

ПРО ГРАФІЧНИЙ СПОСІБ ПОБУДОВИ ГОЛОВНОГО ВЕКТОРА ДОВІЛЬНОЇ ПРОСТОРОВОЇ СИСТЕМИ СИЛ

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
м. Миколаїв, Україна*

У статті подано графічний спосіб побудови головного вектора довільної просторової системи сил шляхом розкладення заданих векторів сил на вертикальну і горизонтальну складові. В якості апарату дослідження використано методи нарисної геометрії. Для визначення ліній дії та точок прикладення рівнодіючих вертикальної та горизонтальної системи сил застосовано метод мотузкового багатокутника.

Ключові слова: просторова система сил; головний вектор; складові вектора сили; лінія дії сили; рівнодіюча; горизонтальна і фронтальна (вертикальна) системи сил; багатокутник Варіньона (мотузковий багатокутник)

Постановка проблеми. Задачі прикладної та теоретичної механіки достатньо часто бувають пов'язані з визначенням величини та напрямку сили або системи сил, які діють на один або декілька заданих об'єктів. На практиці звичайно для розв'язання такого класу задач використовують аналітичні методи, які базуються на алгебраїчних основах отримання рішень. Оскільки сила є векторною величиною, то має рацію розглянути графічний спосіб її побудови.

Ціль статті. Метою даної статті є представлення одного із графічних методів побудови головного вектора просторової системи сил, який базується на використанні апарату нарисної геометрії для отримання графічного рішення.

Аналіз основних досліджень і публікацій. У задачах теоретичної механіки [1] довільна просторова система сил перетворюється таким чином, що приводиться до головного вектора та головного моменту, які є еквівалентними до заданої системи сил. Всебічний і постійний розвиток геометричної науки дає змогу все ширше розповсюджувати використання геометричного апарату [2, 3] для розв'язання практичних задач прикладної та теоретичної механіки. Розв'язання задач щодо визначення величини та напрямку векторів, які задають сили, відбувається шляхом використання прийому розкладення кожного із заданих векторів на дві складові – вертикальну та горизонтальну, що суттєво спрощує процес отримання рішення. Оскільки головний вектор визначається величиною та напрямком,

то він може бути побудований деякими геометричними методами. У роботі [4] розглянуто спосіб побудови головного вектора з використанням силового багатокутника. Однак для побудови рівнодіючої плоскої системи сил в механіці також використовують багатокутник Варіньона або мотузковий багатокутник. Використаємо його для отримання іншого способу побудови проекцій головного вектора.

Основна частина. Припустимо, що задано систему із чотирьох довільних просторових сил, які діють на тіло. Потрібно визначити головний вектор системи сил.

Для розв'язання замінимо задану просторову систему сил на дві системи: горизонтальну (або плоску) та вертикальну (або паралельних не компланарних) сил; та побудуємо рівнодіючі кожної із отриманих систем, які утворюють хрест сил. Враховуючи аксіому, що вектор сили може бути перенесеним вздовж лінії дії сили, розташуємо вертикальні складові всіх сил на одній горизонтальній лінії Π_1/Π_2 . Точкові горизонтальні проекції дають однозначне визначення про положення вектора у просторі.

На рис. 1 наведено графічне зображення розкладеної на дві складові системи чотирьох просторових сил, які подані векторами \bar{P} та \bar{P}' ; \bar{Q} та \bar{Q}' ; \bar{R} та \bar{R}' ; \bar{T} та \bar{T}' . Потрібно побудувати проекції головного вектора \bar{S}_1 , та \bar{S}' (\bar{S}'_1, \bar{S}'_2).

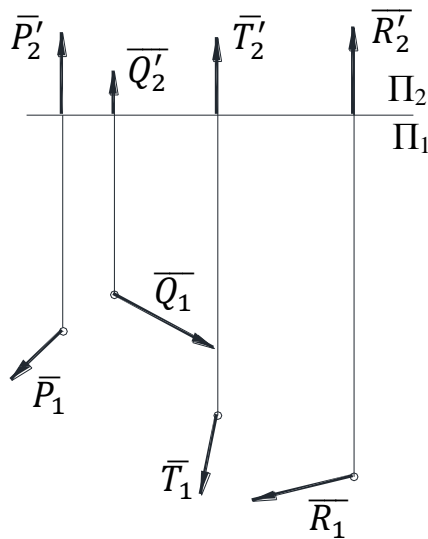


Рис. 1. Початкові дані

мотузкового багатокутника. Паралельно цим напрямкам проведемо відповідні промені між напрямками дії сил. В точці перетину крайніх сторін багатокутника Варіньона отримаємо точку A (рис. 3), через яку проходить фронтальна проекція \bar{S}'_2 рівнодіючій, причому її довжина дорівнює сумі довжин векторів \bar{P}' , \bar{Q}' , \bar{R}' і \bar{T}' , яку беремо із плану сил. Лінія дії паралельна напрямку сумарного вектора із плану сил

