



**Міністерство освіти і науки
України**

**ДЕРЖАВНИЙ
БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет мехатроніки та інжинірингу

**Кафедра надійності та міцності машин і споруд
імені В.Я. Аніловича**

ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ ТА МАШИН

МЕХАНІЗМ КОНВЕЄРА

Структурний аналіз механізму

**Методичні вказівки
до виконання практичних робіт**

**для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальностей
133 Галузеве машинобудування, 131 Прикладна механіка,
208 Агроінженерія, 274 Автомобільний транспорт**

**Харків
2022**

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет мехатроніки та інжинірингу

Кафедра надійності та міцності машин і споруд імені
В.Я. Аніловича

ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ ТА МАШИН

МЕХАНІЗМ КОНВЕЄРА

Побудова планів положень механізму

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної та заочної форм навчання зі спеціальностей 133
Галузеве машинобудування, 131 Прикладна механіка,
208 Агроінженерія, 274 Автомобільний транспорт

Затверджено рішенням
Методичної ради
ФМІ ДБТУ
Протокол № 5
від 20.01.2022 р.

Харків
2022

УДК 621.01

Схвалено на засіданні кафедри надійності та міцності машин і споруд імені В.Я. Аніловича
протокол № 5 від 19 січня 2022 р.

Теорія механізмів та машин. Механізм конвеєра. Побудова планів положень механізму: методичні вказівки до виконання практичних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування, 131 Прикладна механіка, 208 Агроінженерія, 274 Автомобільний транспорт. Харків. ДБТУ; уклад.: М.В. Сліпченко, С.М. Скофенко, О.М. Шукаєва. – Харків: [б. в.], 2022. – 19 с.

Методичні вказівки призначенні для набуття практичних навичок проектування механізмів і машин.

Розраховані методичні вказівки на студентів вищих навчальних закладів технічних спеціальностей.

Рецензенти:

О. І. Завгородній, д-р техн. наук, проф., проф.. фізики та вищої математики Державного біотехнологічного університету.

О. І. Алфьоров, д-р техн. наук, доц., проф. кафедри надійності та міцності машин і споруд імені В.Я. Аніловича

Відповідальний за випуск: М. В. Сліпченко, к.т.н., доцент, зав.каф.

© Сліпченко М.В., Скофенко С.М., Шукаєва О.М., 2022

© ДБТУ, 2022

1.1. Оформлення графічної частини розрахунково-графічної роботи

1. Графічну частину виконують на аркушах формату А1 (841 × 694 мм).

2. Розрахунково-графічна робота виконується олівцем на аркушах креслярського паперу або за допомогою комп'ютера з зображенням всіх допоміжних побудов. На кожному окремому кресленні (планах, діаграмах, малюнках) повинні бути зроблені відповідні написи і поставлені масштаби.

Масштаби необхідно підбирати так, щоб креслення мав найбільшу чіткість зображення і на аркушах не залишалось невикористаного місця.

3. Вектори швидкостей, прискорень, сил, які з урахуванням прийнятого масштабу повинні зображуватися відрізками меншими ніж 2 мм, відкладати на кресленнях не слід.

4. Обертальні кінематичні пари на схемі і планах механізму в кожному положенні зображуються колами з діаметром до 2 мм.

5. **Поступальні пари зображуються прямокутниками (8 × 12 мм)**, які поміщаються посередині напрямних. При побудові декількох планів механізму на одному кресленні поступальну пару досить показати в одному положенні.

6. На кінцях осей координат проставляють стрілки, що показують позитивний напрямок осей, поруч проставляється відповідне позначення, наприклад і т.д.

7. При побудові планів швидкостей, прискорень, структурних груп, планів сил, номери положень механізму позначають арабською цифрою в кружечку діаметром 12 мм.

8. Кожен лист креслення повинен мати в правому нижньому кутку штамп, в якому вказується назва навчального закладу, група, прізвища керівника проекту і студента, назва і номер листа, дата його закінчення.

1.2. Побудова планів механізму

При графічних побудовах на кресленнях доводиться зображати не тільки довжини (розміри ланок), але і вектори швидкостей і прискорень точок, вектори сил, а також і інші величини. Тому в теорії механізмів і машин важливе значення має поняття про масштаб.

