

КІНЕМАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ГРАФІЧНИМ МЕТОДОМ ПЛОСКОГО КРИВОШИПНО-ПОВЗУННОГО МЕХАНІЗМУ

Мета роботи: *набути практичних навичок кінематичного дослідження плоских механізмів методом діаграм.*

1 ВКАЗІВКИ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1.1. Завдання з самостійної підготовки до роботи

Студент має знати мету та методи кінематичного аналізу механізмів; у чому полягає і на яких положеннях математичного аналізу базується графічний метод кінематичного аналізу. Треба знати механічний і геометричний сенси похідної.

1.2 Рекомендована література

- 1 И.И.Артоболевский. Теория механизмов и машин. М., «Наука», 1965 , с.195...199.
- 2 Теория механизмов и машин. Под ред. К.В.Фролова, М., «Высшая школа», 1987, с.109...118.
- 3 Конспект лекцій.

2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1 Програма роботи

Для моделі кривошипно-повзунного скласти кінематичну схему; експериментально визначити і побудувати графік переміщення вихідної ланки (повзуна) в залежності від кута повороту ведучої ланки (кривошипа); застосував метод хорд графічного диференціювання побудувати діаграми швидкості і прискорення вихідної ланки.

2.2 Стислі теоретичні відомості

2.2.1 Задачі та методи кінематичного аналізу

Задачами кінематичного дослідження механізмів є визначення:

- положень і переміщень ланок та траєкторій руху окремих їх точок;
- швидкостей ланок та окремих їх точок;
- прискорень ланок та окремих їх точок.

Визначення траєкторій точок ланок допомагає уявити картину взаємного положення ланок під час руху і намітити контур корпусу механізму,

що особливо важливо при переміщенні ланок усередині його, коли існує небезпека співудару ланок; для раціонального підбору розмірів ланок, встановлення відповідності рухів робочих ланок машини правильній послідовності технологічного процесу і тощо.

Знання швидкостей ланок та окремих їх точок дозволяє визначити потужність, дію сил та кінетичну енергію, приведену масу для розрахунку маховика (наприклад, від швидкості різцетримача стругального верстата залежить стійкість різального інструменту, продуктивність верстату).

Прискорення ланок та окремих їх точок використовують при визначенні сил інерції, які у швидкохідних машинах в десятки, навіть сотні разів перевищують силу ваги самих ланок. Це треба враховувати під час проектування та експлуатації машин.

Графічний метод кінематичного дослідження (полягає у побудові кінематичних діаграм – графіків переміщень, швидкостей та прискорень будь-якої ланки механізму чи окремої її точки у функції часу або переміщення ведучої ланки) характеризується наочністю і відносною простотою, але не забезпечує необхідну точність і дають змогу дослідження тільки окремої точки ланки, а не всього механізму в цілому.

Припущення при проведенні кінематичного аналізу механізму:

- ланки механізму – абсолютно жорсткі, тобто розміри ланок під час руху залишаються незмінними;
- зв'язки між ланками ідеальні, тобто у кінематичних парах відсутні зазори;
- кутова швидкість ведучої ланки – стала, тобто $\omega_1 = \text{const}$ і дорівнює проектованій середній кутовій швидкості.

Більшість механізмів і машин мають періодичний рух. Під періодом (циклом) руху розуміють проміжок часу, після закінчення якого механізм повертається у початкове положення, а його кінематичні параметри набувають початкового значення. Звідси випливає, що для кінематичного дослідження достатньо одного періоду роботи механізму. Для більшості механізмів період руху визначається одним обертом ведучої ланки - кривошипу.

2.2.2.1 Теоретичне обґрунтування графічного методу кінематичного аналізу

Під час дослідження різних механізмів часто недостатньо знайти тільки форму шляху – траєкторію руху точки; треба ще знати характер зміни величини пройденого шляху залежно від часу або кута повороту кривошипа (графік шляху не слід змішувати з траєкторією. Наприклад, точка рухається по траєкторії, яка являє собою коло, а графік шляху є парабола). Для цього будують діаграми лінійних переміщень $S=S(t)$, якщо ланка здійснює

поступальний рух (або діаграми кутових переміщень $\varphi=\varphi(t)$, якщо ланка здійснює обертальний рух).