Побудуємо план сил для вертикальних складових системи сил (рис. 2) та отримаємо величину та напрям рівнодіючої. Розташуємо вектори таким чином, щоб кінець попереднього співпадав із початком наступного. Обравши довільно полюс O' та з'єднавши його з кінцями кожного з векторів отримаємо план сил, з якого визначаються напрями між векторами p' , $q'r'$, $t'r'$ та t' для побудови

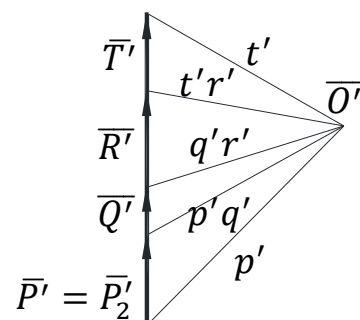


Рис. 2. План сил для вертикальних складових

(тобто вертикальна), а по вертикалі розташування фронтальної проекції результуючого вектора може бути довільним.

Однозначне положення вектора у просторі визначить горизонтальна точкова проекція, для отримання якої повторимо побудову багатокутника Варіньона, тільки в напрямку, що перпендикулярний до вище описаного (рис. 4). Тобто проведемо лінію $p'' \perp p'$ через початок вектора \bar{P}_1 , яка буде першою крайньою лінією мотузкового багатокутника.

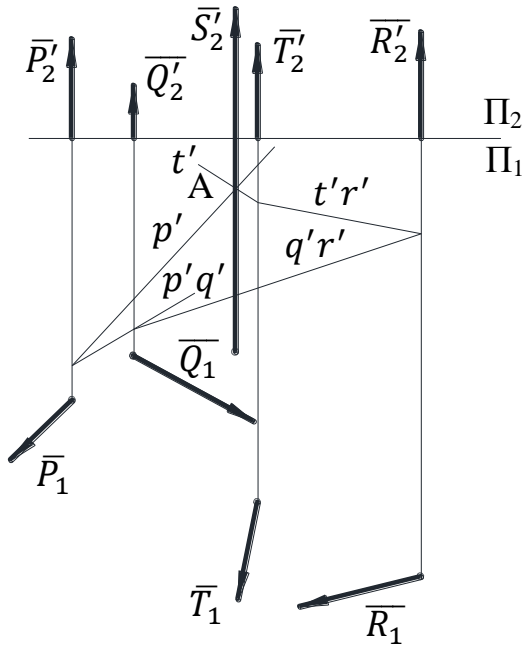


Рис. 3. Побудова фронтальної проекції \bar{S}_2' рівнодіючої

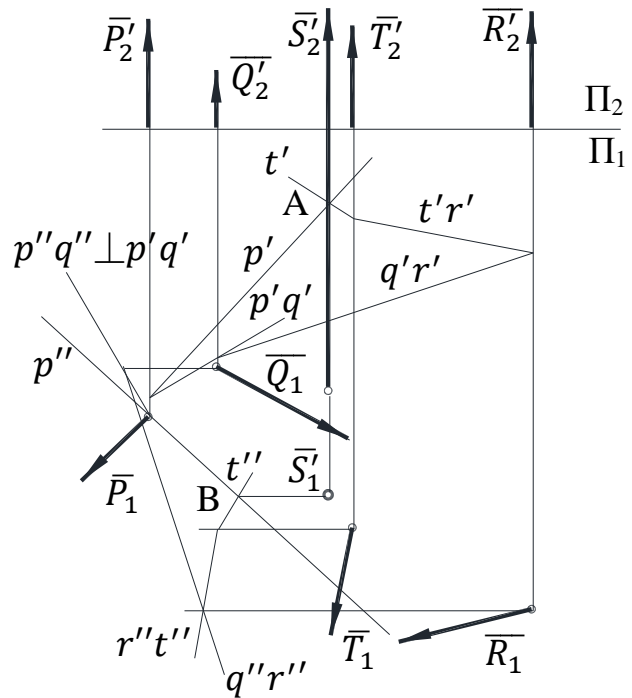


Рис. 4. Визначення горизонтальної точкової проекції \bar{S}_1' рівнодіючої

Далі проводимо лінію $p''q'' \perp p'q'$ та горизонтальну лінію із початку вектора \bar{Q}_1 . Із точки їх перетину проводимо $q''r'' \perp q'r'$ та горизонтальну лінію із кінця вектора \bar{R}_1 . Із отриманої точки їх перетину проводимо $r''t'' \perp r't'$ та горизонтальну лінію із кінця \bar{T}_1 до їх перетину. Із отриманої точки проведемо лінію $t'' \perp t'$, тобто другу крайню лінію мотузкового багатокутника. Дві крайні лінії перетнуться у точці B ($p'' \cap t'' = B$). Лінія дії вектора \bar{S}_2' та горизонтальна лінія, що проведена із точки B дають точку прикладення вектора \bar{S}_1' .