1.2.1. Поняття про масштаб

Обчислювальним масштабом (масштабним коефіцієнтом) називається відношення дійсного значення будь-якої величини до довжини відрізка (мм), який представляє цю величину на кресленні:

$$\mu = \frac{A}{[A]}, \quad (1)$$

де μ – масштабний коефіцієнт;

A – дійсне значення величини;

$[A]$ – довжина відрізка, який представляє величину на кресленні, виміряна в міліметрах (мм).

Масштабний коефіцієнт показує, скільки одиниць даної величини полягає в 1 мм відрізка, який зображує цю величину на кресленні.

Вимірявши відрізок $[A]$ і знаючи масштабний коефіцієнт μ , можна з формули (1) визначити величину A :

$$A = \mu[A] \quad (2)$$

Щоб зобразити величину A за допомогою масштабного коефіцієнта μ , необхідно накреслити відрізок довжиною:

$$[A] = \frac{A}{\mu} \quad (3)$$

Масштабний коефіцієнт зазвичай постачають індексом, що вказує до якої величиною він відноситься.

Масштабний коефіцієнт довжин позначається – μ_ℓ ; швидкостей – μ_V , прискорень – μ_a , сил – μ_F і т.д.

Довжини, швидкості, прискорення, сили і т.п. беруться в міжнародній системі одиниць [СИ], тобто відповідно в м, м/с, м/с², Н і т.п. Довжина ж відрізка $[A]$ вимірюється в мм. Тому масштабний коефіцієнт μ завжди має розмірність.

Розмірність масштабного коефіцієнта довжини:

$$\mu_\ell = \dots \frac{м}{мм};$$

швидкості:

$$\mu_V = \dots \frac{м/с}{мм};$$

прискорення:

$$\mu_a = \dots \frac{м/с^2}{мм};$$

сили

$$\mu_F = \dots \frac{Н}{мм}.$$

Якщо, наприклад, швидкість $V = 50 м/с$ зображується відрізком довжиною $10 мм$, то масштабний коефіцієнт швидкостей:

$$\mu_V = \frac{50 \text{ м/с}}{10 \text{ мм}} = 5 \frac{\text{м/с}}{\text{мм}}.$$

При виборі масштабу бажано, щоб він висловлювався цілими числами або числами з простої десятковим дробом. Це значно спрощує обчислення. Стандартними є такі масштабні коефіцієнти:

...0,001; 0,01; 0,1; 1; 10; 100...

...0,002; 0,02; 0,2; 2; 20; 200...

...0,005; 0,05; 0,5; 5; 50; 500...

Цими числами рекомендується користуватися при виборі масштабного коефіцієнта.

1.2.2. Побудова планів механізму

Взаємне розташування ланок рухомого механізму весь час змінюється, але в кожен даний момент часу розташування ланок є цілком визначеним.

Графічне зображення взаємного розташування ланок, відповідне обраному моменту часу, називається планом механізму (рис. 1).

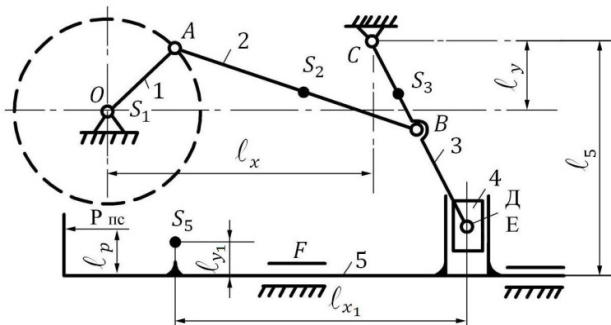


Рис. 1

Ряд послідовних планів механізму, побудованих для моментів часу, що слідують один за одним, дозволяють наочно простежити за рухом ланок механізму.

План механізму (кінематична схема) (рис. 1) виконується в масштабі і використовується при кінематичному і динамічному аналізі механізму.

При побудові планів механізму бажано дотримуватися такої послідовності:

1. Вибрати масштабний коефіцієнт побудови кінематичної схеми механізму.

Масштабний коефіцієнт вибирається таким, щоб отримана кінематична схема механізму була досить великою і найкращим способом використовувалося поле малюнка. Для цього розглядають довжини ланок механізму і взаємне їх розташування, що забезпечують максимальний розмір механізму по вертикалі або по горизонталі.

Домовимося дійсні довжини ланок позначати буквою ℓ з індексами назви ланки, тобто ℓ_{OA} , ℓ_{AB} , ℓ_{CB} , а довжини цих же ланок, відкладені на схемі в масштабі, через OA , AB , CB , і т.д.

