

ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА

СТАТИКА

Тема 1.1. Основні поняття і аксіоми статyki

План

1. Предмет статyki. Матеріальна точка, абсолютне тверде тіло. Сила, система сил. Рівнодійна сила
2. Аксіоми статyki
3. Вільне і невільне тіло. В'язь, реакція в'язі

1. Предмет статyki. Матеріальна точка, абсолютне тверде тіло. Сила, система сил. Рівнодійна сила

Теоретична механіка вивчає загальні закони механічного руху та рівноваги матеріальних тіл. Найпростішим рухом є механічний, тобто переміщення одного тіла відносно іншого, що відбувається у просторі та часі. Окремим випадком руху є рівновага тіла – це стан спокою або рух тіла за інерцією, тобто рух, за якого прикладені до тіла сили не змінюють його стану.

Курс теоретичної механіки складається з трьох частин: статyki, кінематики і динаміки.

У статикі вивчають перетворення системи сил, прикладених до твердого тіла, в еквівалентні системи і умови рівноваги цих систем.

У кінематикі розглядають рух матеріальних тіл у просторі без урахування сил, прикладених до них.

У динаміці вивчають рух матеріальних тіл у просторі залежно від прикладених до них сил.

У механіці розглядають такі основні поняття, як *матеріальна точка*, *система матеріальних точок (механічна система)* і *абсолютно тверде тіло*.

Матеріальною точкою називають таке матеріальне тіло, розмірами якого можна знехтувати за умовами певної задачі.

Системою матеріальних точок (механічною системою) називають таку сукупність матеріальних точок, в якій положення та рух кожної точки залежать від положення та руху інших точок цієї системи.

Абсолютно твердим тілом називають таке тіло, у якого відстані між будь-якими точками залишаються незмінними.

Поняття абсолютно твердого тіла в теоретичній механіці дало змогу не враховувати деформації, що виникають у реальних тілах, а завдяки поняттю матеріальної точки і абсолютно твердого тіла значно спростилися відповідні дослідження та було встановлено загальні закони, які вже можна застосовувати до конкретних фізичних тіл.

Сила – це міра механічної взаємодії тіл, яка характеризується числовим значенням, напрямком і точкою прикладання. Сила векторна величина.

Ньютон – це така сила, яка надає тілу масою 1 кг прискорення 1 м/с^2 у напрямку дії сили.

$9,81 \text{ Н} \approx 1 \text{ кгс}$ (у системі МКГСС), у допустимих наближених розрахунках можна брати $1 \text{ Н} \approx 0,1 \text{ кгс}$, що дає похибку, яка приблизно дорівнює 2 %.

Система сил – це сукупність сил, що діють на певне тіло; якщо під дією деякої системи сил вільне тіло не змінює свого механічного стану, то таку систему сил називають **зрівноваженою системою сил**; дві системи сил називають **еквівалентними**, якщо вони виявляють однакову механічну дію на одне і те саме вільне тверде тіло; силу, яка після приєднання до деякої системи сил, що діють на тіло, приводить цю систему до рівноваги називають **зрівноважувальною** цієї системи сил; силу, еквівалентну цій

2. Аксиоми статички

Розглянемо аксиоми, на яких ґрунтується курс статички.

1. Аксиома рівноваги двох сил

Дві сили, що діють на абсолютно тверде тіло, взаємно зрівноважуються тоді і тільки тоді, коли вони рівні за модулем і спрямовані за однією прямою у протилежні сторони (рис. 1).

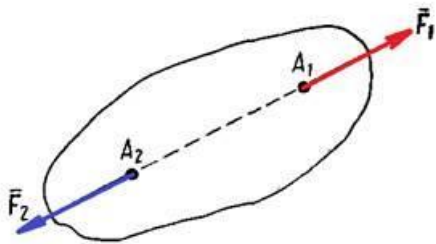


Рис. 1

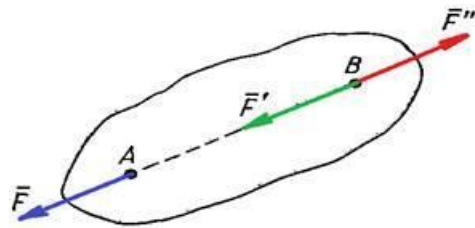


Рис. 2

2. Аксиома приєднання та відкидання зрівноважених сил

Від приєднання до тіла або відкидання від нього зрівноваженої системи сил рівновага тіла не порушується.