Для визначення напрямку і величини складової \bar{S}_1' рівнодіючої горизонтальної системи сил побудуємо план сил із горизонтальних складових заданих векторів (рис. 5).

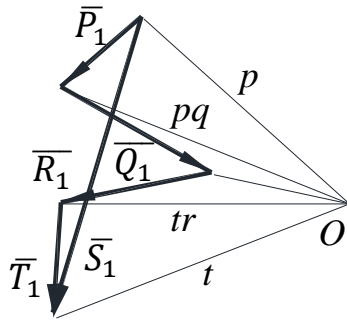


Рис.5. План сил для горизонтальних складових

Знову розташовуємо вектори один за одним, оберемо довільно полюс O та з'єднаємо його з кінцями кожного з векторів. Отримаємо напрями p, pq, qr, rt та t для побудови багатокутника Варіньона. Проведемо лінію, паралельно напрямку p (рис. 6); із точки її перетину з вектором \bar{P}_1 проведемо лінію, паралельну напрямку pq до перетину з лінією дії вектора \bar{Q}_1 . Із отриманої точки перетину проводимо лінію, паралельну qr до

перетину з вектором \bar{R}_1 . Із цієї точки перетину проводимо лінію, паралельно rt до перетину з вектором \bar{T}_1 . Наступна (крайня) лінія, яка паралельна напрямку t , перетне іншу крайню лінію, що паралельна напрямку p , в точці прикладення рівнодіючої \bar{S}'_1 . Напрямок та довжину рівнодіючої \bar{S}_1 беремо із плану сил.

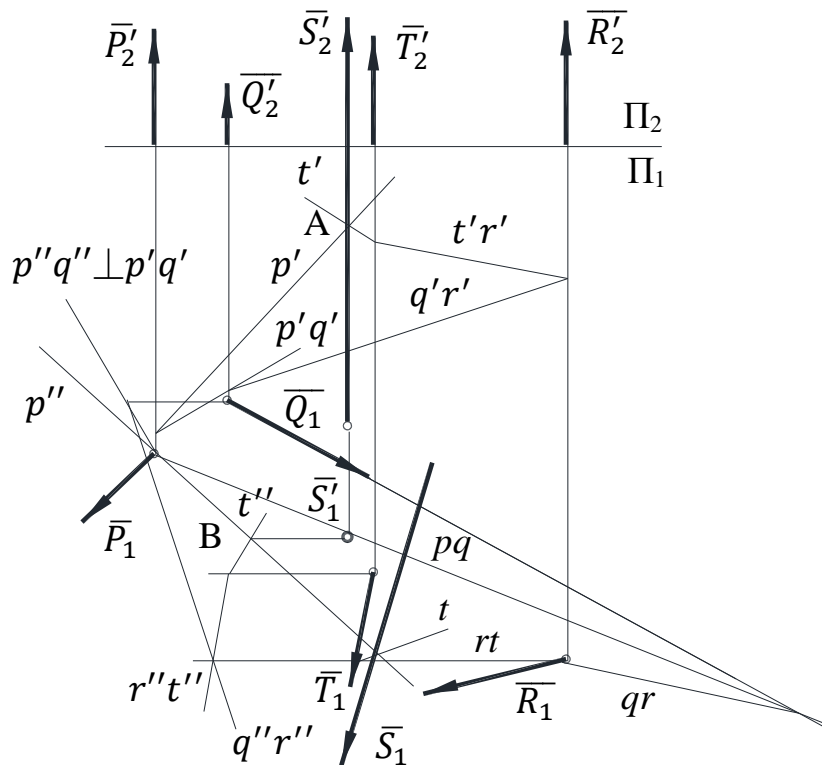


Рис.6. Побудова горизонтальної проекції \bar{S}'_1 рівнодіючої головного вектора

Таким чином, в статті наведено алгоритм графічної побудови хреста сил головного вектора просторової системи довільних сил з використанням метода мотузкового багатокутника. Апаратом дослідження

є методи нарисної геометрії, які дали змогу виконати графічні побудови вертикальної та горизонтальної складових головного вектора.

