Тема 1.2.4. Плоскопаралельний рух твердого тіла

1. Плоскопаралельний рух твердого тіла
2. Розкладання плоскопаралельного руху на поступальний та обертальний
3. Швидкості точок плоскої фігури
4. Поняття про миттєвий центр швидкостей

1.Плоскопаралельний рух твердого тіла

Плоскопаралельним рухом твердого тіла називають такий рух, в якому всі точки тіла переміщуються в площинах, паралельних якійсь площині, яку називають основною.Прикладами плоскопаралельного руху можуть бути рух колеса на прямолінійній ділянці шляху, рух гонка корбово-повзункового механізму.

З означення плоскопаралельного руху випливає, що будь-яка пряма АВ, проведена в тілі перпендикулярно до основної площини, рухається поступально.

2. Розкладання плоскопаралельного руху на поступальний та обертальний

Вивчення плоскопаралельного руху зводиться до вивчення руху плоскої фігури S в її площині Q (рис.1). Цей рух можна розкласти на два: поступальний разом з полюсом, обертальний навколо полюса.

Рух відносно нерухомої системи координат називають *абсолютним*. Рух відносно рухомої системи координат називають *відносним*. Рух рухомої системи координат відносно нерухомої називають *переносним*. Абсолютний рух точки складний, він охоплює відносний і переносний рухи.

Полюсом називається довільна точка, зв’язана з рухомою фігурою і яка приймається за центр повороту. За полюс можна вибрати будь-яку точку плоскої фігури.

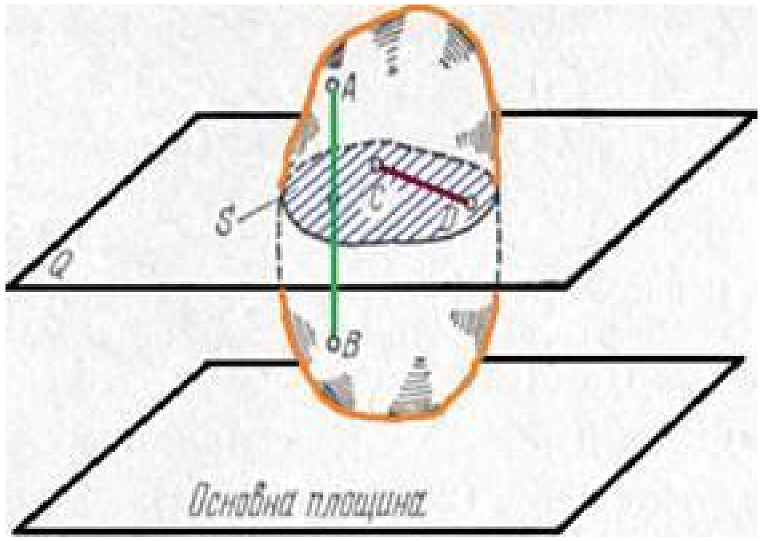


Рис. 1

Обертальний рух навколо полюса не залежить від вибору полюса, поступальний рух залежить від вибору полюса.

Кутова швидкість ω і кутове прискорення ε плоскої фігури також не залежать від вибору полюса і є за плоскопаралельного руху твердого тіла спільною кінематичною характеристикою всіх точок тіла. Кутову швидкість у плоскопаралельному русі називають *миттєвою кутовою швидкістю*, а кутове прискорення – *миттєвим кутовим прискоренням.*

3.Швидкості точок плоскої фігури

За полюс можна прийняти деяку точку А фігури (рис.2). Тоді швидкість будь-якої іншої точки В цієї фігури згідно з теоремою про додавання швидкостей складатиметься із швидкості V_A точки А (за поступального руху швидкості всіх точок тіла однакові) і швидкості обертального руху V_{BA} точки В навколо точки А, тобто:

$$\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}\ .$$

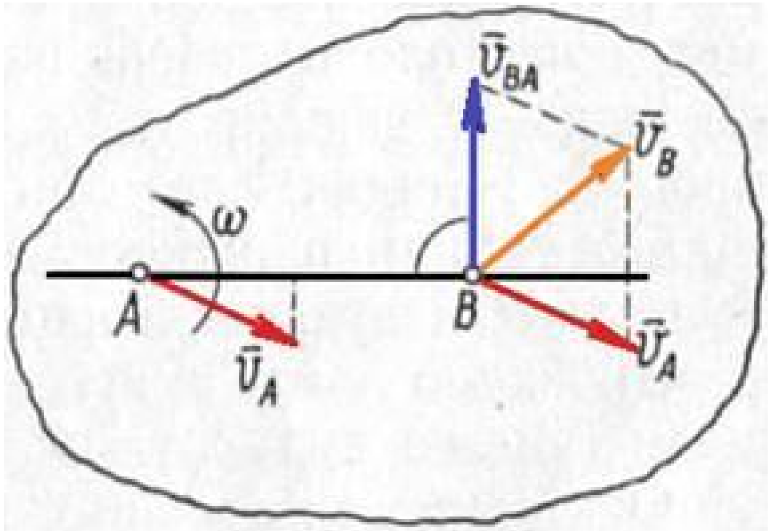


Рис. 2

Вектор V_{BA} спрямований перпендикулярно до радіуса обертання АВ у бік обертання, а за модулем:

$$V_{BA} = \omega \cdot AB,$$

де ω – кутова швидкість обертального руху плоскої фігури.

Теорема про швидкості точок плоскої фігури: ***швидкість будь-якої точки плоскої фігури дорівнює геометричній сумі швидкості полюса і обертальної швидкості цієї точки навколо полюса.***

Важливе значення має теорема про проекції швидкостей двох точок плоскої фігури на пряму, що з'єднує ці точки: ***проекції швидкостей двох точок плоскої фігури на пряму, що з'єднує ці точки, рівні між собою***.

4.Поняття про миттєвий центр швидкостей

Простим методом визначення швидкостей точок за плоскопаралельного руху тіла є метод миттєвих центрів швидкостей (м. ц. ш.).

М. ц. ш. називають зв’язану з плоскою фігурою точку, швидкість якої в певний момент часу дорівнює нулю.

1) швидкість миттєвого центра дорівнює нулю;

2) миттєвий центр лежить на перпендикулярі, опущеному з точки на напрямок її швидкості;

3) швидкість точки дорівнює добутку миттєвої кутової швидкості на відстань точки від миттєвого центра швидкостей (рис. 3):

$$V_A = \omega \cdot OA \,.$$

На підставі цих властивостей можна встановити такі п'ять способів визначення положення миттєвого центра швидкостей плоскої фігури.

1. Відомі миттєва кутова швидкість ω і швидкість V_A якоїсь точки А

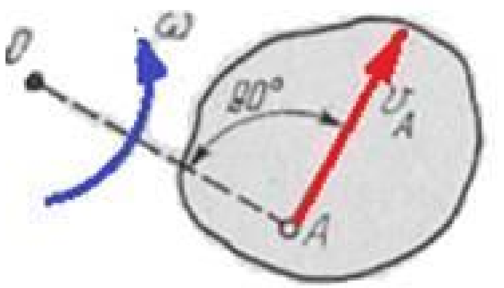


Рис. 3

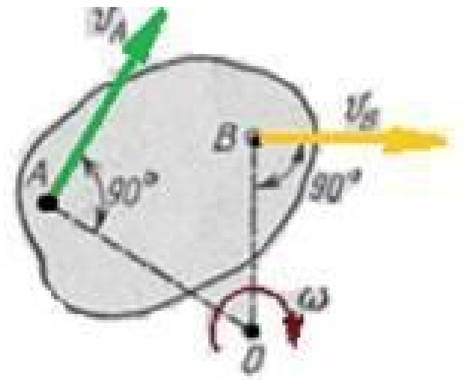


Рис. 4

плоскої фігури (рис. 3). У такому випадку миттєвий центр швидкостей О міститься на перпендикулярі, опущеному з точки А на вектор швидкості V_A на відстані:

$$OA = \frac{V_A}{\omega}.$$

2. Відомі напрями швидкостей двох точок А і В плоскої фігури (рис.4).