Це означає, що коли до системи сил, яка діє на тверде тіло, приєднати будь-яку зрівноважену систему сил, то одержимо систему, еквівалентну цій системі. Якщо ж до складу цієї системи входить кілька сил, які є окремою групою взаємно зрівноважених сил, то цю групу сил можна відкинути. Система сил, що залишиться, буде еквівалентна цій системі.

Висновок. *Не змінюючи кінематичного стану абсолютно твердого тіла, силу можна переносити вздовж лінії її дії, зберігаючи незмінним її модуль і напрямок.*

Нехай на тверде тіло в точці A діє сила $\vec{F}$ (рис. 2). У точці B прикладемо дві сили $\vec{F}''$ і $\vec{F}'$, які за модулем дорівнюють силі $\vec{F}$ і спрямовані за її лінією дії у протилежні сторони. Сили $\vec{F}''$ і $\vec{F}$ як взаємно зрівноважені відкинемо. Тоді до тіла в точці B буде прикладена сила $\vec{F}' = \vec{F}$, еквівалентна силі $\vec{F}$ у точці A .

3. Аксиома паралелограма сил

Рівнодійна двох сил, прикладених в одній точці, прикладена в тій самій точці і є діагоналлю паралелограма, побудованого на цих силах як на сторонах (рис. 3).

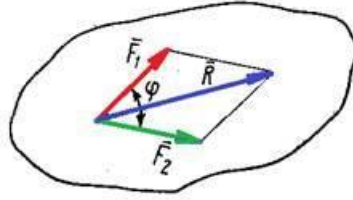


Рис. 3

Це положення математично можна виразити таким геометричним рівнянням:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2.$$

Модуль рівнодійної сили визначають за формулою:

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\varphi},$$

де φ – кут між лініями дії сил $\vec{F}_1$ та $\vec{F}_2$.

4. Аксиома рівності дії та протидії

Будь-якій дії відповідає рівна та протилежно спрямована протидія.

Згідно з цією аксіомою сили дії двох тіл рівні за модулем і спрямована за однією прямою у протилежні сторони.

3. Вільне і невільне тіло. В'язь, реакція в'язі

Тіла поділяють на вільні і невільні. Якщо тіло звільнити від зв'язків, його вважатимуть вільним. Під абсолютно **вільним тілом** розуміють тіло, яке може переміщуватися в просторі в будь-якому напрямку. Більшість тіл – невільні, їх рух обмежується взаємодією з іншими тілами. Тіла, які обмежують рух цього тіла в просторі, називають **в'язями**. Силу, з якою в'язь діє на певне тіло, називають **реакцією в'язі**.

Реакція в'язі є силою протидії і завжди має напрямок, протилежний силі дії певного тіла на в'язь. Реакція в'язі завжди спрямована в бік, протилежний неможливому рухові.

Під час розв'язування задач реакції **в'язей** у більшості випадків невідомі.

Залежно від характеру закріплення тіл розрізняють кілька типів в'язей:

1) Ідеально гладка поверхня

Реакція N спрямована вздовж нормалі до поверхні у бік тіла.

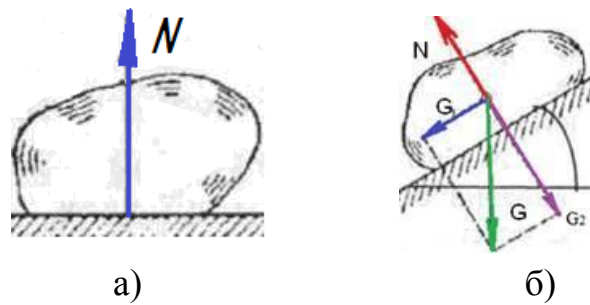


Рис. 4

2) Опорна точка чи ребро

Реакція N спрямована перпендикулярно до поверхні тіла чи дотичної до опорної поверхні в бік тіла.

