

УДК 621.01

**ДО ПИТАННЯ КІНЕМАТИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ
РОБОЧОГО МАСИВУ ДЕТАЛЕЙ ГАЛТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ**

Кошель О.С., аспірант

Київський національний університет технологій та дизайну

Панасюк І.В., д-р. техн. наук, професор

Київський національний університет технологій та дизайну

Кошель С.О., канд. техн. наук, доцент

Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: машина для обробки деталей, змішування, кінематичні дослідження, кінематичний аналіз, складний рух.

Проведення кінематичних досліджень механізмів [1] з урахуванням специфіки галузі виробництва їх застосування [2], зокрема, механічних систем з двома [3] та більше [4, 5] ведучими валами є необхідними умовами для проєктування нових або удосконалення вже існуючих машин.

Розглянемо точку М, яка знаходиться в певному положенні робочого масиву деталей ємності циліндричної форми галтувальної машини (рис. 1).

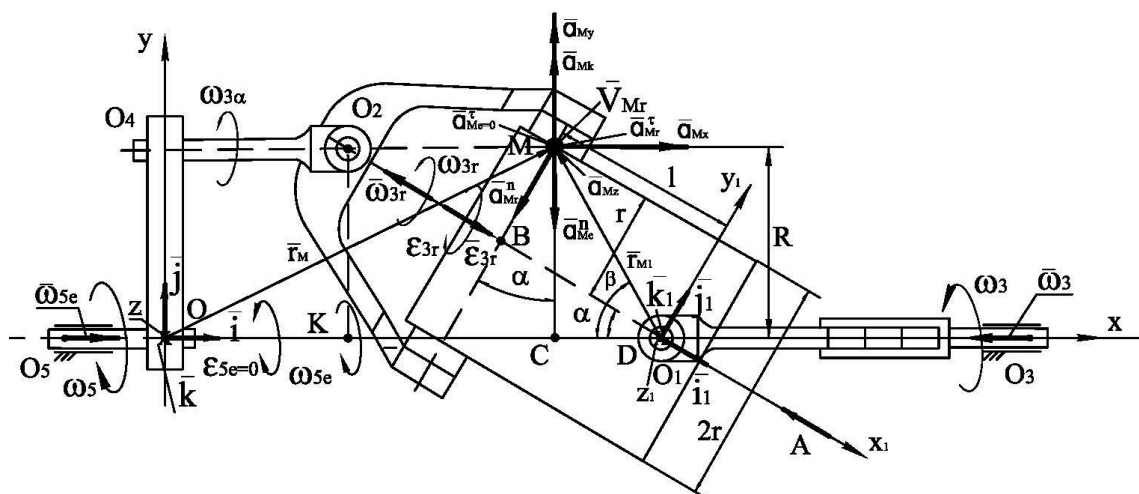


Рисунок 1 - Розрахункова схема до кінематичного дослідження руху робочого масиву деталей галтувальної машини

Робоча ємність машини з двома приводними валами має складний просторовий рух, а точка М одночасно приймає участь в двох простих кінематичних рухах: обертовому відносному русі разом з робочою ємністю відносно рухомої системи координат $O_1z_1y_1x_1$ навколо геометричної осі робочої ємності циліндричної форми та обертовому переносному русі разом з рухомою системою координат $O_1z_1y_1x_1$ відносно горизонтальної осі Ox нерухомої системи координат $Ozyx$.

Положення точки М відносно рухомої системи координат $O_1z_1y_1x_1$ визначається радіус-вектором \vec{r}_{M1} , а відносно нерухомої системи координат $Ozyx$ - \vec{r}_M , тому у векторному вигляді абсолютну лінійну її швидкість визначаємо з рівняння:

$$\vec{V}_{Ma} = \vec{\omega}_{3r} \times \vec{r}_{M1} + \vec{\omega}_{5e} \times \vec{r}_M,$$

де \vec{r}_{M1} , \vec{r}_M – радіус – вектор точки М, відповідно, у відносному та переносному русі, м;

$\vec{\omega}_{3r}$, $\vec{\omega}_{5e}$ – вектор кутової швидкості, відповідно, відносного та переносного руху, с⁻¹.

Складаємо систему векторних рівнянь для визначення абсолютного лінійного прискорення точки М робочого масиву деталей ємності:

$$\begin{aligned} \vec{a}_{Ma} &= \frac{d\vec{V}_{Ma}}{dt} = \frac{d}{dt}(\vec{\omega}_{3r} \times \vec{r}_{M1} + \vec{\omega}_{5e} \times \vec{r}_M) = \\ &= \frac{d\vec{\omega}_{3r}}{dt} \times \vec{r}_{M1} + \vec{\omega}_{3r} \times \frac{d\vec{r}_{M1}}{dt} + \frac{d\vec{\omega}_{5e}}{dt} \times \vec{r}_M + \vec{\omega}_{5e} \times \frac{d\vec{r}_M}{dt}; \\ \vec{a}_{Ma} &= \frac{d\vec{\omega}_{3r}}{dt} \times \vec{r}_{M1} + \frac{d\vec{\omega}_{5e}}{dt} \times \vec{r}_M + (\vec{\omega}_{3r} \times \frac{d\vec{r}_{M1}}{dt} + \vec{\omega}_{5e} \times \frac{d\vec{r}_M}{dt}), \\ \vec{a}_{Mr} &= \frac{d\vec{\omega}_{3r}}{dt} \times \vec{r}_{M1}, \quad \vec{a}_{Me} = \frac{d\vec{\omega}_{5e}}{dt} \times \vec{r}_M, \quad \vec{a}_{Mk} = \vec{\omega}_{3r} \times \frac{d\vec{r}_{M1}}{dt} + \vec{\omega}_{5e} \times \frac{d\vec{r}_M}{dt}. \end{aligned}$$