Подальші побудови і розрахунки проведемо на прикладі механізму, що має наступні розміри:

довжини ланок – $\ell_{OA} = 0,16$ м, $\ell_{AB} = 0,4$ м,

$\ell_{CB} = 0,28$ м, $\ell_{CD} = 0,5$ м;

положення центрів мас S_2 и S_3 ланок 2 та 3:

$$\ell_{AS_2} = 0,20 \text{ м}, \ell_{CS_3} = 0,166 \text{ м};$$

характерні розміри: $l_x = 0,35 \text{ м}$, $l_y = 0,16 \text{ м}$, $l_{x_1} = 0,20 \text{ м}$,

$$l_p = 0,06 \text{ м}, l_{y_1} = 0,04 \text{ м}, l_5 = (\ell_{CD} + 0,05) \text{ м}.$$

Для зображення схеми на форматі А5 прийнятий масштабний коефіцієнт $0,004 \text{ м/мм}$.

При курсовому проектуванні на аркуші формату А1 рекомендований масштабний коефіцієнт

$$\mu_\ell = 0,002 \div 0,0025 \frac{\text{м}}{\text{мм}}.$$

2. Визначити довжини всіх відрізків, які відображають на схемі відповідні розміри механізму:

$$OA = \frac{\ell_{OA}}{\mu_\ell} = \frac{0,16}{0,004} = 40 \text{ мм};$$

$$AB = \frac{\ell_{AB}}{\mu_\ell} = \frac{0,40}{0,004} = 100 \text{ мм};$$

$$CB = \frac{\ell_{CB}}{\mu_\ell} = \frac{0,28}{0,004} = 70 \text{ мм};$$

$$CD = \frac{\ell_{CD}}{\mu_\ell} = \frac{0,50}{0,004} = 125 \text{ мм};$$

$$AS_2 = \frac{\ell_{AS_2}}{\mu_\ell} = \frac{0,166}{0,004} = 50 \text{ мм};$$

$$CS_3 = \frac{\ell_{CS_3}}{\mu_\ell} = \frac{0,25}{0,004} = 62,5 \text{ мм};$$

$$[l_x] = \frac{0,35}{0,004} = 87,5 \text{ мм};$$

$$[\ell_y] = \frac{0,16}{0,004} = 40 \text{ мм};$$

$$[\ell_x] = \frac{0,20}{0,004} = 50 \text{ мм};$$

$$[\ell_{y_1}] = \frac{0,04}{0,004} = 10 \text{ мм};$$

$$[\ell_p] = \frac{0,06}{0,004} = 15 \text{ мм};$$

$$[\ell_s] = \frac{\ell_{CD} + 0,05}{0,004} = \frac{0,50 + 0,05}{0,004} = 137,5 \text{ мм}$$

3. Нанести на малюнку кінематичної схеми (рис. 2, а) положення нерухомих елементів кінематичних пар механізму (на рис. 2 побудова механізму виконано не в масштабі $\mu_\ell = 0,004 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$, а в довільному, як приклад):

- вибрати положення центру шарніра O ;
- провести осі координат OX і OY ;
- відкласти від точки O відстань $[\ell_x]$;
- провести перпендикуляр до осі OX через кінець відрізка ℓ_x ;
- відкласти на цьому перпендикулярі від осі OX відрізок $[\ell_y]$, і отримати точку C , центр нерухомого шарніра.

Подальша побудова кінематичної схеми проводиться відповідно до формули будови, яка для даного механізму має вигляд

$$\text{Mex} = \text{I} (0-1) \Rightarrow \text{II} (2-3) \Rightarrow \text{II} (4-5).$$

Цей порядок зберігається і при кінематичному дослідженні, тобто швидкості і прискорення точок механізму визначаються в такій же послідовності.

4. Побудову плану механізму починають із зображення тієї ланки, рух якої задано. В даному випадку задано рух початкової ланки - кривошипа 1, який здійснює обертальний рух навколо осі O . Тому з точки O радіусом OA необхідно побудувати траєкторію точки A (коло радіуса OA) (рис.2, а).

5. Подальша послідовність побудови плану механізму для довільного положення кривошипа OA представлена на рис. 2, б, в.

При утворенні механізму спочатку приєднується група 2-3, далі група 4-5. У такій же послідовності і будемо визначати положення груп.

6. Приступаємо до побудови першої групи Ассура (2-3). Вона має три кінематичні пари: дві зовнішні – A і C і одну внутрішню – B . Зовнішньої парою A група кріпиться до кривошипа 1, а зовнішньою парою C до стійки.