Тоді миттєвий центр О лежить на перетині перпендикулярів, опущених з точок А і В на напрямку їх швидкостей, до того ж:

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{\omega \cdot OA}{\omega \cdot OB} = \frac{OA}{OB},$$

тобто швидкості точок плоскої фігури прямо пропорційні їх відстані від миттєвого центра швидкостей.

3. Відомо, що швидкості двох точок А і В плоскої фігури паралельні між собою, однаково спрямовані і перпендикулярні до відрізка АВ, але різні за модулем (рис. 5). Тоді миттєвий центр швидкостей О лежить у точці перетину прямої, яка сполучає початки векторів V_A і V_B з прямою, яка сполучає кінці цих векторів. Якщо вектори швидкостей точок А і В між собою рівні, то миттєвий центр швидкостей у певний момент лежить у нескінченності, миттєва кутова

швидкість дорівнює нулю, швидкості всіх точок плоскої фігури будуть однакові і тому рух буде миттєво поступальним.

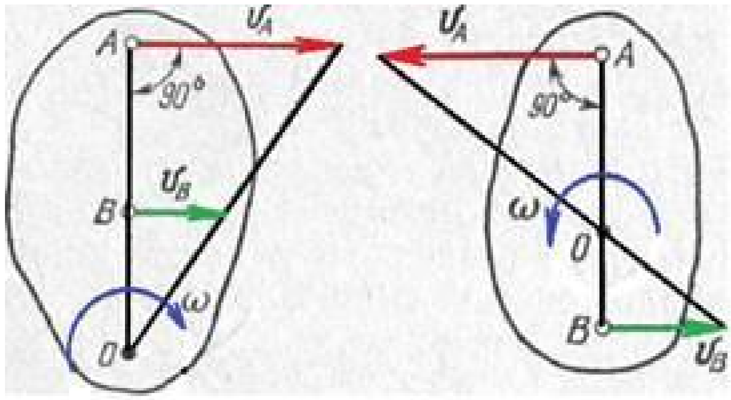


Рис. 5 Рис. 6

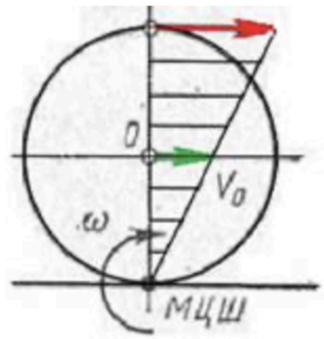
4.Відомо, що швидкості точок A і B плоскої фігури паралельні між собою, мають протилежні напрямки і перпендикулярні до відрізка AB (рис.6). У цьому випадку миттєвий центр швидкостей O міститься у точці перетину відрізка AB з прямою, яка сполучає кінці векторів V_Aі V_B.

5.Відомо, що плоска фігура котиться без проковзування за нерухомою кривою. Тоді миттєвий центр швидкостей O лежить у точці дотику фігури і кривої, оскільки швидкість цієї точки фігури в певний момент дорівнює нулю.

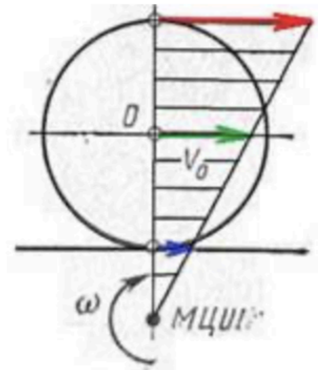
Насамкінець розглянемо кочення колеса за прямолінійною рейкою за різних умов тертя. На рис.7 показано положення миттєвого центра швидкостей і графіки швидкостей точок вертикального діаметра для випадку тертя ковзання, тертя кочення, тертя кочення з проковзуванням, часткового і повного буксування колеса.

Ковзання

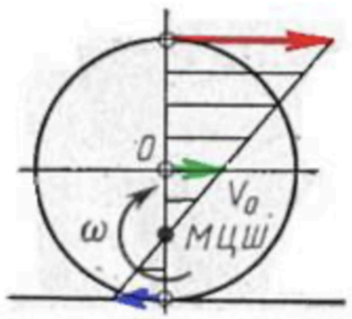
Кочення



Кочення з проковзуванням



Часткове буксування



Повне буксування