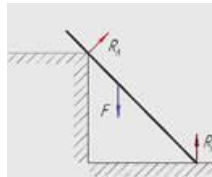


Рис. 5

3) Гнучка в'язь (нитка, ланцюг, канат)

Гнучка в'язь може бути тільки розтягнутою, тому реакція T спрямована вздовж в'язі до точки підвісу.

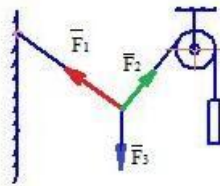


Рис. 6

4) **Ідеальний стрижень**, кінці якого кріпляться шарнірно, навантажений на кінцях. Реакція S спрямована з

а прямою, яка проходить через центри шарнірів і прикладена до шарніра об'єкта, рівновагу якого вивчають. Ідеальний стрижень працює на розтяг або стиск.

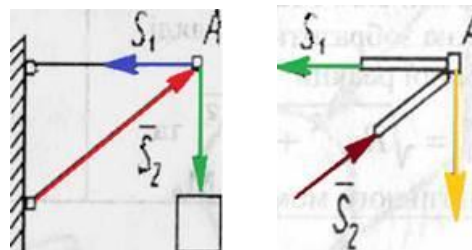


Рис. 7

5) **Рухомий циліндричний шарнір**. Опора складається з двох об'єктів: верхньої, жорстко зв'язаної з балкою, і нижньої, поставленої на котки. В'язь

дозволяє тілу обертатися навколо осі шарніра і рухатися разом із шарніром уздовж опорної поверхні. Реакція R спрямована перпендикулярно до опорної поверхні.

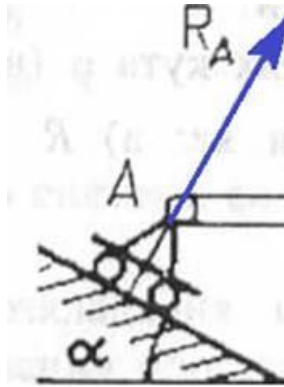
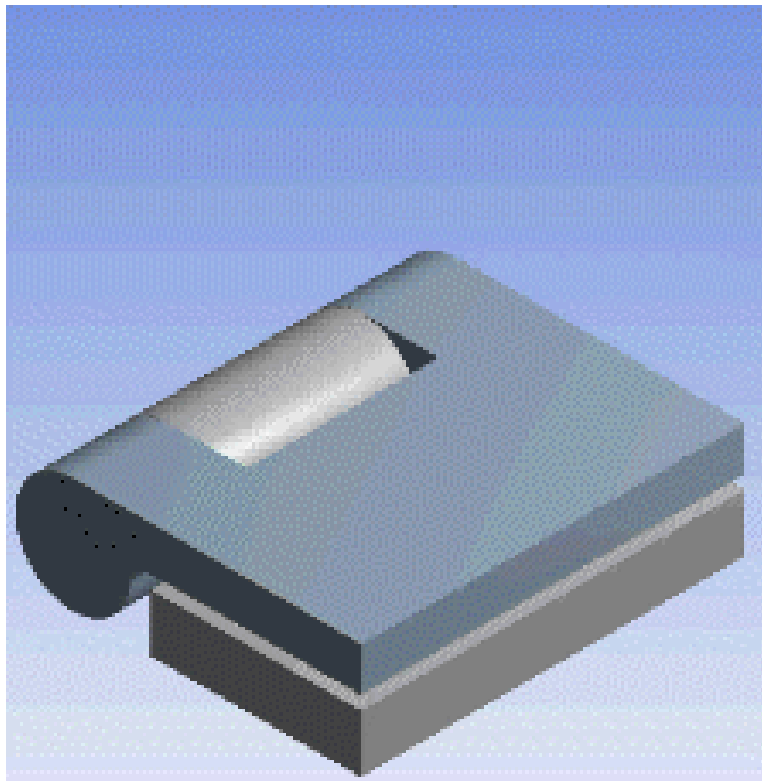


Рис. 8

6) Нерухомий циліндричний шарнір (радіальна вальниця, петля).