Залишається визначити положення внутрішньої кінематичної пари (точку B), яка одночасно належить ланці 2 і ланці 3.

Точка B , що належить ланці 3, при русі описує дугову координату $\alpha - \alpha$ радіусу ℓ_{CB} в її відносному русі навколо точки C . Точка B , яка належить ланці 2, описує дугову координату $\gamma - \gamma$ радіусу ℓ_{AB} в її русі щодо точки A . Перетин

цих двох дугових траєкторій $\alpha - \alpha$ і $\gamma - \gamma$ визначає положення точки B .

Відповідно до вищесказаного встановлюємо голку циркуля в точку A і проводимо дугу $\gamma - \gamma$ радіусом ℓ_{AB} , потім встановлюємо голку циркуля в точку C і проводимо дугу $\alpha - \alpha$ радіусом ℓ_{CB} . На перетині цих дуг позначаємо точку B .

Для знаходження положення ланок 2 і 3 досить з'єднати точки A і C зі знайденою точкою B .

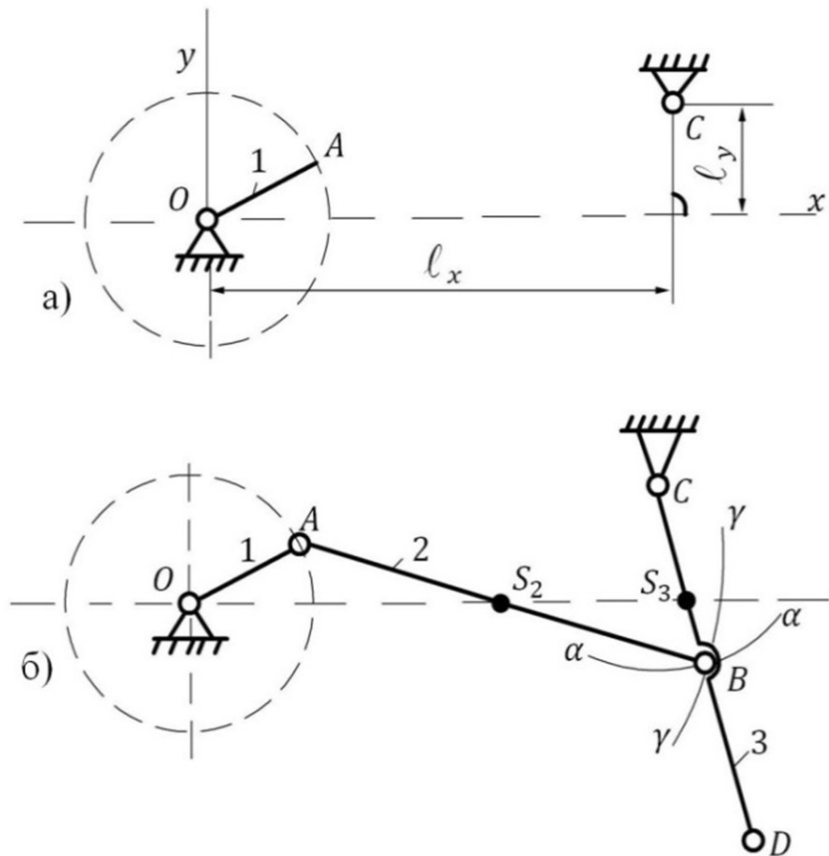
Продовжуючи лінію CB за межі точки B на довжину CD , знаходимо положення точки D , що належить як ланці 3, так і ланці 4.

7. Переходимо до побудови групи Ассура (4-5), у якій зовнішніми точками є кінематичні пари F і D , а внутрішньої точка E .

Точка D вже нанесена на схему (рис. 2, б). При точці D зображуємо повзун 4 у вигляді прямокутника довільних розмірів, що рухається в напрямних H ланки 5. На відстані $[\ell_5]$ проводимо лінію KN паралельно осі Ox , яка і зображує п'ята ланка згідно схеми механізму.

8. Нанести на ланках механізму центри мас S_2 , S_3 і S_5 . Центр мас S_5 при роботі конвеєра переміщається щодо осі Oy , але відстань ℓ_{x_1} від осі 4-ї ланки при цьому залишається постійним при всіх положеннях механізму.

Відклавши по горизонталі розмір $[\ell_{x_1}]$, а по вертикалі розмір $[\ell_{y_1}]$, знаходимо положення центра мас S_5 . Точку прикладання сили виробничого (корисного) опору P_{BO} наносимо на відстані ℓ_p від лінії KN .