Маючи один з графіків можна одержати два інших шляхом графічного диференціювання або інтегрування, бо між переміщенням, швидкістю і прискоренням існують залежності:

$$V = \frac{ds}{dt}, \quad a = \frac{dV}{dt} \quad - \text{ для поступального руху}$$

$$(\text{ або } \omega = \frac{d\varphi}{dt}, \quad \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} \quad - \text{ для обертового руху}).$$

$$\frac{dS}{dt} = \operatorname{tg} \alpha, \quad \frac{dV}{dt} = \operatorname{tg} \beta,$$

де α, β – відповідно кути нахилу дотичної до кривої в даній точці функцій $S=S(t)$ і $V_B=V_B(t)$ (геометрична інтерпретація першої похідної).

При графічному диференціюванні застосовують *метод хорд* (січних). Він ґрунтується на відомій теоремі про скінчений приріст функції: якщо функція, що задана графічно, та її похідна неперервні в будь-якому інтервалі, то хорда, яка стягує цю дугу на цьому інтервалі, паралельна дотичній до кривої, при наймі в одній точці, що належить кривій в середині цього інтервалу. Зменшуючи інтервал, можна досягти того, що дотична і хорда зіллються. Отже, чим менший інтервал, тим точніше буде виконано диференціювання.

Масштаби кінематичних діаграм визначаються по формулам:

- масштаб часу $\mu_t = \frac{2\pi}{\omega_1 \cdot L}, \frac{с}{мм}$;
- масштаб переміщення $\mu_s = \frac{S_{\max}}{y_{\max}}, \frac{м}{мм}$;
- масштаб швидкості $\mu_v = \frac{\mu_s}{H_1 \cdot \mu_t}, \frac{м/с}{мм}$;
- масштаб прискорення $\mu_a = \frac{\mu_v}{H_2 \cdot \mu_t}, \frac{м/с^2}{мм}$,

де L (мм) – відрізок по осі абсцис, що зображує період одного оберту кривошипу;

y_{\max} – відрізок на графіку, що зображує максимальну відстань вихідної ланки від її початкового положення;

H_1, H_2 (мм) - відповідно полюсні відстані диференціювання графіків швидкостей і прискорень.

Правильність побудови графіків легко контролюється за характером кривої:

- початкова і кінцева точки ординат графіку за період циклу механізму має

бути однакові;

- проти точок перетину на діаграмі $[S,t]$ швидкість досягає \max або \min , а прискорення дорівнює нулеві;
- проти точок на діаграмі $[V,t]$ прискорення досягає \max або \min .

Приклад графічного методу кінематичного аналізу:

Розглянемо метод хорд графічного диференціювання на прикладі кривошипно-повзунного механізму (рис.1), період оберту кривошипа розглянемо у 8-ох положеннях.

Спочатку побудуємо графік переміщення повзуна як функцію часу $S_B=S_B(t)$, а потім графічним диференціюванням дістанемо графіки його швидкості $V_B=V_B(t)$ і прискорення $a_B=a_B(t)$.

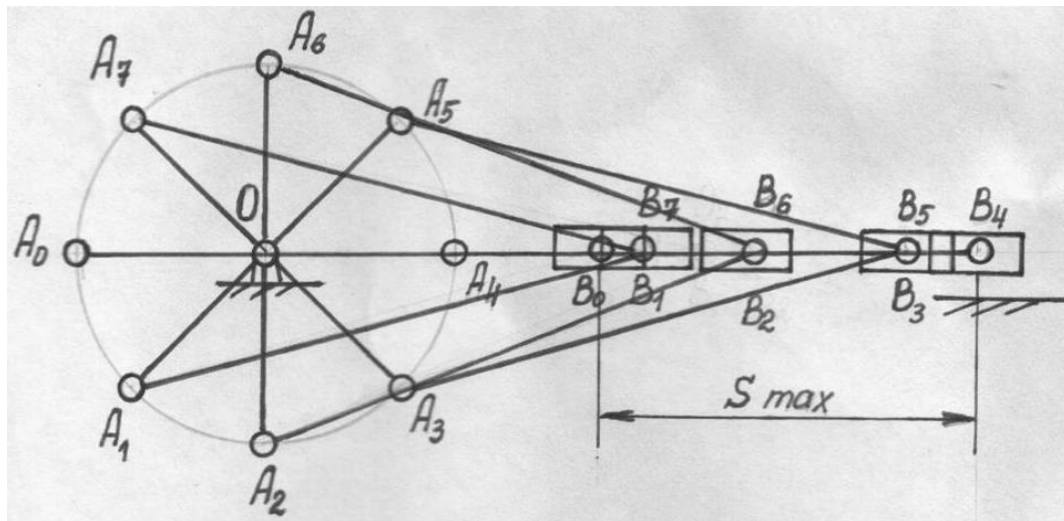


Рис.1. Кривошипно-повзунний механізм (в масштабі μ_L).

