

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

І. П. Гречка,

А. О. Зарубіна,

М. А. Ткачук,

О. В. Устиненко

ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН

ТЛУМАЧНИЙ СЛОВНИК

для студентів спеціальностей «Прикладна механіка», «Галузеве машинобудування», «Автомобільний транспорт» та «Залізничний транспорт»

Затверджено редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 3 від 30.10.2020 р.

Харків
НТУ «ХП»

2020

УДК 531.8 (038)

Т33

Рецензенти:

М. І. Сотник, д-р техн. наук, доц., професор кафедри прикладної гідроаеромеханіки, Сумський державний університет;

В. О. Коваленко, канд. техн. наук, проф., завідувач кафедри «Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Т33 Теорія механізмів і машин: тлумачний словник / І. П. Гречка, А. О. Зарубіна, М. А. Ткачук, О. В. Устиненко. – Харків : ТОВ «Планета-Прінт», 2020. – 56 с.
ISBN 978-617-7897-04-9

Наведено терміни, основні поняття та визначення, які застосовуються при вивченні дисципліни «Теорія механізмів і машин», та розглянуто тлумачення цих термінів і понять. Навчальний посібник відповідає програмі курсу «Теорія механізмів і машин».

Призначено для студентів вищих навчальних закладів в галузі знань «Механічна інженерія» зі спеціальностей «Прикладна механіка» та «Галузеве машинобудування», а також галузі «Транспорт», спеціальності «Автомобільний транспорт» та «Залізничний транспорт».

Лл. 56. Бібліогр. 9 назв.

УДК 531.8 (038)

ISBN 978-617-7897-04-9

© І. П. Гречка, А. О. Зарубіна,
М. А. Ткачук, О. В. Устиненко, 2020

ВСТУП

Тлумачний словник призначений для використання при вивченні курсу «Теорія механізмів і машин» (ТММ) при підготовці бакалаврів як очної, так і заочної форм навчання в галузі знань «Механічна інженерія» за спеціальністю «Прикладна механіка», спеціалізації «Гідропневмоавтоматика нафтогазового устаткування», «Інженерія логістичних систем», «Інструментальне виробництво», «Інтегровані технології машинобудування», «Металорізальні верстати та системи», «Обладнання та технології ливарного виробництва», «Обладнання та технології обробки тиском», «Технології автоматизованого виробництва», «Інженерія мехатронних гідропневмосистем», «Зварювання та споріднені процеси і технології», «Комп'ютерне моделювання технічних систем»; за спеціальністю «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Автомобілі та трактори», «Машини і механізми нафтогазових промислів», «Обладнання харчових, переробних та хімічних виробництв», «Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання», «Автоматизоване проектування транспортних засобів високої прохідності», «Автоматизовані та роботизовані технологічні комплекси у машинобудуванні», «Мехатронні системи транспортних засобів»; в галузі знань «Транспорт» за спеціальністю «Автомобільний транспорт», спеціалізації «Автомобілі та автомобільне господарство», за спеціальністю «Залізничний транспорт», спеціалізації «Локомотиви та локомотивне господарство». Метою вивчення курсу ТММ є отримання знань про структуру сучасних механізмів і машин, про кінематичні та динамічні властивості машин у цілому і їх окремих частин, про взаємодію механізмів у машинах, про властивості механізмів і машин як об'єктів керування. При підготовці бакалавра ця дисципліна вивчається в числі перших, на яких базується вивчення спеціальних дисциплін.

Курс ТММ викладається студентам другого і третього курсів. При цьому студенти вперше за час навчання зустрічаються з багатьма з технічних термінів, понять та визначень. Надалі ці терміни будуть складати основу їх технічного словникового запасу, і дуже важливе точне розуміння цих термінів і понять, які будуть використовуватися в практичній і науковій діяльності, як при подальшому навчанні, так і в практичній діяльності на виробництві та інших установах, де працюватимуть випускники.

Цей матеріал має сенс використовувати на початку вивчення курсу для ознайомлення з його змістом, а також на завершальному етапі при підготовці до контрольних робіт з вивчених тем та для складання заліку або іспиту.

При необхідності дистанційного, заочного та самостійного навчання студент має можливість успішно засвоїти необхідні теми, використовуючи це навчальне видання як додаткове пояснення матеріалу курсу.

Цей словник може бути корисний студентам при вивченні інших предметів з розділу «Професійна підготовка», які є базовими при загально-інженерній підготовці бакалавра.

1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ

Теорія механізмів і машин (ТММ) – наука, що вивчає загальні методи структурного, кінематичного та динамічного аналізу і синтезу різних механізмів, механіку машин, а також взаємодію механізмів в машинах.

Машина – пристрій для перетворення енергії, матеріалів і інформації.

