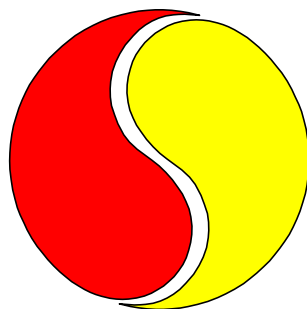


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

**АНАЛІЗ РУХУ ЛАНОК
ПЛОСКИХ КУЛАЧКОВИХ МЕХАНІЗМІВ
І ПРОФІЛЮВАННЯ КУЛАЧКІВ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи з курсу “Теорія механізмів і машин”
для студентів машинобудівних спеціальностей



КИЇВ НТУУ “КПІ” 2008

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

**АНАЛІЗ РУХУ ЛАНОК
ПЛОСКИХ КУЛАЧКОВИХ МЕХАНІЗМІВ
І ПРОФІЛЮВАННЯ КУЛАЧКІВ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи з курсу “Теорія механізмів і машин”
для студентів машинобудівних спеціальностей

Затверджено Методичною радою НТУУ “КПІ”

КИЇВ НТУУ “КПІ” 2008

Аналіз руху ланок плоских кулачкових механізмів і профілювання кулачків. Методичні вказівки до лабораторної роботи з “Теорії механізмів і машин” для студентів машинобудівних спеціальностей / Уклад.: Кірієнко О.А., Овсієнко Л.Г. Київ, НТУУ “КПІ”. 2008. - 20 стор.

*Гриф надано Методичною радою НТУУ “КПІ”
(Протокол № 1 від 18.09.2008 р.)*

Навчальне видання

АНАЛІЗ РУХУ ЛАНОК **ПЛОСКИХ КУЛАЧКОВИХ МЕХАНІЗМІВ**

І ПРОФІЛЮВАННЯ КУЛАЧКІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи з “Теорії механізмів і машин
для студентів машинобудівних спеціальностей

Укладачі: Кірієнко Олена Анатоліївна, доцент, к.т.н.

Овсієнко Лариса Григорівна, ст. викладач

Рецензенти: Лукавенко В.П., доцент, к.т.н.

Панов С.Л., доцент, к.т.н.

Відповідальний
редактор:

Данильченко Ю.М., проф., д.т.н.

Мета роботи: Вивчити типи кулачкових механізмів, опанувати методами аналізу плоских кулачкових механізмів, навчитися профілюванню кулачка за заданим законом руху штовхача.

Лабораторна робота складається з 2-х частин:

1. Визначення за заданою моделлю кулачкового механізму його типу, степеню рухомості за формулою Чебишева, розмірів ланок, зняття залежності переміщення штовхача (вихідної ланки) від кута повороту кулачка (вхідної ланки), визначення максимального ходу штовхача та фазових кутів; побудова графіку $S = S(\varphi)$ або $\beta = \beta(\varphi)$.

. Профілювання кулачка за знайденим законом руху штовхача в функції кута повороту із застосуванням *методу обернення руху*.

Приступаючи до виконання лабораторної роботи, студенту необхідно вивчити такі питання, як призначення кулачкових механізмів, область їх застосування, типи кулачкових механізмів, засвоїти метод обернення руху та навчитися профілювати кулачок.

1. ПОНЯТТЯ ПРО КУЛАЧКОВІ МЕХАНІЗМИ. ОБЛАСТЬ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

Комплексна механізація та автоматизація технологічних процесів здійснюється шляхом широкого застосування машин-автоматів, виконавчими механізмами в яких є так звані "кулачкові механізми". *Кулачкові механізми* - це механізми, в яких є ланка зі змінним радіусом-вектором кінематичного елемента (кулачок). Кулачкові механізми – триланкові механізми, що складені з кулачка (ведуча ланка), штовхача (ведена ланка) та стояка.

Кулачкові механізми мають великі можливості виконання заданих *законів руху вихідної ланки* (штовхача).

У машинах-автоматах із жорсткими зв'язками кулачкові механізми здійснюють "жорстке" програмування виробничого процесу. В машинах-автоматах з електричними, гідравлічними та пневматичними зв'язками кулачкові механізми найчастіше виконують функції керування.

У найпростіших випадках вони вмикають та вимикають робочі органи машини-автомата.

Кулачкові механізми дають можливість отримати практично будь-який закон руху вихідної (веденої) ланки, в тому числі з тимчасовими зупинками останньої при безперервному русі вхідної (ведучої) ланки.

2. ВИДИ КУЛАЧКОВИХ МЕХАНІЗМІВ (КМ)

Кулачкові механізми можуть бути плоскими та просторовими, центральними та позацентровими. Вони поділяються також за видом руху кулачка та штовхача.

Кулачковий механізм є *плоским*, якщо його ланки рухаються в паралельних площинах.

Кулачковий механізм є *просторовим*, якщо його ланки рухаються в площинах, що перетинаються.

Кулачковий механізм є *центральною*, якщо вісь руху штовхача проходить через центр обертання кулачка (рис.2,8), та *позацентральною*, якщо вона не проходить через центр обертання кулачка (рис. 3,4,5).

Рух кулачка 1 кулачкового механізму може бути поступальним (рис.1), обертальним (рис. 2...7) і коливальним (рис. 8).

Рух штовхача 2 може бути поступальним (рис.1...5,8) і хитним (рис.6,7).

У кулачкових механізмах, наведених на рис.2 і 3, кулачок діє безпосередньо на штовхач, причому під час руху ланок елементи кінематичних пар ковзають один по одному. Найбільшому зносу підлягають елементи вищої кінематичної пари в механізмі, наведеному на рис.2, тому що тут одна точка штовхача ковзає по поверхні кулачка, і питомий тиск дуже великий.

При застосуванні “грибовидного” штовхача (рис. 3) знос поверхні кулачка трохи зменшується. Якщо радіус кривизни поверхні “грибовидного” штовхача збільшити до нескінченності, то елемент кінематичної пари перетвориться на площину, а кулачковий механізм – у механізм з плоским поступально рухомим штовхачем (рис.4).

Для запобігання швидкого зносу поверхні кулачка дуже часто в якості додаткової ланки вводиться *ролик* (рис.1,5,6,8), завдяки чому тертя ковзання замінюється тертям кочення, і знос зменшується.

У якості елементів кінематичних пар на штовхачу можуть бути *точка, лінія, поверхня*, зокрема, *площина* (рис.4,7).

Для нормального функціонування кулачкових механізмів необхідно мати сталий контакт між кулачком і штовхачем. Такий контакт забезпечується так званим “силовим” або “геометричним” замиканням.

Силове замикання (рис. 1...5,8) здійснюється або під дією власної сили тяжіння штовхача, або за допомогою пружини.

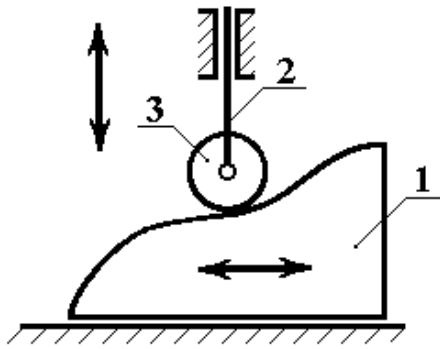


Рис. 1.