З вище наведених рівнянь та з урахуванням криволінійних траєкторій відносного та переносного рухів точки М робочого масиву маємо рівняння, які дозволяють виконати розрахунок абсолютного прискорення точки М у векторному вигляді:

$$\vec{a}_{Ma} = \vec{a}_{Mr}^n + \vec{a}_{Mr}^\tau + \vec{a}_{Me}^n + \vec{a}_{Me}^\tau + \vec{a}_{Mk},$$

де $\vec{a}_{Mr}^\tau, \vec{a}_{Mr}^n$ – відповідно, тангенціальна та нормальна векторні складові абсолютного прискорення точки М у відносному русі, м/с²;

$\vec{a}_{Me}^\tau, \vec{a}_{Me}^n$ – відповідно, тангенціальна та нормальна векторні складові абсолютного прискорення точки М у переносному русі, м/с²;

\vec{a}_{Mk} – векторна складова Коріоліса абсолютного прискорення точки М при її складному русі та умові криволінійного вигляду переносної траєкторії точки, м/с².

Вектор прискорення точки \vec{a}_{Ma} у координатному вигляді:

$$\vec{a}_{Ma} = (\vec{a}_{Ma})_x \cdot \vec{i} + (\vec{a}_{Ma})_y \cdot \vec{j} + (\vec{a}_{Ma})_z \cdot \vec{k};$$

$$(\vec{a}_{Ma})_x = -a_{Mr}^n \cdot \sin \alpha;$$

$$(\vec{a}_{Ma})_y = -a_{Mr}^n \cdot \cos \alpha - a_{Me}^n \pm a_{Mk};$$

$$(\vec{a}_{Ma})_z = \pm a_{Mr}^\tau \pm a_{Me}^\tau,$$

де $(\vec{a}_{Ma})_x$, $(\vec{a}_{Ma})_y$, $(\vec{a}_{Ma})_z$ – проєкції вектора прискорення точки М на відповідні осі системи координат, м/с²;

\vec{i} , \vec{j} , \vec{k} – одиничні орти осей координат.

Остаточно рівняння для визначення абсолютного лінійного прискорення точки М за величиною має вигляд:

$$a_{Ma} = \sqrt{(\vec{a}_{Ma})_x^2 + (\vec{a}_{Ma})_y^2 + (\vec{a}_{Ma})_z^2}.$$

Напрямок вектора абсолютного прискорення точки М масиву деталей розраховуємо з алгебраїчних рівнянь:

$$\cos(\vec{a}_{Ma}; \vec{i}) = \frac{(\vec{a}_{Ma})_x}{a_{Ma}} = \frac{-a_{Mr}^n \cdot \sin \alpha}{a_{Ma}};$$

$$\cos(\vec{a}_{Ma}; \vec{j}) = \frac{(\vec{a}_{Ma})_y}{a_{Ma}} = \frac{-a_{Mr}^n \cdot \cos \alpha - a_{Me}^n \pm a_{Mk}}{a_{Ma}};$$

$$\cos(\vec{a}_{Ma}; \vec{k}) = \frac{(\vec{a}_{Ma})_z}{a_{Ma}} = \frac{\pm a_{Mr}^r \pm a_{Me}^r}{a_{Ma}}.$$

Висновки. У роботі у векторному та аналітичному виглядах визначено абсолютні швидкість та прискорення точки робочого масиву деталей, який має складний рух. Отримані результати кінематичного дослідження буде ураховано для дослідження та аналізу режимів руху робочого масиву деталей у ємності галтувальної машини.

Список використаних джерел

1. Bai, S. Kinematics of computationally efficient mechanisms// Mechanism and Machine Theory. 2024. № 203.
2. Koshel, S., Dvorzhak, V., Koshel, H., Zalyubovskiy, M., Panasyuk, I. Analysis of the third class mechanism using the modeling method in the Mathcad software environment // Natsionalnyi Hirnychyi University. Naukovyivisnyk. 2024. № 5. S. 51-58.
3. Jiang, J., Wu, D, He, T., Zhang, Y., Li, C., Sun, H. Kinematic analysis and energy saving optimization design of parallel lifting mechanism for stereoscopic parking robot // Energy Reports. 2022. № 8. 2163-2178.
4. Simas, H., Simoni, R., Martins, D. Design and analysis of a self-aligning parallel mechanism with asymmetrical kinematic structure // Meccanica. 2017. № 52. 2991-3002.
5. Campa, F., Diez, M., Corral, J., Macho, E., Herrero, S., Pinto, C. Mechatronic design of a 3 degrees of freedom parallel kinematics manipulator with integrated force plate for human balance evaluation and rehabilitation. // Mechatronics. 2024. № 105.