Енергетична машина – пристрій для перетворення одного виду енергії в інший. Це електродвигуни (ЕД), двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ), турбіни.

Транспортна машина – пристрій для переміщення різних об'єктів у просторі. Це автомобілі, підйомно-транспортне обладнання тощо.

Технологічна машина – пристрій для перетворення форми, розмірів, властивостей і стану матеріалів і заготовок. Це металорізальні верстати (МРВ), ковальсько-пресове обладнання, компресори, прокатні стани, ливарне обладнання.

Інформаційна машина – пристрій для перетворення інформації. Це математичні та контрольно-керуючі прилади.

Робоча машина – це загальна назва транспортних, технологічних та інформаційних машин.

Машинний агрегат – поєднання робочої машини з енергетичною.

Цикл машини – період, за який здійснюється певна сукупність робіт і процесів, у результаті чого система приходиться у стан, який був на початку періоду.

Кінематичний цикл – період, через який збігаються положення та напрям руху точок всіх ланок механізму або системи механізмів, їх швидкості та прискорення.

Енергетичний цикл – період, за який повторюється характер зміни потужності діючих сил та моментів.

Робочий цикл – період, за який повторюється сукупність операцій технологічної машини.

Технологічний цикл – період, після завершення якого закінчується виготовлення деталі.

Виробничий цикл – період часу з моменту постачання сировини до отримання готового виробу.

Циклограма роботи машини (графік циклічності) – графічне зображення послідовності руху виконавчих органів механізму за цикл (рис. 1.1).

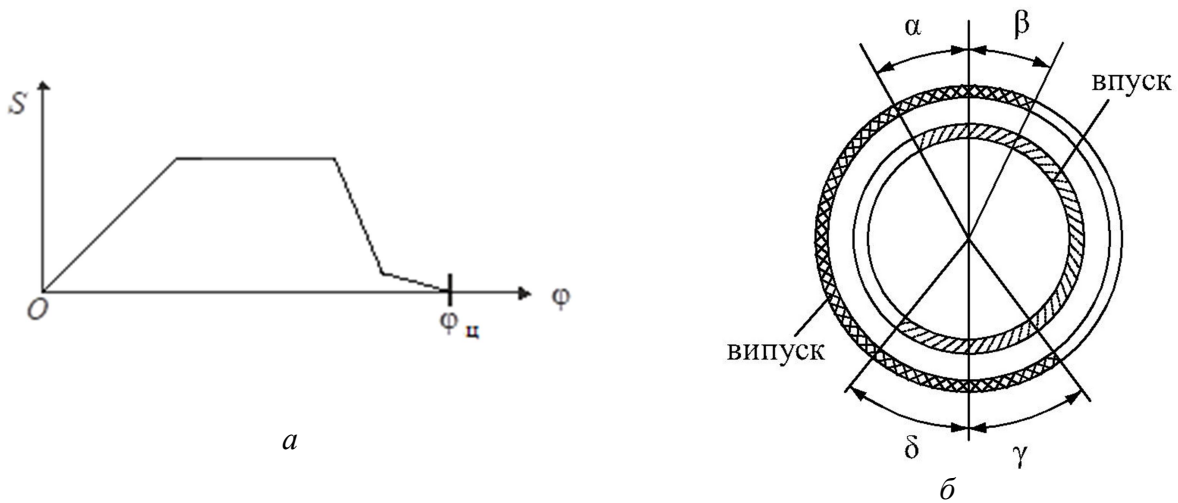


Рис. 1.1. Циклограма машини:

a – лінійна циклограма (S – переміщення виконавчого органу, φ – кут повороту ведучого вала); *б* – кругова циклограма роботи клапанів двигуна внутрішнього згорання ($\alpha, \beta, \delta, \gamma$ – кути випередження і запізнювання відкриття клапанів)

Лінійна циклограма – зображення, на якому графік переміщення виконавчого органу умовно зображують нахильними прямими, а періоди зупинок (вистоїв) – горизонтальними прямими.

Прямокутна та кругова циклограми – зображення, на яких графіки переміщень не показують, а інтервали окремих етапів руху або операцій виділяють штрихуванням або товстими лініями (прямими або дугами кіл).

Час циклу – проміжок часу, через який повторюється послідовність переміщень всіх виконавчих ланок механізму.

Такт або фаза – проміжки циклу, які визначають основний стан механізму, наприклад такти руху, вистою, впуску, стиснення, розширення робочої суміші, випуску відпрацьованих газів тощо.

Тактограма – схема узгодженості переміщень виконавчих органів залежно від їх положень.

Механізм – система тіл, призначена для перетворення заданого руху одного або декількох твердих тіл у необхідні рухи інших твердих тіл.

Ланка – одна деталь або група жорстко з'єднаних між собою деталей, які рухаються як одне ціле, тобто є кінематично незмінною системою.