Кулачковий механізм (КМ)
з поступально рухомим
кулачком і штовхачем

1 - кулачок; 2 - штовхач; 3 - ролик

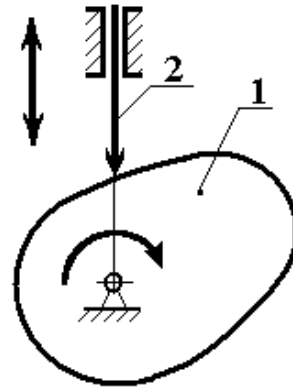


Рис. 2.

Центральний КМ
із гострим штовхачем

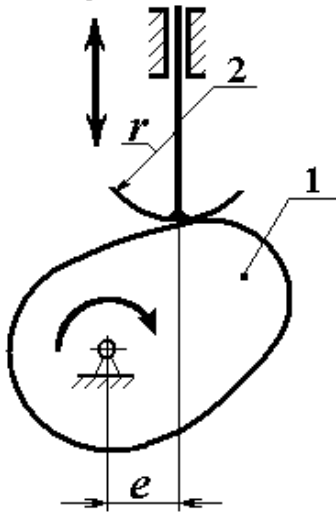


Рис. 3.

Позацентричний КМ
із "грибовидним"
штовхачем

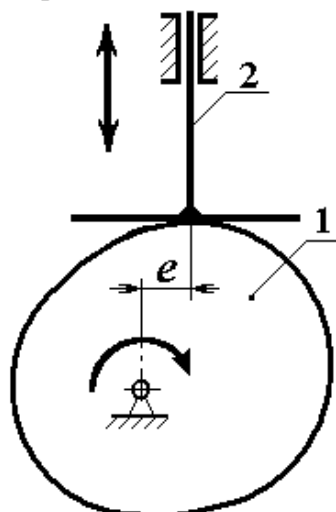


Рис. 4.

Позацентричний КМ
із плоским "тарілочастим"
штовхачем

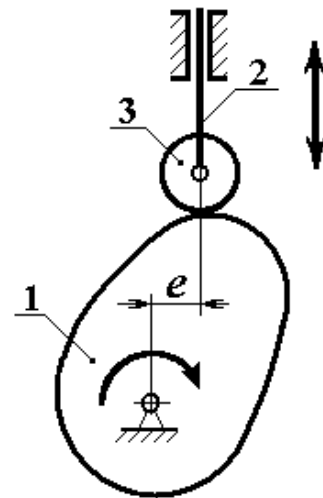


Рис. 5.

Позацентричний КМ із
роликковим штовхачем

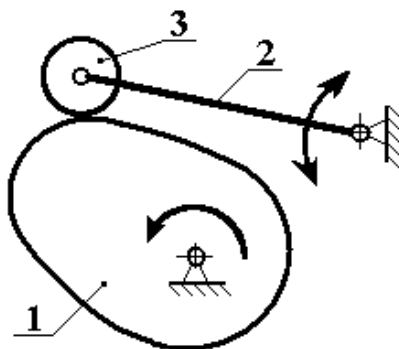


Рис. 6.

КМ із коромисловим
роликковим штовхачем

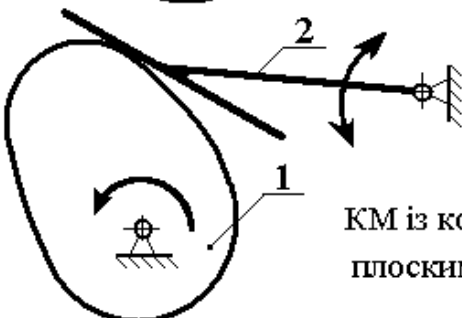


Рис. 7.

КМ із коромисловим
плоским штовхачем

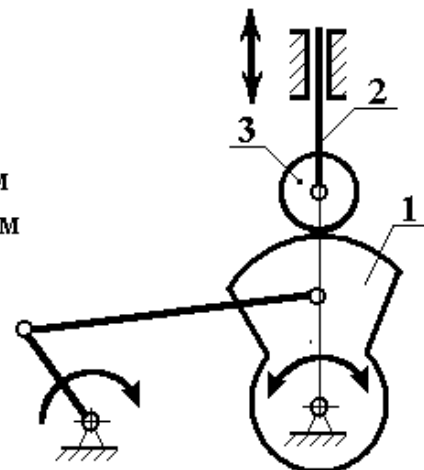


Рис. 8.

КМ із хитним
кулачком

Геометричне замикання здійснюється за допомогою паза, нарізаного на шайбі, яким спрямовується рух ролика штовхача (рис.9).

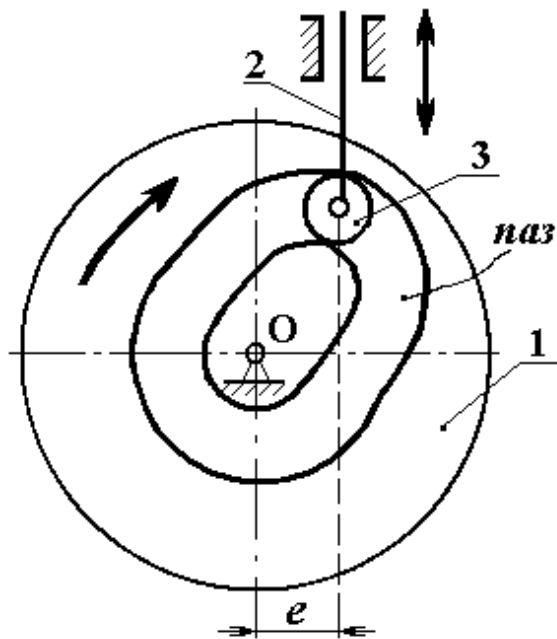


Рис. 9.
Геометричне замикання елементів
вищої кінематичної пари
1 - кулачок; 2 - штовхач; 3 - ролик

3. ПОНЯТТЯ ПРО ФАЗОВІ КУТИ КУЛАЧКА

Кут повороту кулачка, що відповідає підніманню штовхача, називається *кутом віддалення* $\varphi_{\text{в}}$.

Кут повороту кулачка, що відповідає верхньому нерухомому положенню штовхача, називається *кутом дальнього стояння* $\varphi_{\text{д}}$.

Кут повороту кулачка, що відповідає опусканню штовхача, називається *кутом повертання* $\varphi_{\text{п}}$.

Кут повороту кулачка, що відповідає нижньому нерухомому положенню штовхача, називається *базовим кутом (близького стояння)* $\varphi_{\text{б}}$.

$$\varphi_{\text{в}} > 0; \varphi_{\text{д}} \geq 0; \varphi_{\text{п}} > 0; \varphi_{\text{б}} \geq 0.$$

Сума кутів:

$$\varphi_{\text{в}} + \varphi_{\text{д}} + \varphi_{\text{п}} + \varphi_{\text{б}} = 360^{\circ}$$

$$\varphi_{\text{в}} + \varphi_{\text{д}} + \varphi_{\text{п}} = \varphi_{\text{роб}} - \text{робочий кут.}$$

4. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Отримавши модель кулачкового механізму, студент має визначити його тип, характер руху ведучої та веденої ланки (кулачка і штовхача), вивчити обрис елементів вищої кінематичної пари.

2. Визначити степінь рухомості даного кулачкового механізму за формулою П.Л.Чебишева:

$$W = 3n - 2p_5 - p_4,$$

де n – число рухомих ланок; p_5 - число кінематичних пар 5-го класу (нижчих); p_4 – число кінематичних пар 4-го класу (вищих).

3. Виміряти ланки кулачкового механізму: мінімальний радіус кулачка $r_{0\min}$, мм; ексцентриситет e , мм; радіус ролика r_p , мм.