Кінематичні діаграми будуємо на одній базі по осі абсцис (рис.2). Для побудови діаграм, на осі абсцис відкладемо відрізок L , мм, що в масштабі μ_t буде часом періоду руху (одного повного оберту) кривошипа, який поділимо на 8 рівних частин (на таку кількість відрізків, на яку розбита траєкторія точки A кривошипа); в точках поділу креслимо вздовж осі ординат тонкі лінії.

Побудова діаграми переміщення повзуна $S_B=S_B(t)$ (рис.2.а): відкладаємо на відповідних ординатах переміщення точки B повзуна від крайнього його положення B_0 . Масштаб графіка шляху μ_s можна взяти таким, що дорівнює масштабові планів положень механізму μ_L . Якщо графік займає багато місця за висотою, то ординати його треба зменшити, а масштаб відповідно збільшити. Сполучивши точки плавною кривою, дістанемо діаграму пройдених шляхів $S_B=S_B(t)$.

Побудова діаграми швидкості повзуна $V_B=V_B(t)$ (рис.2.б): диференціювання виконується в такому порядку. На проміжках графіку переміщень $S_B= S_B(t)$ замінюємо криву відрізками прямих (хордами). Обираємо на продовженні осі абсцис (часу t) ліворуч від осі ординат графіка швидкості $V_B=V_B(t)$ довільний відрізок H_1 (полюсну відстань, 15-50 мм).

Із точки H_1 проведемо промені, паралельні відповідним хордам графіка $S_B= S_B(t)$ до перетину з віссю ординат. Через точки, що дістали, проведемо лінії, паралельні осі абсцис до середини відповідних інтервалів графіка швидкості $V_B=V_B(t)$. Згідно з формулою ці відрізки зображують швидкості повзуна в середині цих інтервалів у певному масштабі μ_v (січна паралельна дотичній в середині інтервалу). З'єднаємо плавною кривою отримані точки (ординати цих відрізків у середині інтервалів) і дістанемо діаграму швидкості повзуна.

Побудова діаграми прискорення повзуна $a_B=a_B(t)$ (рис.2.в): графік прискорень повзуна будується аналогічно побудові діаграми швидкості повзуна. Поліусну відстань H_2 можна взяти такою, що дорівнює H_1 .