Вхідна ланка – ланка, якій надається рух, що перетворюється у необхідні рухи інших ланок.

Вихідна ланка – ланка, що здійснює рух, для виконання якого призначений механізм.

Початкова ланка – ланка, рух якої задається, і параметри цього руху визначають рух усіх ланок механізму (те ж, що й вхідна ланка).

Виконавча ланка – ланка, що забезпечує рух для виконання механізмом технологічного процесу (те ж, що і вихідна ланка).

Ведуча ланка – ланка, для якої елементарна робота прикладених до неї зовнішніх сил позитивна.

Ведена ланка – ланка, для якої елементарна робота прикладених до неї зовнішніх сил негативна або дорівнює нулю.

Кривошип – ланка, яка здійснює повний оберт навколо нерухомої точки.

Коромисло – ланка, яка здійснює неповний оберт, тобто гойдальний рух відносно нерухомої точки.

Повзун – ланка, яка рухається поступально.

Шатун – ланка, яка не має точки контакту зі стояком і яка здійснює складний рух.

Куліса – рухома напрямна повзуна, яка утворює пару зі стояком.

Стояк – нерухома ланка.

Кінематична схема – умовне зображення механізму в певному масштабі, що містить всі дані, необхідні для виконання кінематичних розрахунків (рис. 1.2 і 1.3).

Кінематична пара – з'єднання двох ланок, що допускає їх певний відносний рух.

Елемент пари – сукупність поверхонь, ліній та точок ланки, що входить у контакт з іншою ланкою пари.

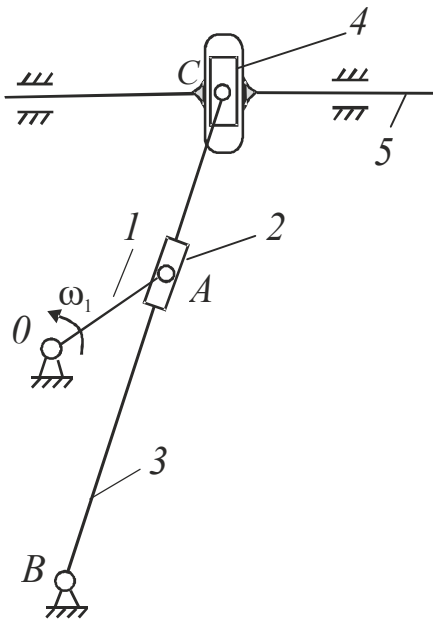


Рис. 1.2. Кінематична схема шарнірно-важільного механізму: 0 – стаяк (на кінематичній схемі виділяють штрихуванням); 1 – кривошип; 2, 4, 5 – повзуни; 3 – коромисло або куліса – рухома напрямна повзуна

Поступальна пара – однорухома пара, яка припускає прямолінійно-поступальний рух однієї ланки відносно іншої.

Обертальна пара (шарнір) – однорухома пара, яка допускає обертальний рух однієї ланки відносно іншої.

Гвинтова пара – однорухома пара, що допускає гвинтовий рух однієї ланки щодо іншої (пара гвинт-гайка). Пара однорухома, тому що поступальний і обертальний рухи в цій парі неможливі один без одного.

Циліндрична пара (циліндричний шарнір) – дворухома пара, що допускає обертальний і також поступальний рух уздовж осі обертання однієї ланки відносно іншої.