4. Зняти залежність переміщення штовхача від кута повороту кулачка $S = S(\varphi)$, повертаючи кулачок на кратне число градусів, наприклад, $30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, \dots, 180^\circ, 210^\circ, \dots, 360^\circ$, вимірюючи переміщення штовхача (мм) за шкалою моделі (при поступально рухомому штовхачі) або кутове переміщення коромислового штовхача (град) - $\beta = \beta(\varphi)$.

5. Визначити максимальний хід штовхача h_{\max} , мм, при поступально рухомому штовхачі, або β_{\max} , град, при коромисловому штовхачі, а також фазові кути: віддалення φ_v , дальнього стояння φ_d повертання φ_n та базовий кут φ_b .

6. Задатися масштабними коефіцієнтами побудови діаграми переміщення штовхача в функції кута повороту кулачка $\mu_S = h_{\max} / \sqrt{(0-h)}$, м/мм, та кута повороту $\mu_\varphi = 2 \cdot \pi / \sqrt{(0-\varphi)}$, рад/мм, де $(0-h)$, $(0-\varphi)$ відрізки на діаграмі відповідно по вісі ординат і по вісі абсцис. Для механізму з коромисловим штовхачем задатися масштабним коефіцієнтом $\mu_\beta = \beta_{\max} / \sqrt{(0-\beta)}$, град/мм.

7. Побудувати діаграму переміщення штовхача в функції кута повороту кулачка $S = S(\varphi)$ або $\beta = \beta(\varphi)$.

Примітка: Для зручності подальшого профілювання кулачка масштаб переміщення має бути $\mu_S = 0,001$ м/мм (1:1).

8. Оформити таблицю даних лабораторної роботи (див. зразок).

9. За визначеними графіками залежності переміщення штовхача від кута повороту кулачка $S = S(\varphi)$ або $\beta = \beta(\varphi)$ побудувати профіль кулачка, застосовуючи *метод обернення руху*.

МЕТОД ОБЕРНЕННЯ РУХУ

Усій системі, тобто, кулачку, штовхачу та його напрямним, надається кутова швидкість, яка дорівнює за величиною, але протилежна за напрямом кутовій швидкості кулачка, тоді кулачок вважається зупиненим, а штовхач рухається навколо центра кулачка, описуючи вістрям його *центровий профіль*.

Форма таблиці параметрів кулачкового механізму наведена нижче. Під таблицею слід розташувати ескіз кінематичної схеми кулачкового механізму.

ЗРАЗОК

Таблиця параметрів кулачкового механізму з поступально рухомим штовхачем

Тип кулачкового механізму	Степінь рухомості $W = 3n - 2p_5 - p_4$	Розміри ланок, мм			Хід штовхача, h_{\max}	Фазові кути, град				Кут повороту	Кулачка, φ , град	Переміщення штовхача S , мм
		r_0	e	r_p		$\varphi_{\text{в}}$	$\varphi_{\text{д}}$	$\varphi_{\text{п}}$	$\varphi_{\text{б}}$			

(Місце для ескізу кінематичної схеми кулачкового механізму)

5. ПОБУДОВА ПРОФІЛЮ КУЛАЧКА ЦЕНТРАЛЬНОГО КУЛАЧКОВОГО МЕХАНІЗМУ З ПЛОСКИМ ШТОВХАЧЕМ

Вихідні дані:

1. Мінімальний радіус кулачка r_0 , мм.
2. Ексцентриситет $e = 0$.
3. Фазові кути кулачка: $\varphi_{\text{в}} = \dots$; $\varphi_{\text{д}} = \dots$; $\varphi_{\text{п}} = \dots$; $\varphi_{\text{б}} = \dots$
4. Кут між тарілкою штовхача та штоком $\gamma = 90^\circ$.
5. Максимальний хід штовхача h_{\max} , мм.

Залежність $S = S(\varphi)$ знайдена в процесі виконання лабораторної роботи.

Порядок побудови (рис. 10):

1. Масштабний коефіцієнт побудови прийняти $\mu_1 = 0,001$ м/мм.
2. Провести лінію руху і площину (“тарілку”) штовхача $\gamma = 90^\circ$.
3. Радіусом, рівним мінімальному радіусу кулачка r_0 , мм, провести коло з центром O_1 , яке має торкатися “тарілки” штовхача в точці O .
4. Графік залежності переміщення штовхача від кута повороту кулачка $S = S(\varphi)$ слід побудувати поруч із майбутньою побудовою таким чином, щоб вісь абсцис графіку збігалася з лінією, що проведена через точку O (площина “тарілки” штовхача).
5. З’єднати точку O з центром обертання кулачка O_1 .
6. Від осі руху штовхача y бік оберненого руху (протилежну заданому напрямку обертання кулачка) відкласти фазові кути $\varphi_B, \varphi_D, \varphi_P$, град.
7. Розділити фазові кути φ_B і φ_P на графіку на однакове число частин (наприклад, на 4...6). Кут φ_D не ділиться, тому що штовхач нерухомий.
8. Спроектувати точки розподілу графіка $S = S(\varphi)$ 1,2...9 на лінію руху штовхача, проставити відповідні точки 1,2,...9.
9. Розділити фазові кути φ_B і φ_P на стільки ж рівних частин, на скільки вони розділені на графіку (наприклад, на чотири), позначити точки 1'.....9'.
10. Точки 1'.....9' з’єднати променями з центром O_1 .
11. Радіусами, рівними відріzkам $\overline{O_1 - 1'}, \overline{O_1 - 2'}, \dots, \overline{O_1 - 9'}$ зробити засічки на відповідних променях 1'.....9'. Точки позначити 1''.....9''.
12. Через отримані точки 1''.....9'' провести відрізки, перпендикулярні до відповідних променів 1'.....9'. Довжина відрізків дорівнює довжині “тарілки” штовхача.
13. Провести внутрішню обвідну до отриманих відрізків таким чином, щоб ці відрізки (“тарілки”) були дотичними до профілю кулачка, який будується.

6. ПОБУДОВА ПРОФІЛЮ КУЛАЧКА ЦЕНТРАЛЬНОГО КУЛАЧКОВОГО МЕХАНІЗМУ З ПОСТУПАЛЬНО РУХОМИМ ШТОВХАЧЕМ

Кулачкові механізми з поступально рухомим штовхачем можуть бути з *гострим штовхачем* (теоретично, на практиці не застосовуються), та з *роликівим штовхачем* (як було зауважено вище, для зниження тертя між кулачком і штовхачем).