Реакція лежить у площині, перпендикулярній до осі шарніра, напрям її невідомий. Під час розв'язку задач реакцію показують складниками R_x і R_y .

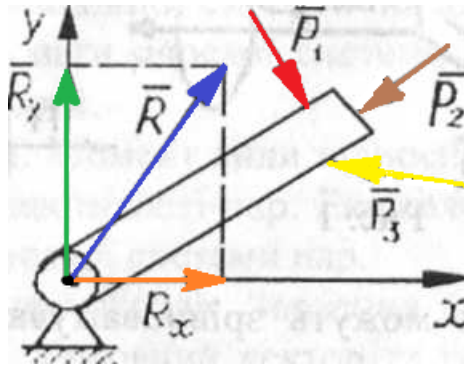
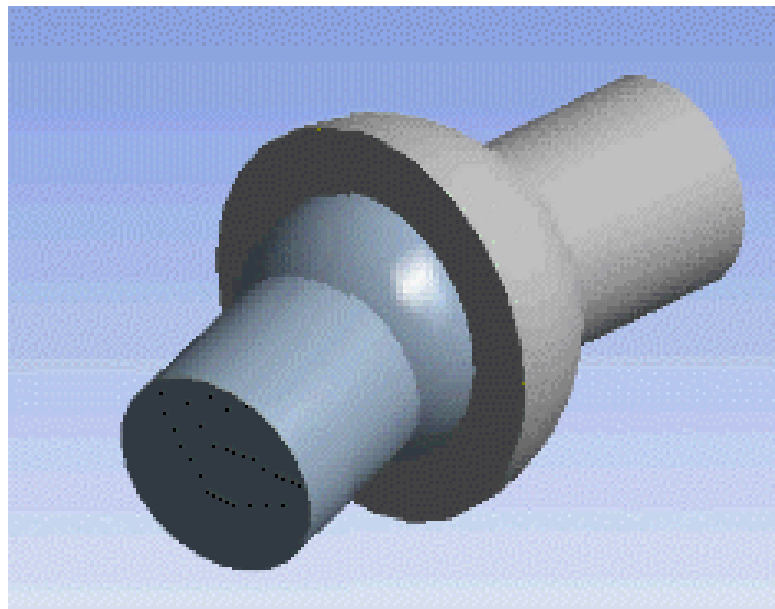


Рис. 9

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

7) Сферичний шарнір, упорна вальниця, підп'ятник



Напрямок реакції у просторі може бути довільним залежно від активних сил. Під час розв'язку задач її зображають у вигляді трьох складників: R_x , R_y , R_z ;

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

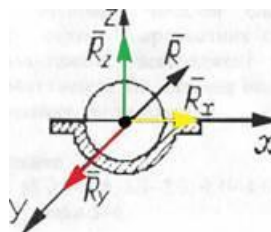


Рис. 10

8) Жорстке закріплення у випадку дії на тіло плоскої системи сил. Реактивні сили можна зобразити у вигляді опорної реакції $R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2}$ та реактивного моменту M_A .

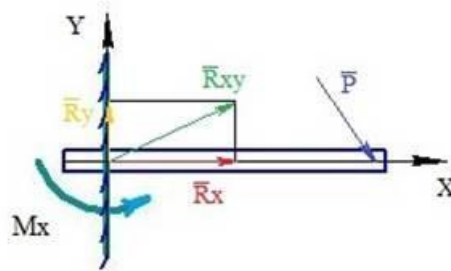


Рис. 11

До в'язей застосовують такі аксіоми.

1. Аксіома про звільнення від в'язей

Механічний стан системи не зміниться, якщо звільнити її від в'язі, приклавши водночас до точок системи сили, рівні реакції в'язі.

2. Аксіома про накладання нових в'язей

Якщо матеріальна система перебуває у рівновазі, то рівновага її не порушиться у разі накладання на неї нових в'язей.