; \quad \alpha_{\Sigma x} = 73^\circ.$$

Результаты расчётов не должны отличаться более чем на 5%:

$$\frac{F_{\Sigma \text{ан}} - F_{\Sigma \text{гр}}}{F_{\Sigma \text{ан}}} \times 100\% \leq 5\%.$$

**Пример 2.** Решение задачи на равновесие аналитическим способом.

Грузы подвешены на стержнях и канатах и находятся в равновесии. Определить реакции стержней  $AB$  и  $CB$  (рис.7, а).

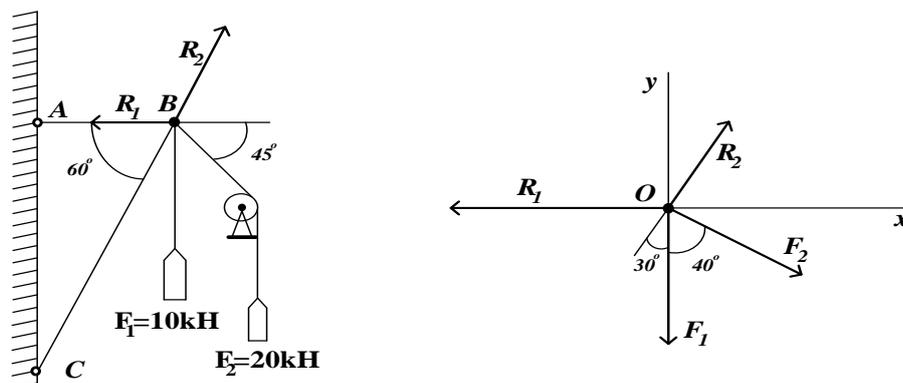


Рис.7

## Наука и просвещение в современной России

**Решение.** 1. Определяем вероятные направления реакций (рис.7, а). Мысленно убираем стержень  $AB$ , при этом стержень  $CB$  опускается, следовательно, точка  $B$  отодвигается от стены: назначение стержня  $AB$  – тянуть точку  $B$  к стене.

Если убрать стержень  $CB$ , точка  $B$  опустится, следовательно, стержень  $CB$  поддерживает точку  $B$  снизу – реакция направлена вверх.

2. Освобождаем точку  $B$  от связи (рис.7, б).

3. Выберем направление осей координат, ось  $Ox$  совпадает с реакцией  $R_1$ .

4. Запишем уравнения равновесия точки  $B$ :

$$\sum_0^n F_{kx} = -R_1 + R_2 \cos 60^\circ + F_2 \cos 45^\circ = 0;$$
$$\sum_0^n F_{ky} = R_2 \cos 30^\circ - F_1 - F_2 \cos 45^\circ = 0.$$

5. Из второго уравнения получаем:

$$R_2 = \frac{F_1 + F_2 \cos 45^\circ}{\cos 30^\circ}; \quad R_2 = \frac{10 + 20 \times 0,7}{0,866} = 27,87 \text{ кН.}$$

Из первого уравнения получаем:

$$R_1 = R_2 \cos 60^\circ + F_2 \cos 45^\circ; \quad R_1 = 28,07 \text{ кН}$$

**Вывод:** стержень  $AB$  растянут силой 28,07 кН, стержень  $CB$  сжат силой 27,87 кН.

**Примечание.** Если при решении реакция связи окажется отрицательной, значит, вектор силы направлен в противоположную сторону.

В данном случае реакции направлены верно.