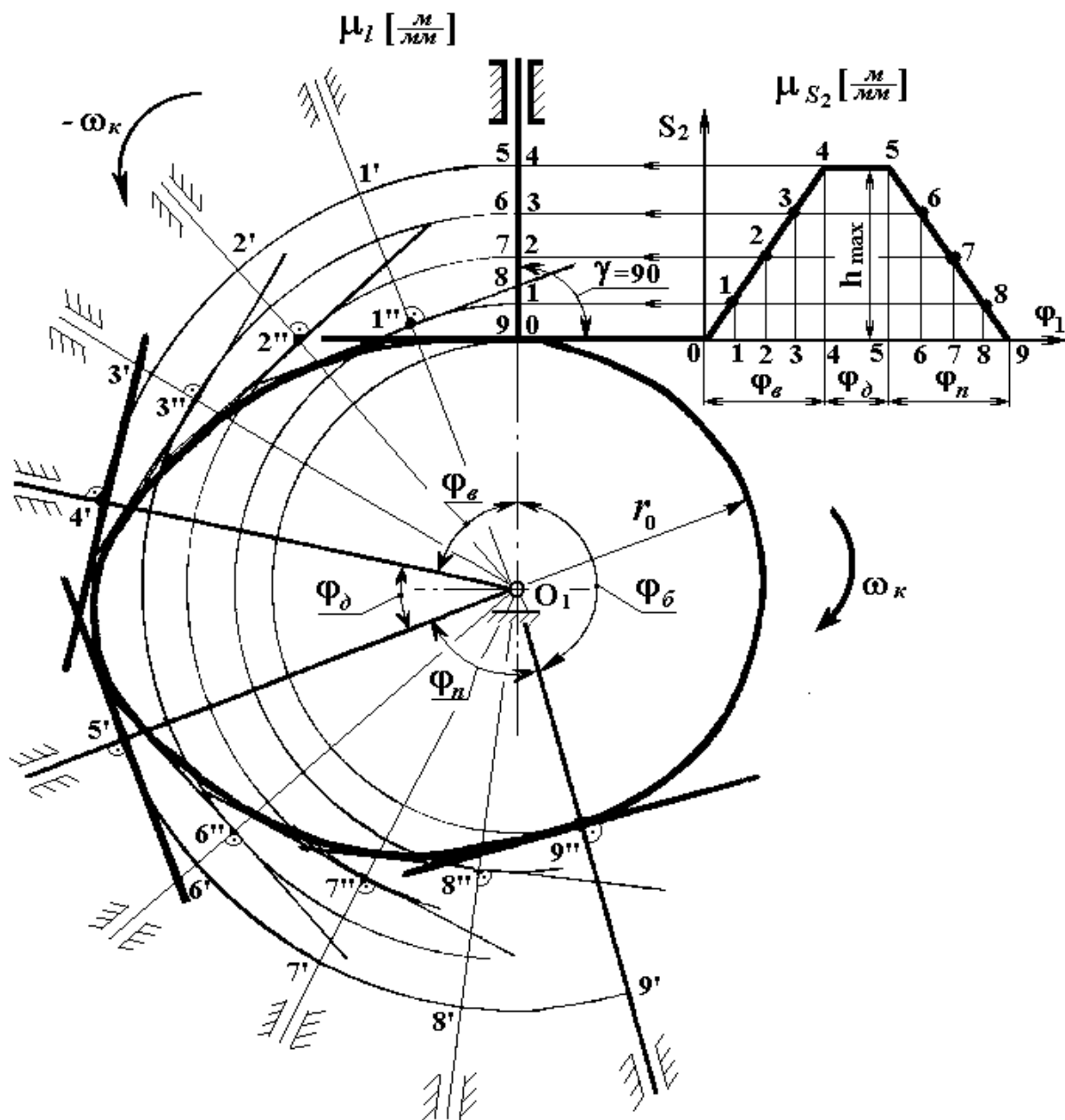


Рис.10. Профілювання кулачка центрального кулачкового механізму з плоским штовхачем

6.1. Кулачковий механізм із гострим штовхачем

Вихідні дані:

1. Мінімальний радіус кулачка r_0 , мм.
2. Ексцентриситет $e = 0$.
3. Фазові кути кулачка $\varphi_{\text{в}} = \dots\dots\dots$; $\varphi_{\text{д}} = \dots\dots\dots$; $\varphi_{\text{п}} = \dots\dots\dots$, град.
4. Максимальний хід штовхача $h_{\text{max}} = \dots\dots\dots$ мм.

Залежність $S = S(\varphi)$, визначена в процесі виконання лабораторної роботи.

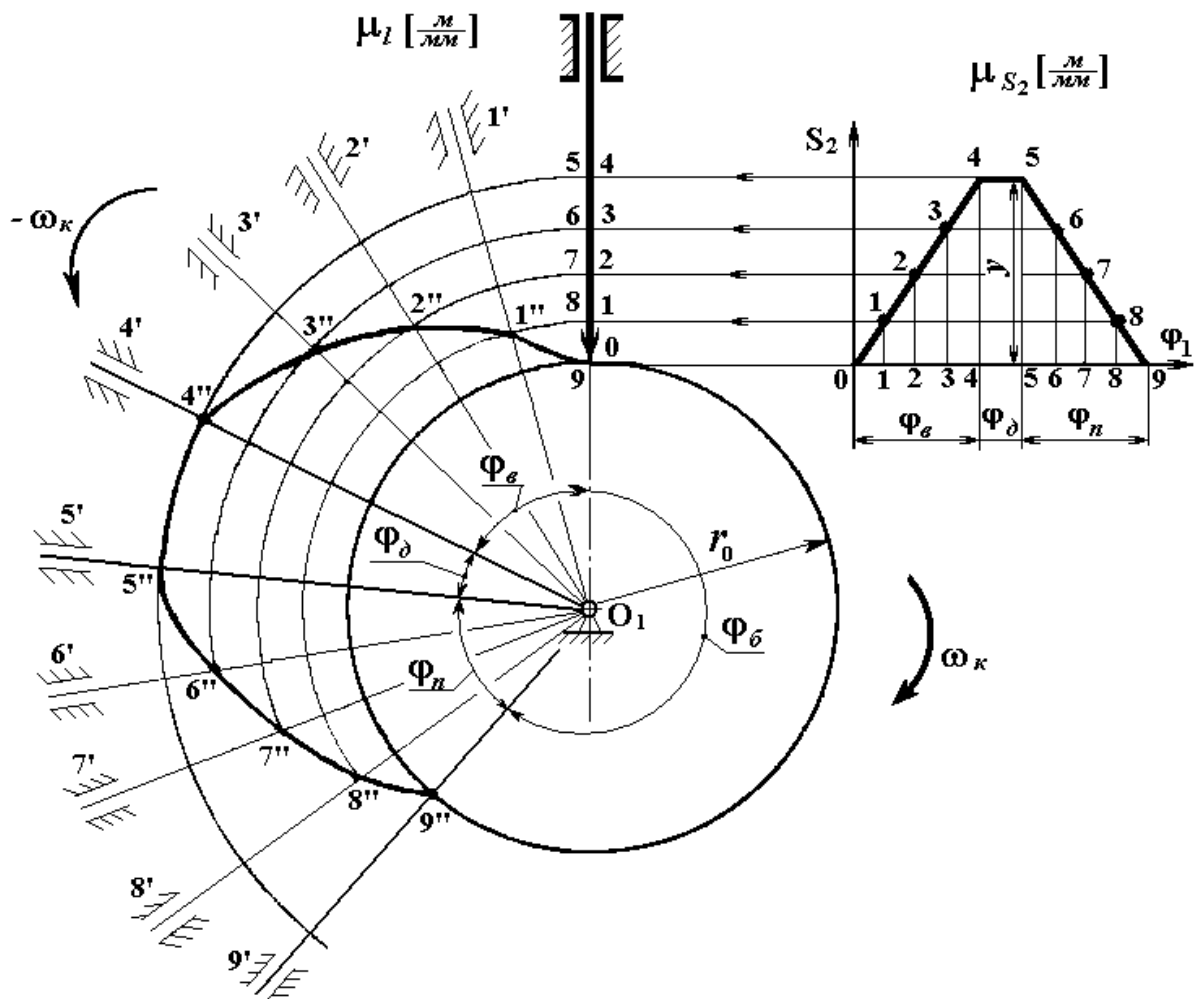


Рис.11. Профілювання кулачка центрального кулачкового механізму з поступально рухомим гострим штовхачем

Порядок побудови (рис. 11):

1. Масштабний коефіцієнт побудови прийняти $\mu_1 = 0,001$ м/мм (1:1).
2. Провести лінію руху штовхача.
3. Радіусом, рівним мінімальному радіусу кулачка r_0 , мм, провести коло з центром в точці O_1 , який знаходиться на лінії руху штовхача. Точка перетину – 0.
4. Графік залежності переміщення штовхача від кута повороту кулачка $S = S(\varphi)$ слід помістити поруч із майбутньою побудовою таким чином, щоб вісь абсцис збігалася з лінією, яка проходить через т.0.
5. З'єднати точку 0 з центром обертання кулачка O_1 .