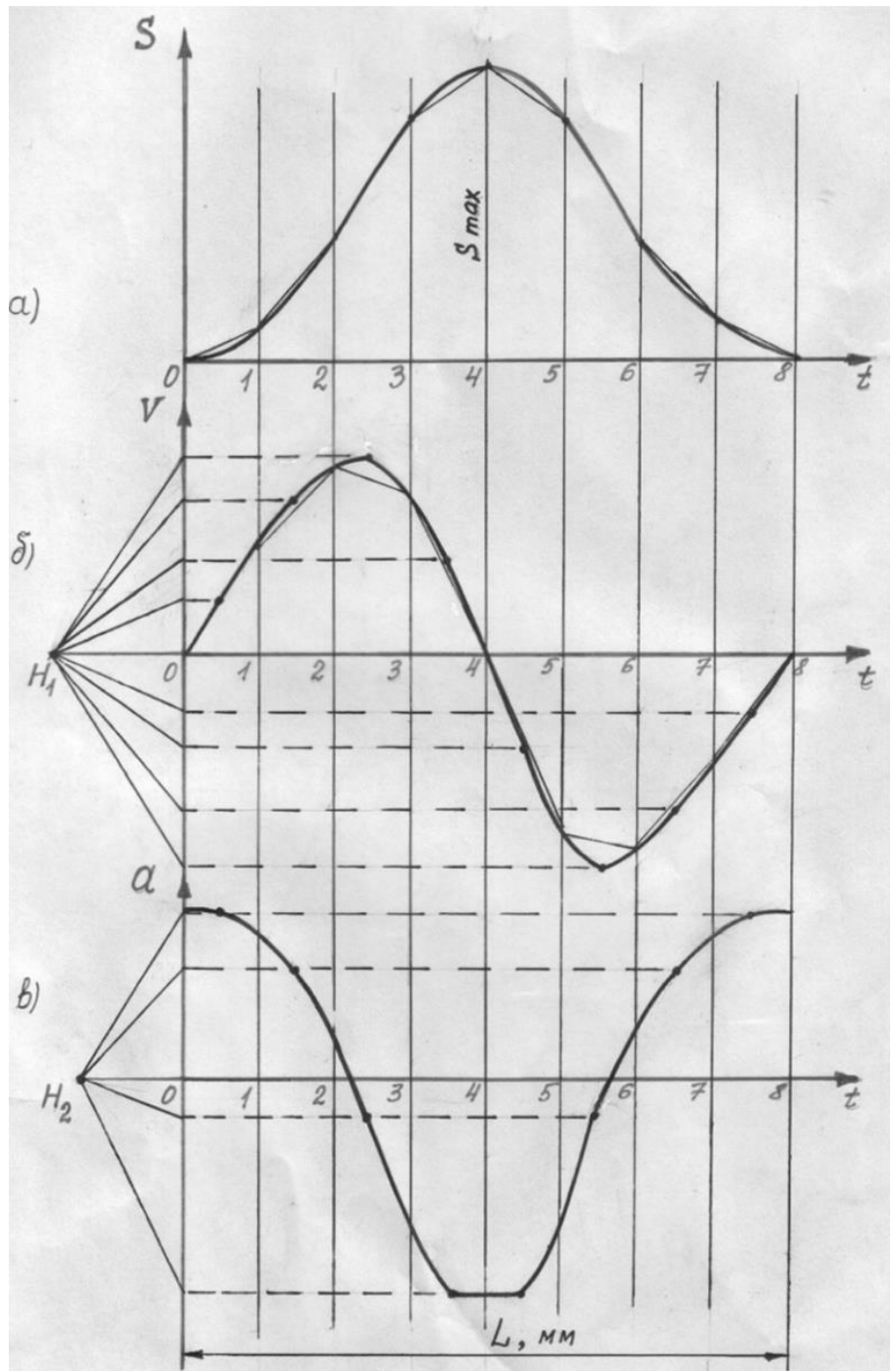


Рис.2. Кінематичні діаграми руху повзуна



2.3 Оснащення робочого місця

Модель кривошипно-повзунного механізму, лінійка, олівець, лекало.

2.3.1 Опис установки

Установка складається з моделі плоского кривошипно-повзунного механізму. Поза ведучої ланки закріплено транспортер з поділками через 30^0 . Стрілки на повзуні і лінійка з поділками на напрямній вихідної ланки (повзуна) дає змогу безпосередньо відлучувати її шляхи, що відповідають будь-якому положенню кривошипа.

2.4 Рекомендації щодо виконання роботи й оформлення звіту

2.4.1 Порядок виконання роботи

- 1 Ознайомитися з будовою механізму і накреслити його схему.
 - 4 Поставити ведучу ланку моделі механізму у верхнє положення, яке обирається за початкове. Повертаючи ведучу ланку механізму від її початкового положення, робити заміри по шкалі лінійки шляху веденої ланки через кожні 30^0 оберту кривошипу (у 12-ох положеннях). Заміряні відстані занести в таблицю 1 (див. форму звіту).
 - 5 На окремому аркуші міліметровці побудувати графік шляху повзуна $s=s(t)$, використовуючи дані табл.1.4
 - 6 Побудувати методом хорд графічного диференціювання криві $v=v(t)$ і $a=a(t)$
(дивись послідовність виконання графічного диференціювання методом хорд на стр.25). При цьому кутову швидкість ведучої ланки вважати сталою $\omega_1=45\text{ c}^{-1}$.
- 5 Обчислити масштаби графіків (див. формули на стр.23).