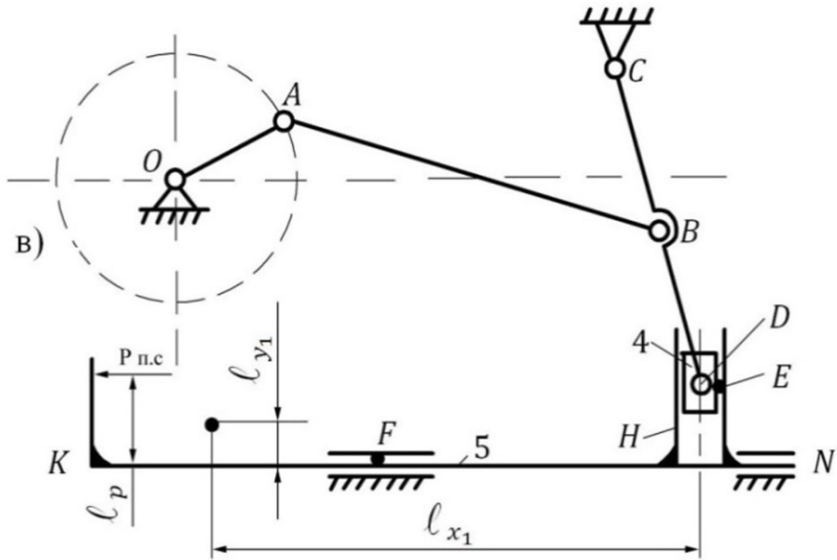


Рис. 2

1.2.3. Визначення крайніх положень механізму і побудова планів положень

Виробничий цикл конвеєра відбувається за один оборот кривошипа 1. Особливість такого механізму полягає в тому, що при рівномірному обертанні кривошипа 1 повзун 5 здійснює зворотно-поступальний рух з несиметричним законом зміни прискорення. Повзун в таких механізмах виконується у вигляді платформи або жолобу, на який насаплюється вантаж. Рух вантажу по жолобу відбувається тільки при певному співвідношенні між силою тертя і силою інерції, яка визначається прискоренням a жолоба (повзуна 5).

При русі жолоба (повзуна) 5 з вантажем зліва направо відбувається транспортування вантажу з прискоренням – **робочий хід**. Після досягнення жолобом вкрай правого

положення (завершення робочого ходу) він починає рух вліво – **холостий хід** і через деякий проміжок часу повертається у вихідне (початкова) становище.

Таким чином, необхідно знайти такі положення ланок механізму при яких ланка 5 (точка D), буде знаходитися в крайніх (лівому і правому) положеннях.

Для визначення крайніх положень точки D необхідно знайти крайні положення коромисла 3.

Для цього (рис. 3) описуємо навколо точки O дуги радіусами $(OA+AB)$ (дуга $\gamma-\gamma'$) і $(AB-OA)$ (дуга $\gamma'-\gamma'$), а навколо точки C – дугу радіусом CB (дуга $\alpha-\alpha$). Перетин цих дуг відбувається в точках B_0 і B_5 . Відповідні точка A_0 і A_5 лежать на прямих, що з'єднують точки B_0 і B_5 з точкою O .

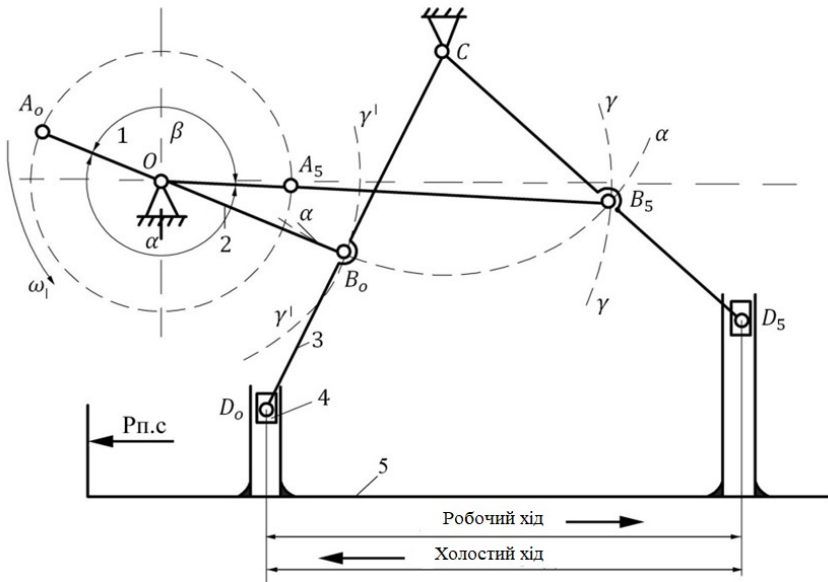


Рис. 3

(Позначення характерних точок як: A_o , A_5 , B_o і B_5 , і стане зрозумілим при подальшому викладі).