6. Від цієї лінії в бік *оберненого руху* (протилежно вибраному напрямку обертання кулачка) відкласти фазові кути φ_v , φ_d , φ_n , град.
7. Розділити кути φ_v і φ_n на графіку $S = S(\varphi)$ на однакове число частин (наприклад, на 4...6), позначити точки розподілу 1...9. Кут φ_d не ділиться, тому що штовхач нерухомий.
8. Спроекувати точки розподілу графіка 1...9 на лінію руху штовхача, позначити аналогічно (1...9).
9. Радіусом, рівним відрізку $(O_1 - 4)$, провести дугу до кінця кута φ_n .
10. Розділити кути φ_v і φ_n на стільки ж рівних частин, на скільки вони розділені на графіку $S = S(\varphi)$. Точки розподілу по дузі позначити $1' \dots 9'$.
11. Точки $1' \dots 9'$ з'єднати з центром обертання кулачка O_1 .
12. Радіусами, рівними відріzkам $(O_1 - 1), (O_1 - 2), \dots, (O_1 - 9)$, із центру O_1 зробити засічки на відповідних променях $1' \dots 9'$.
13. Отримані точки $1'' \dots 9''$ з'єднати плавною кривою. Побудований профіль називається *центровим профілем* кулачка, який відповідає наявності в механізмі *гострого штовхача*, що не використовується на практиці із-за великого тертя і відповідно зношування поверхні кулачка.

6.2. Кулачковий механізм із роликівим штовхачем (рис.12)

Для кулачкового механізму з роликівим штовхачем (для зменшення тертя та зношування) будується *дійсний профіль* кулачка. Для цього з кожної точки центрального профілю кулачка (рис.11) проводиться коло (півколо) радіусом, рівним радіусу ролика штовхача r_p . Внутрішня обвідна, яка торкається кожного кола (півкола), є *дійсним профілем* кулачка.

7. ПОБУДОВА ПРОФІЛЮ КУЛАЧКА ПОЗАЦЕНТРОВОГО КУЛАЧКОВОГО МЕХАНІЗМУ З ПОСТУПАЛЬНО РУХОМИМ ШТОВХАЧЕМ

Вихідні дані:

1. Мінімальний радіус кулачка r_0 , мм.
2. Ексцентриситет $e = \dots\dots\dots$, мм.
3. Фазові кути кулачка $\varphi_v = \dots\dots\dots$; $\varphi_d = \dots\dots\dots$; $\varphi_n = \dots\dots\dots$, град.
4. Максимальний хід штовхача $h_{\max} = \dots\dots\dots$ мм.
5. Залежність $S = S(\varphi)$, визначена в процесі виконання лабораторної роботи.

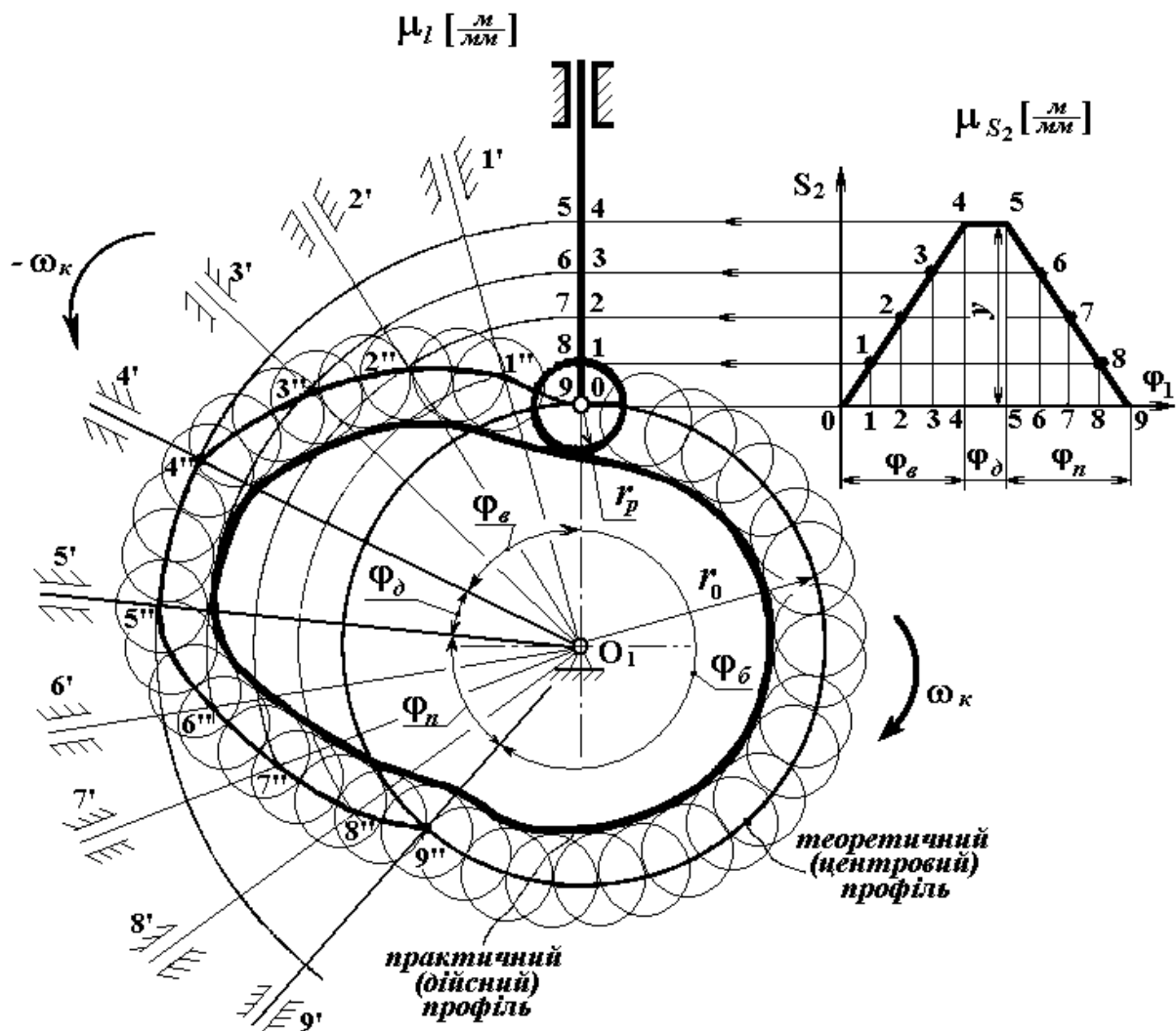


Рис. 12. Побудова профілю кулачка центрального кулачкового механізму з роликовим штовхачем

Порядок побудови (рис.13):

1. Масштабний коефіцієнт побудови прийняти $\mu_1 = 0,001$ м/мм.
2. Провести лінію руху штовхача.
3. Відкласти від цієї лінії відстань, яка дорівнює ексцентриситету e , мм.
4. Радіусом, рівним мінімальному радіусу кулачка r_0 , мм, провести коло з центра O_1 , яке знаходиться на відстані e від лінії руху штовхача. Коло торкається штовхача в точці 0.
5. Із центра O_1 провести коло радіусом r_e , рівним ексцентриситету e .