2.4.2 Зміст звіту

Лабораторна робота № 4

Тема: Кінематичне дослідження плоского важільного механізму

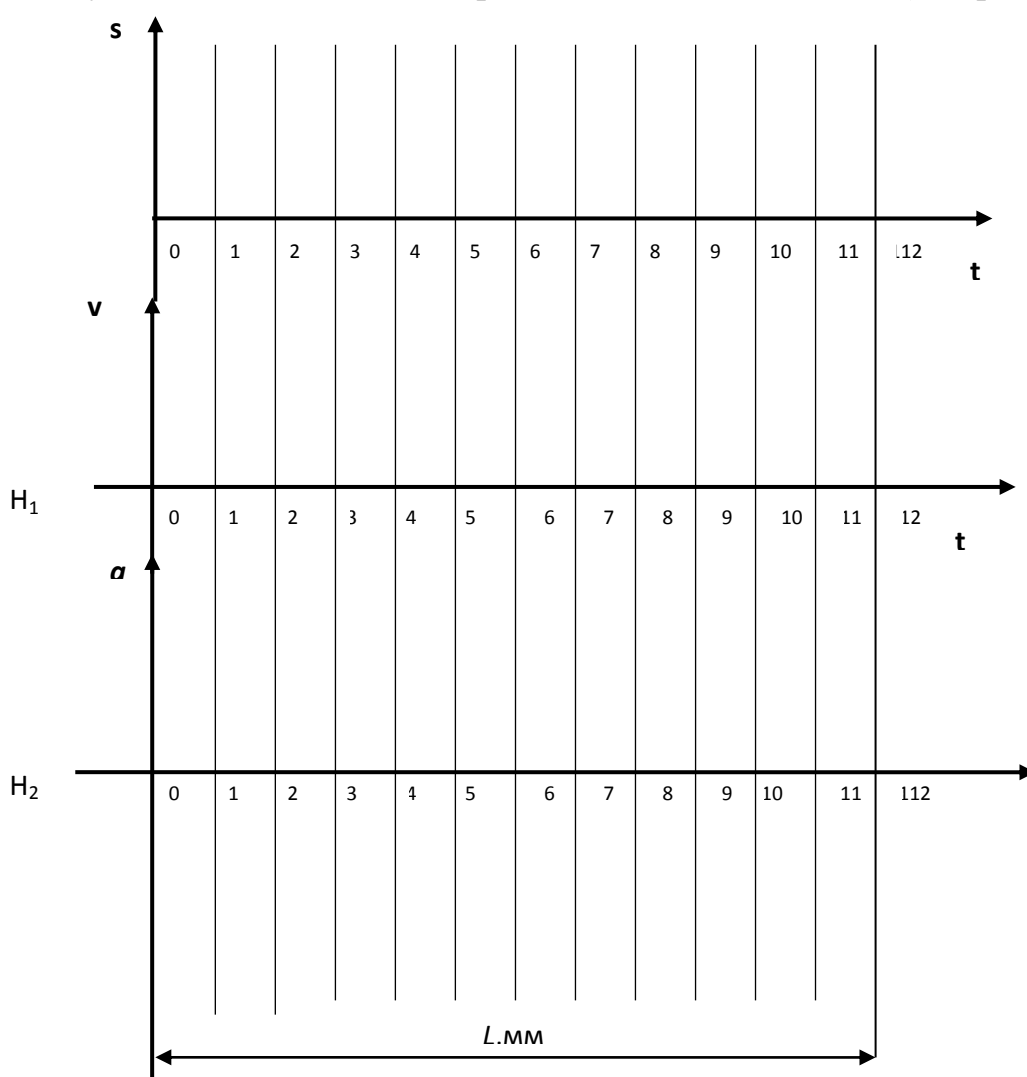
Мета роботи:

- 1 Схема механізму:

2 Значення переміщення повзуна від початкового положення.

№ положення механізму	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кут оберту кривошипу φ , град.	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Переміщення повзуна (фактичне) S , мм												
Ордината графіка переміщення (в обраному масштабі) y , мм												

3 Побудова кінематичних діаграм $s=s(t)$, $v=v(t)$ і $a=a(t)$ (див.рис.2).



4 Визначення масштабів кінематичних діаграм μ_s , μ_t , μ_v , μ_a :

- масштаб часу $\mu_t = \frac{2\pi}{\omega_1 \cdot L}, \frac{с}{мм}$;
- масштаб переміщення $\mu_s = \frac{S_{max}}{y_{max}}, \frac{М}{мм}$;

- масштаб швидкості $\mu_v = \frac{\mu_s}{H_1 \cdot \mu_t}, \frac{\text{м / с}}{\text{мм}} ;$
- масштаб прискорення $\mu_a = \frac{\mu_v}{H_2 \cdot \mu_t}, \frac{\text{м / с}^2}{\text{мм}} .$

Висновок: досліджено рух вихідної ланки кривошипно-повзунного механізму графічним методом: побудовані кінематичні діаграми повзуна з застосуванням методу хорд графічного диференціювання.

Роботу виконав _____

Роботу прийняв _____ Дата виконання _____

1.5 Питання для самоконтролю

- 1 У чому полягає графічний метод кінематичного аналізу механізмів?
- 2 Які переваги і недоліки має графічний метод перед іншими методами кінематичного аналізу механізмів?
- 3 Що називають циклом руху механізму?
- 4 Що таке кінематичні діаграми?
- 5 Які вихідні дані необхідні для кінематичного дослідження механізмів?
- 6 На яких положеннях математичного аналізу базується графічний метод кінематичного аналізу?
- 7 Які методи графічного диференціювання Вам відомі?
- 8 На якій теоремі ґрунтується метод хорд графічного диференціювання?
- 9 Чи одне й теж графік шляху і траєкторія руху точки ланки?
- 10 Рух якої ланки механізму досліджується найчастіше, чому?
- 11 Поясніть взаємозв'язок між поведінкою кривих $S(t)$, $V(t)$, $a(t)$ у характерних їх точках?