При положенні CB_oD_o коромисла 3 ланка 5 (точка D_o) знаходиться в укрій лівому положенні, яке можна вважати початком робочого ходу, а при положенні CB_5D_5 коромисла 3 точка D_5 займає крайнє праве положення і його можна вважати закінченням робочого ходу.

З мал. 3 видно, що механізм може перейти з крайнього лівого в крайнє праве положення як при обертанні кривошипа OA по ходу годинникової стрілки, так і проти.

Холостий хід відбувається при відсутності корисного навантаження і для збільшення продуктивності механізму швидкість робочого органу повинна бути більше швидкості робочого ходу (при постійній швидкості ведучої ланки).

З огляду на ці обставини, приймаємо обертання кривошипа 1 проти годинникової стрілки (рис. 3).

Зазвичай дослідження механізму проводиться за повний період, який, як відзначали раніше, відповідає повного обороту ведучої ланки (кривошипа). Ведуча ланка і разом з нею ведені ланки займають ряд послідовних положень, простеживши за якими можна скласти уявлення про рух механізму. Зазвичай будують 8-10-12-24 послідовних положень механізму. Чим більше положень, тим точніше дослідження.

В розрахунково-графічній роботі ми обмежимося побудовою 8-ми положень механізму.

кривошипа через кути в $53^{\circ}20'$ і позначивши отримані точки через A_5, A_6, A_7 , та $A_8 (A_0)$ (рис. 4).

Раніше (рис. 4) було показано повне побудова тільки одного положення механізму. Аналогічно будуються положення механізму для обраних точок $A_0, A_1 \dots A_{8,0}$ (рис.4).

Щоб не захарашувати малюнок кресленням груп 4-5 для всіх положень механізму на рис. 4 показана ця група для 2-го положення.

При роботі механізму точка D переміщається по дузі $\beta - \beta$ кола радіуса CD , а проекція цієї точки на напрям $K - N$ по прямій лінії. Проекцію точки D на напрям $K - N$ позначаємо D' .

Переміщення повзуна 5 під час виробничого циклу буде визначено відстанями $D_0'D_1', D_0'D_2' \dots D_0'D_5'$ або координатами x_1, x_2, \dots, x_5 (рис. 4), що відраховуються від крайнього лівого положення механізму (точка D_0')

ЛІТЕРАТУРА

1. Бурлака В.В., Кучеренко С.І., Мазоренко Д.І., Тищенко Л.М. Основи теорії механізмів і машин. Курс лекцій. Харків: 2009. 340 с.
2. Бурлака В.В., Кучеренко С.И., Мазоренко Д.И., Тищенко Л.Н. Основы теории механизмов и машин. Курс лекций. Харьков: 2008. 348 с.
3. Бурлака В.В., Кучеренко С.И., Малец О.Н., Ольшанский В.П. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин. Механизм долбежного станка. – Харьков: 2011. 265 с..
4. Бурлака В.В., Малец О.Н., Слипченко М.В. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин. Кулисный механизм осевого компрессора. – Харьков: 2013. 287 с
5. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1988. – 638 с.
6. Левитская О.Н., Левитский Н.И. Курс теории механизмов и машин. М. Высшая школа, 1985. 279 с.
7. Теория механизмов и машин. Под ред. К.В.Фролова. М.: Высшая школа.,1987. 496 с.
8. Кініцький Я.Т. Теорія механізмів і машин. К.: Наукова думка. 2002. 659 с.

Навчальне видання

ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ ТА МАШИН

МЕХАНІЗМ КОНВЕЄРА

Побудова планів положень механізму

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт

Укладачі

СЛІПЧЕНКО Максим Володимирович
СКОФЕНКО Сергій Миколайович
ШУКАЄВА Ольга Миколаївна

Формат 60x84\16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.
Ум. друк. арк. 1,2
Наклад 30 пр.
Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44