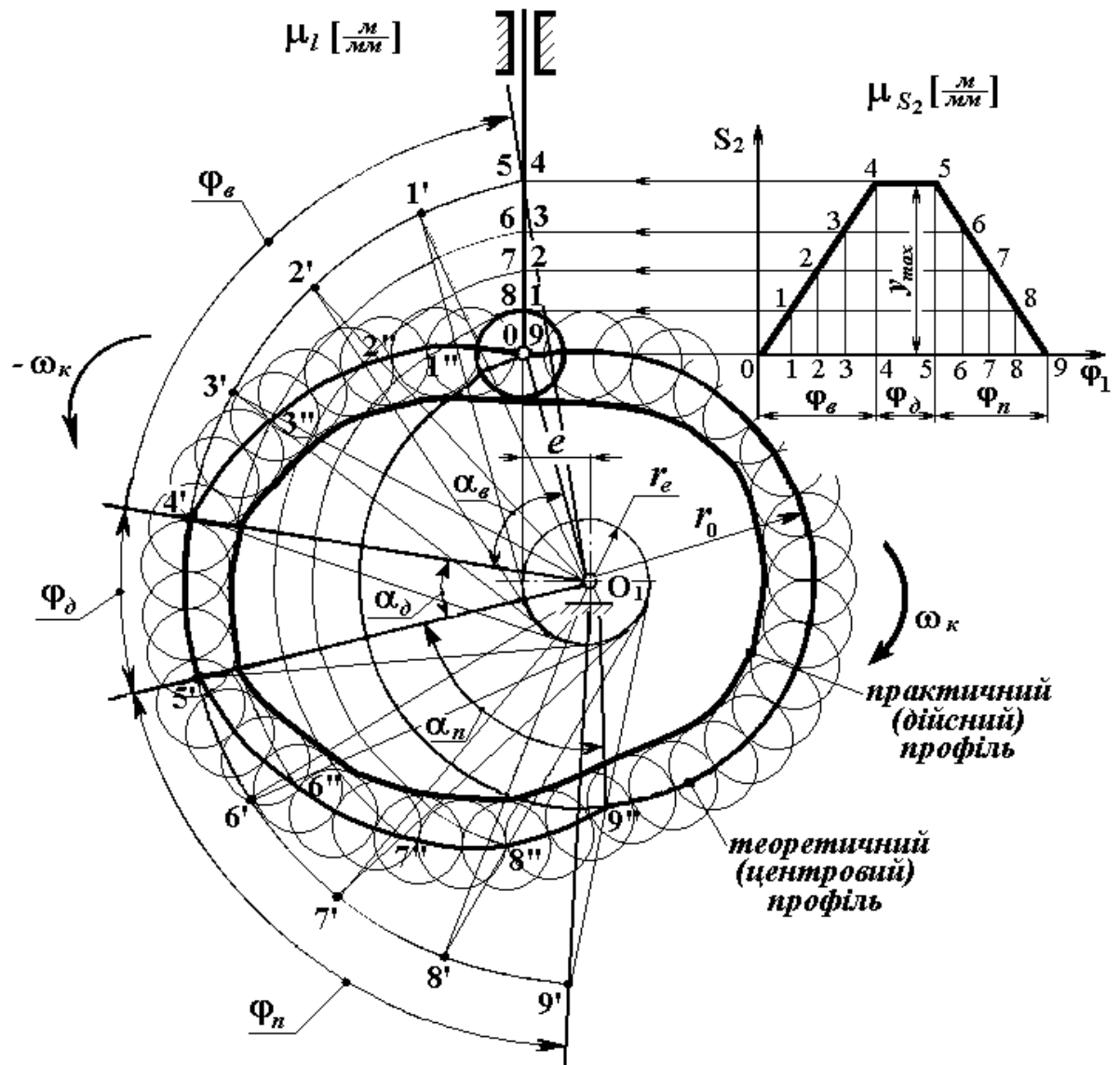


Рис.13. Побудова профілю кулачка позацентрального кулачкового механізму з гострим і роликовим штовхачем

6. Графік залежності переміщення штовхача від кута повороту кулачка $S = S(\varphi)$ слід побудувати поруч з майбутньою побудовою таким чином, щоб вісь абсцис збігалася з лінією, яка проходить через т. 0.
7. Розподілити фазові кути φ_v і φ_n на графіку $S = S(\varphi)$ на однакову кількість частин (наприклад, на 4...6). Кут φ_d не ділиться, тому що штовхач нерухомий. Точки розподілу позначити 1...9.
8. Точки розподілу 1...9 спроектувати на вісь руху штовхача, точки позначити аналогічно 1...9.
9. З'єднати точки 4-5 (верхнє положення штовхача) з центром обертання кулачка O_1 .
10. Від цієї лінії в бік оберненого руху (протилежно прийнятому напрямку обертання кулачка) відкласти фазові кути φ_v , φ_d і φ_n , град.

11. Радіусом, рівним відрізку $(O_1 - 4,5)$, з центра O_1 провести дугу до кінця кута $\varphi_{\text{п}}$.
12. Розділити кути $\varphi_{\text{в}}$ і $\varphi_{\text{п}}$ на стільки ж рівних частин, на скільки вони розділені на графіку $S = S(\varphi)$. Точки розподілу позначити $1' \dots 9'$.
13. Через точки розподілу $1' \dots 9'$ провести дотичні до кола радіусом r_e .
14. Із центра O_1 провести засічки радіусами, рівними відрізкам $(\overline{O_1 - 1})$, $(\overline{O_1 - 2})$, ... , $(\overline{O_1 - 9})$ на дотичних з точок $1' \dots 9'$. Отримані точки $1'' \dots 9''$ з'єднати плавною кривою. Отриманий профіль називається *центровим (теоретичним) профілем* кулачка, він відповідає наявності в механізмі *гострого штовхача* (на практиці не застосовується через велике тертя та зношування поверхні кулачка).
15. Якщо кулачковий механізм має *роликовий штовхач*, то будується так званий *дійсний (практичний) профіль* кулачка. Для цього необхідно з кожної точки центрального профілю кулачка провести коло (півколо), радіусом, рівним радіусу ролика r_p . Внутрішня обвідна, що торкається кожного кола, є *дійсним (практичним) профілем* кулачка. Інакше, ролик торкається дійсного профілю кулачка, а його центр описує центровий профіль.

8. ПОБУДОВА ПРОФІЛЮ КУЛАЧКА КУЛАЧКОВОГО МЕХАНІЗМУ З КОРОМИСЛОВИМ ШТОВХАЧЕМ

Вихідні дані:

1. Мінімальний радіус кулачка r_0 , мм.
2. Відстань між центрами обертання кулачка O_1 і хитання штовхача O_4 $L = \dots$, мм.
3. Фазові кути кулачка $\varphi_{\text{в}} = \dots$; $\varphi_{\text{д}} = \dots$; $\varphi_{\text{п}} = \dots$, град.
4. Максимальний кутовий хід штовхача $\beta_{\text{max}} = \dots$ град.
5. Довжина коромисла $l = \dots$, мм.
6. Залежність кутового переміщення штовхача від кута повороту кулачка $\beta = \beta(\varphi)$, визначена в процесі виконання лабораторної роботи.
7. Радіус ролика $r_p = \dots$, мм.