Література

1. Яблонский А.А., Никифорова А.А. Курс теоретической механики, ч. 1: учебник. Москва :, «Высшая школа», 1966. – 220 с.
2. Борисенко, В.Д., Бідніченко О.Г. Основы нарисної геометрії: підручник. Миколаїв : НУК, 2014. – 328 с.
3. Федуліна А.І. Теоретична механіка: навчальний посібник. Київ : Вища школа, 2005. – 319 с.
4. Бідніченко, О.Г. Спосіб графічного представлення головного вектора просторової системи сил // *Геометричне моделювання та інформаційні технології: науковий журнал*. Миколаїв : МНУ, 2017. №2 (4). С. 5–8.

О ГРАФИЧЕСКОМ СПОСОБЕ ПОСТРОЕНИЯ ГЛАВНОГО ВЕКТОРА ПРОИЗВОЛЬНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ СИЛ

Бидниченко Е.Г.

Многие практические задачи прикладной и теоретической механики часто связаны с определением величины и направления силы или системы сил, действующих на один или несколько заданных объектов. На практике обычно для решения такого рода задач используют аналитические методы, базирующиеся не алгебраических уравнениях. Поскольку сила является векторной величиной, то в данной статье представлен графический способ получения решения задачи определения результирующей силы, действующей на объект (главный вектор). Система заданных сил заменена двумя системами: горизонтальной (плоской) и фронтальной (вертикальной), образовавшиеся от разложения каждого из заданных векторов на две составляющие.

Для построения проекций главного вектора \vec{S}_1' и \vec{S}_2' использован аппарат начертательной геометрии. Вертикальные составляющие расположены на одной горизонтальной линии Π_1/Π_2 , а точечные их проекции дают однозначное положение каждого из векторов в пространстве. Построен план сил для вертикальных составляющих, из которого определена длина результирующего вектора и направления линий веревочного многоугольника, которые проведены между соответствующими линиями действия сил. Через точку пересечения крайних направлений проходит результирующий вектор, который является фронтальной проекцией главного вектора \vec{S}_2' . Направление его вертикально, а длина взята из плана сил. Для определения точечной проекции \vec{S}_1' выполнено построение многоугольника Вариньона еще раз, только в направлении перпендикулярном предыдущему. Аналогичный алгоритм использован для горизонтальной системы сил. Из построенного плана сил для горизонтальных составляющих становится известным направление и величина горизонтальной

проекции главного вектора \bar{S}_1 , а точка его приложения построена методом веревочного многоугольника.

Ключевые слова: пространственная система сил; главный вектор; составляющие вектора силы; линия действия силы; равнодействующая; горизонтальная и фронтальная (вертикальная) системы сил; многоугольник Вариньона (веревочный многоугольник).

ABOUT THE GRAPHIC METHOD OF CONSTRUCTING A MAIN VECTOR OF A SPATIAL SYSTEM OF FORCES

Bidnichenko Helen

Admiral Makarov National University of Shipbuilding

Many practical tasks of applied and theoretical mechanics are often associated with determining the magnitude and direction of a force or a system of forces acting on one or more given objects. In practice, analytical methods based on algebraic equations are usually used to solve such problems. Because force is a vector quantity, this article presents a graphical method for obtaining a solution to the problem of determining the resulting force acting on an object (main vector). The system of given forces is replaced by two systems: horizontal (flat) and frontal (vertical), formed from the decomposition of each of the given vectors into two components.

To construct the projections of the main vector \bar{S}'_1 and \bar{S}'_2 , a descriptive geometry apparatus was used. The vertical components are located on the same horizontal line Π_1/Π_2 , and their point projections give the unique position of each of the vectors in space. A force plan is constructed for vertical components, from which the length of the resulting vector and the direction of the lines of the rope polygon are determined, which are drawn between the corresponding lines of action of the forces. The resulting vector passes through the intersection point of the extreme directions, which is the frontal projection of the main vector \bar{S}'_2 . Its direction is vertical, and the length is taken from the plan of forces. To determine the point projection \bar{S}'_1 , we constructed the Varignon polygon again, only in the direction perpendicular to the previous one. A similar algorithm is used for a horizontal system of forces. From the constructed force plan for the horizontal components, the direction and magnitude of the horizontal projection of the main vector \bar{S}_1 becomes known, and the point of its application is constructed using the rope polygon method.

Keywords: spatial system of forces; main vector; components of the main vector; force line; resultant; horizontal and frontal (vertical) systems of forces; Varignon polygon (rope polygon).