Порядок побудови (рис. 14):

1. Вибрати центр обертання кулачка O_1 та радіусом r_0 провести з цього центра коло.
2. Позначити центр хитання коромислового штовхача O_2 , скориставшись координатами a і b .

3. Із центра O_2 радіусом, рівним довжині коромисла l , провести дугу, точку перетину цієї дуги з колом радіусом r_0 позначити цифрою 0. З'єднати точки O_2 і 0.
4. Від нижнього положення штовхача (O_2-0) відкласти в верх максимальний кутовий хід штовхача β_{\max} , град. Отримуємо верхнє положення коромислового штовхача (O_2-4) (наприклад).
5. Побудувати графік залежності кутового переміщення штовхача від кута повороту кулачка $\beta = \beta(\varphi)$, прийнявши масштаби μ_β [град/мм] і μ_φ [град/мм].

Примітка: Для того, щоб отримати профіль кулачка в натуральну величину, слід прийняти максимальну ординату графіка $\beta = \beta(\varphi)$ рівною хорді дуги (0-4).

6. Розділити фазові кути $\varphi_{\text{в}}$ і $\varphi_{\text{п}}$ на графіку $\beta = \beta(\varphi)$ на однакове число частин (наприклад, на 4...6), позначити точки розподілу 1...9. Кут $\varphi_{\text{д}}$ не ділиться, тому що штовхач нерухомий.
7. Із центра O_1 на дузі руху штовхача (0-4) зробити засічки радіусами, рівними ($r_0 + y_i$), де y_i – ордината графіка $\beta = \beta(\varphi)$. Точки розподілу позначати відповідно 1...9.
8. З'єднати точки O_2 і O_1 .
9. У бік *оберненого руху* (проти прийнятого напрямку обертання кулачка) від прямої ($O_2 - O_1$) відкласти фазові кути $\varphi_{\text{в}}$, $\varphi_{\text{д}}$, $\varphi_{\text{п}}$, град.
10. Із центра O_1 радіусом, рівним відстані ($O_2 - O_1$) провести дугу до кінця кута $\varphi_{\text{п}}$.
11. Розділити кути $\varphi_{\text{в}}$ і $\varphi_{\text{п}}$ на стільки ж рівних частин, на скільки вони розділені на графіку $\beta = \beta(\varphi)$. Позначити точки розподілу 1'...9' у вигляді стояка.
12. Із центра O_1 радіусами, рівними ($r_0 + y_i$) (див. п.7), провести дуги до кінця кута $\varphi_{\text{п}}$.
13. Із кожного положення стояка 1'...9' робити засічки радіусом, рівним довжині коромисла l , мм, на відповідних дугах 1...9. Отримані точки майбутнього профілю кулачка позначити 1"....9".
14. З'єднати точки 1"....9" плавною кривою. Отриманий профіль називається *центровим (теоретичним) профілем* кулачка.

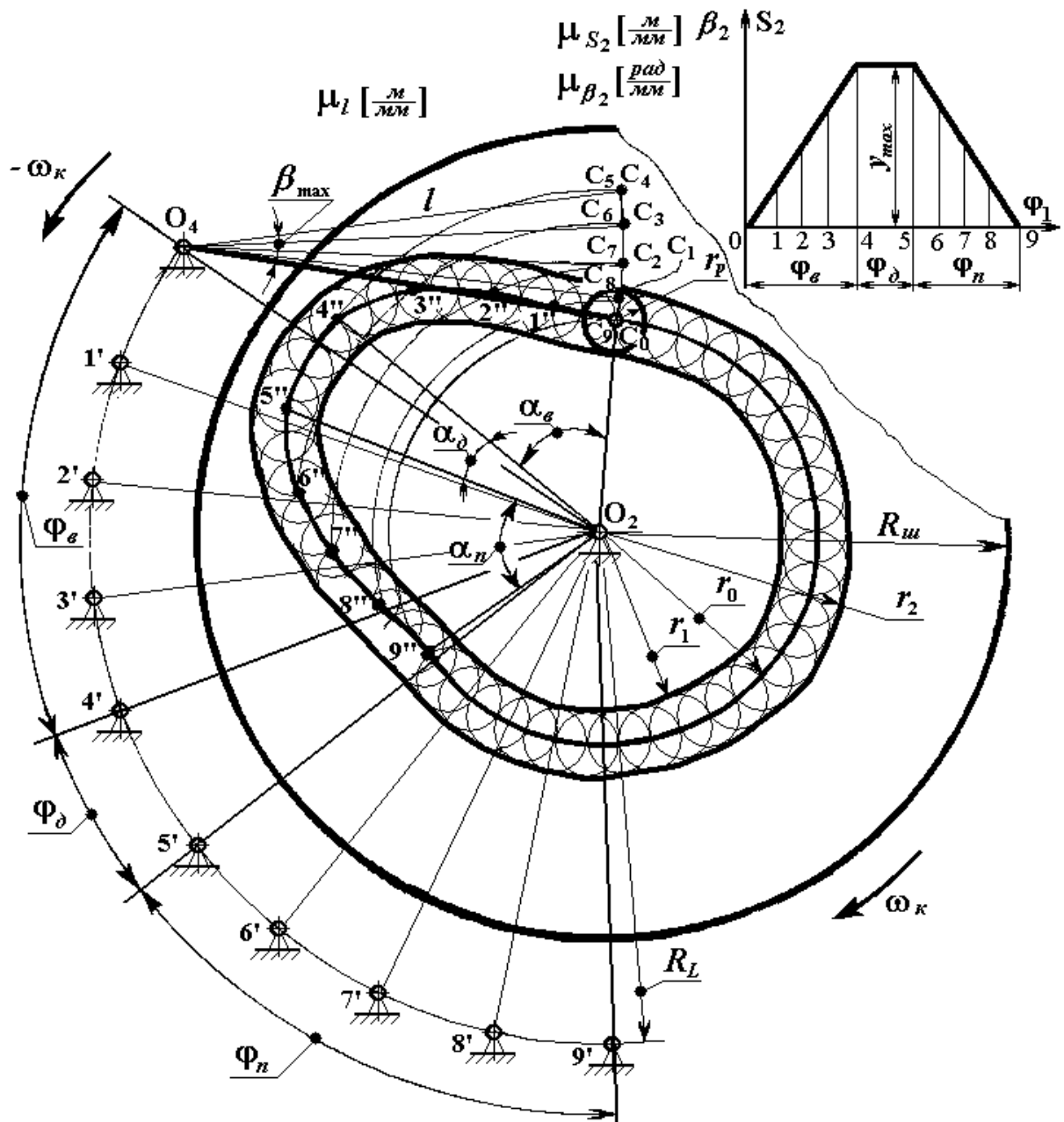


Рис.14. Побудова профілю кулачка кулачкового механізму з коромисловим штовхачем

15. Для отримання дійсного (практичного) профілю кулачка при наявності роликового штовхача необхідно з кожної точки центрального профілю кулачка провести кола радіусом, рівним радіусу ролика r_p . Внутрішня та зовнішня обвідні, що торкаються всіх цих кіл, дають профіль паза, по якому рухається ролик, забезпечуючи геометричне замикання вищої кінематичної пари “кулачок-штовхач”. Паз, зазвичай, нарізується на диску або шайбі, радіус яких приймається конструктивно.

9. ПОБУДОВА ПРОФІЛЮ КУЛАЧКА КУЛАЧКОВОГО МЕХАНІЗМУ З ПОСТУПАЛЬНО РУХОМИМ КУЛАЧКОМ

Особливості проектування профілю кулачка кулачкового механізму з поступально рухомим кулачком полягають в тому, що побудова ведеться в тому ж масштабі, в якому побудована діаграма переміщення штовхача S_2 в функції лінійного переміщення кулачка S_1 $S_2 = S_2(S_1)$. Найкращим варіантом є побудова в натуральному масштабі $\mu_1 = 0,001$ м/мм, це дозволяє брати ординати графіка $S_2 = S_2(S_1)$ і переносити їх на побудову профілю кулачка.

Вихідні дані:

1. Діаграма переміщення штовхача $S_2 = S_2(S_1)$.
2. Максимальний лінійний хід штовхача h_{\max} , мм.
3. Максимальний лінійний хід кулачка L_0 , мм.
4. Радіус ролика $r_p = \dots$, мм.

Порядок побудови (рис.15):

1. Із довільної точки провести горизонтальну пряму та відкласти на ній відрізок, що дорівнює максимальному лінійному ходу кулачка L_0 , мм.
2. Розділити відкладений відрізок на стільки ж рівних частин, на скільки він розділений на графіку залежності переміщення штовхача від лінійного переміщення кулачка $S_2 = S_2(S_1)$ (в даному прикладі на 6 частин), точки розподілу нумеруємо 1...6.
3. Із кожної отриманої точки 1...6 провести вертикальні прямі та відкласти на них відповідні ординати 1'...6' графіка $S_2 = S_2(S_1)$.
4. З'єднати отримані точки плавною кривою. Отриманий профіль кулачка називається *центровим (теоретичним) профілем* кулачка.
5. Для зменшення зношування поверхні кулачка внаслідок тертя ковзання, в кулачковий механізм вводиться ролик радіусом r_p . Із кожної точки центрального профілю кулачка слід провести кола радіусом r_p . Внутрішня та зовнішня обвідні, що торкаються всіх цих кіл, дають *дійсний (практичний) профіль* паза, по якому рухається ролик, забезпечуючи *геометричне замикання вищої кінематичної пари* " кулачок - штовхач".

Примітка: Зазвичай, дійсний профіль продовжують, додаючи до нього з обох боків горизонтальні ділянки, які дорівнюють за довжиною радіусу ролика r_p .

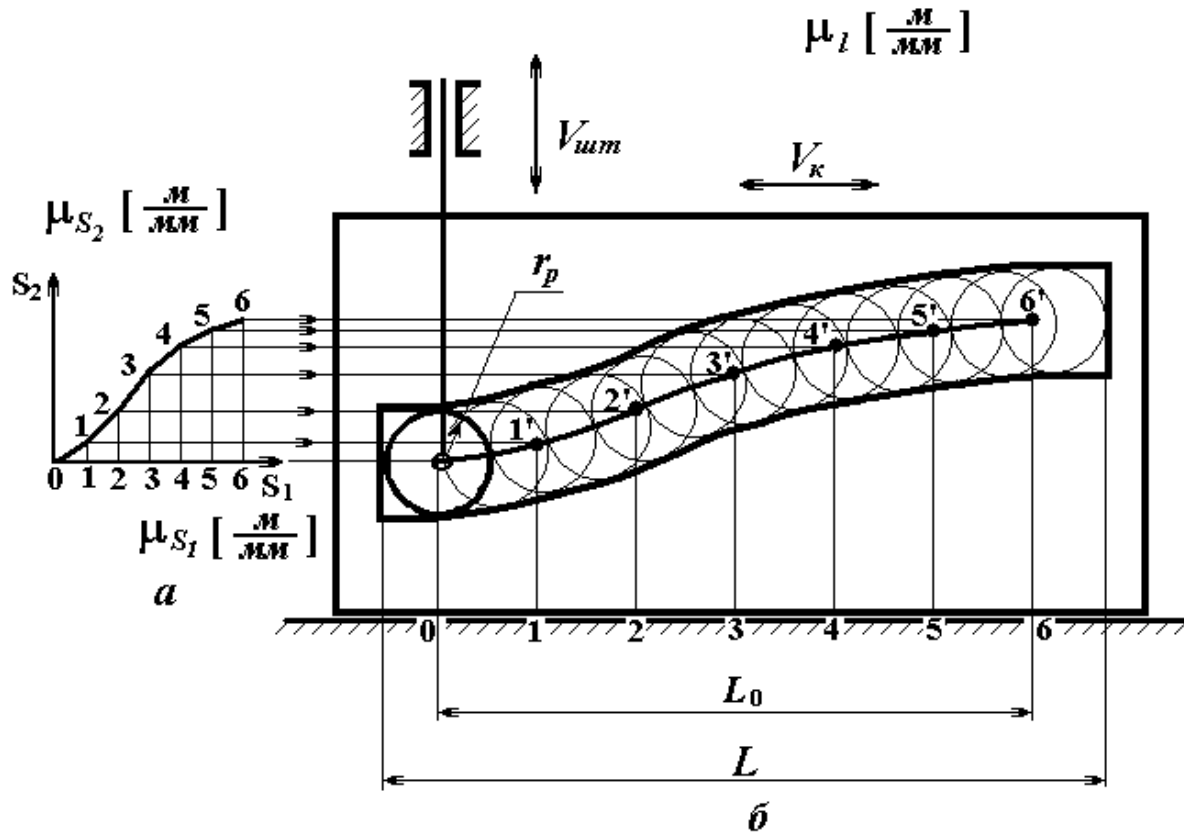


Рис. 15. Побудова профілю кулачка кулачкового механізму з поступально рухомим кулачком
 а. – діаграма переміщення $S_2 = S_2(S_1)$; б.- побудова профілю кулачка

Контрольні питання

1. Задача синтезу кулачкових механізмів.
2. Види кулачкових механізмів.
3. Переваги та область застосування кулачкових механізмів.
4. Закони руху штовхача. Їхні достоїнства та недоліки.
5. Поняття про фазові та профільні кути кулачка.
6. Профілювання кулачка методом обернення руху.
7. Поняття про центровий та дійсний профілі кулачка.
8. Замикання вищої кінематичної пари.
9. Призначення ролика.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1988.– 640 с.
2. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин. – Київ.: Наукова думка, 2002. – 662 с.
3. Левитская О.Н., Левитский Н.И. Курс теории механизмов и машин. М., “Высш. школа”, 1978. – 220 с.
4. Синтез кулачкових механізмів. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з теорії механізмів і машин для студентів машинобудівних спеціальностей /Уклад. О.А.Кірієнко. К.- ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2003. – 32 с.
5. Теория механизмов и механика машин: Учебн. Для вузов/ Под ред. К.В.Фролова. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1998. – 496 с.

З М І С Т

1. Поняття про кулачкові механізми. Область їх застосування	3
2. Види кулачкових механізмів (КМ)	4
3. Поняття про фазові кути кулачка	6
4. Порядок виконання роботи	7
5. Побудова профілю кулачка центрального кулачкового механізму з плоским штовхачем	8
6. Побудова профілю кулачка центрального кулачкового механізму з поступально рухомим штовхачем	9
7. Побудова профілю кулачка позацентрального кулачкового механізму з поступально рухомим штовхачем	12
8. Побудова профілю кулачка кулачкового механізму з коромисловим штовхачем	15
9. Побудова профілю кулачка кулачкового механізму з поступально рухомим кулачком	18