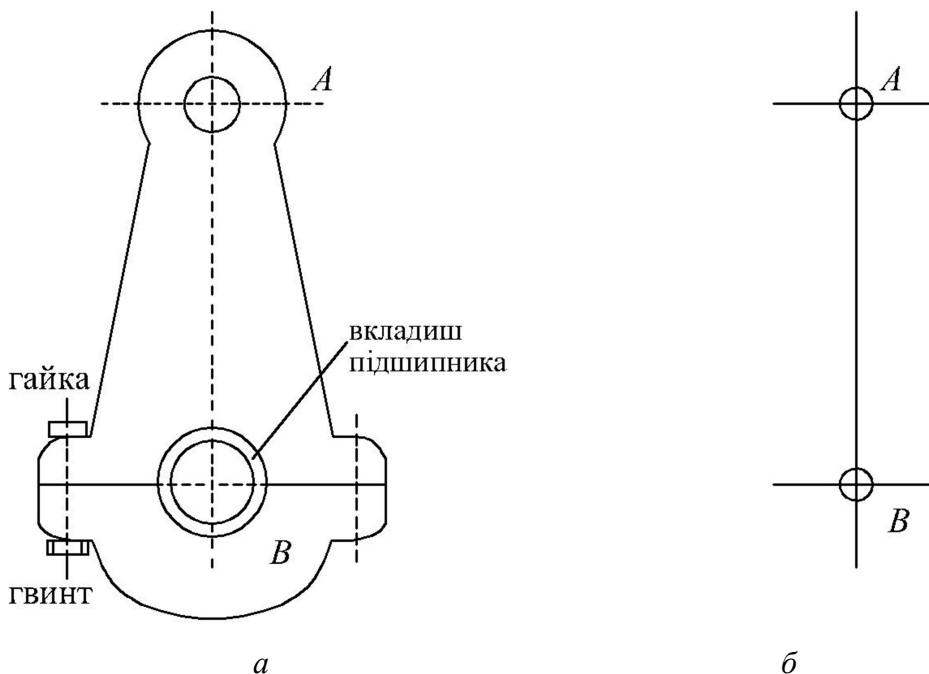


Рис. 1.3. Зображення шатуна: а – конструктивне; б – на кінематичній схемі

Сферична пара (сферичний шарнір) – трирухома пара, що допускає обертальні рухи ланок пари навколо трьох осей.

Елемент пари – точка, лінія або поверхня однієї ланки, що входять в контакт з іншою ланкою пари.

Замикання кінематичної пари – умови забезпечення постійного контакту елементів пари.

Геометричне замикання – замикання, при якому постійний контакт елементів пари забезпечується конструктивною формою цих елементів (рис. 1.4).

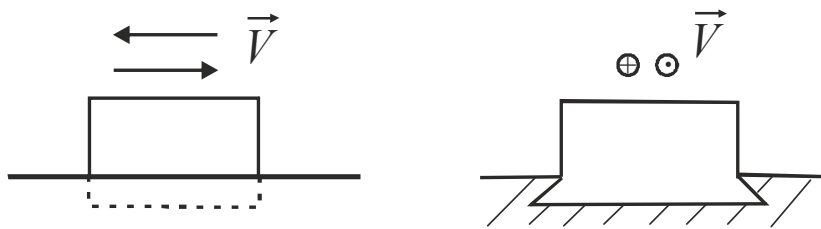


Рис. 1.4. Геометричне замикання поступальної пари

Силове замикання – замикання, при якому постійний контакт елементів пари забезпечується за рахунок сили тяжіння ланки, сили пружності пружини тощо (рис. 1.5).

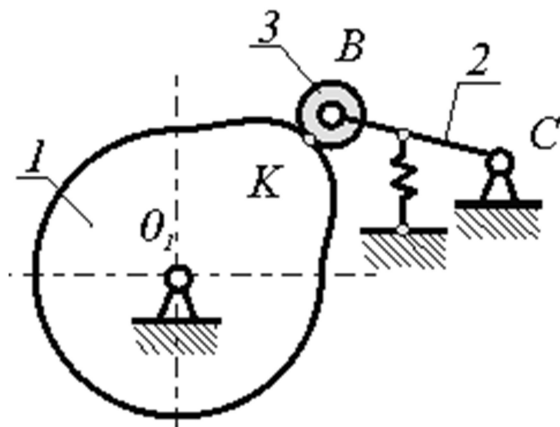


Рис. 1.5. Силове замикання вищої пари:
1 – кулачок; 2 – коромисло; 3 – ролик

Нижча пара – пара, в якій елементом є поверхня.

Вища пара – пара, в якій елементом є лінія або точка.

Клас пари – число умов в'язів, які накладаються парою на відносний рух ланок, що її утворюють.

Кінематичний ланцюг – система ланок, що утворюють між собою кінематичні пари.

Плоский кінематичний ланцюг – ланцюг, точки ланок якого мають траєкторії, що розташовані в одній площині або в паралельних площинах.

Просторовий кінематичний ланцюг – ланцюг, траєкторії точок ланок якого неплоскі або лежать у непаралельних площинах.

Простий кінематичний ланцюг – ланцюг, в якому кожна ланка входить не більше ніж у дві кінематичні пари.

Складний кінематичний ланцюг – ланцюг, в якому є ланки, що входять більш ніж у дві кінематичні пари.

Замкнутий кінематичний ланцюг – ланцюг, в якому всі ланки утворюють не менше двох кінематичних пар.

Незамкнутий кінематичний ланцюг – ланцюг, в якому є ланки, що утворюють одну кінематичну пару (рис. 1.6).

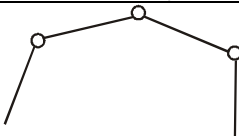
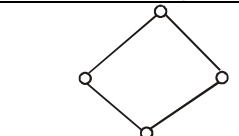
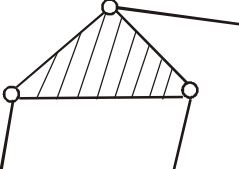
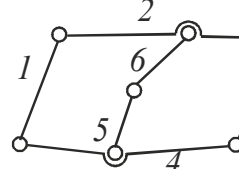
Ланцюги	Незамкнуті	Замкнуті
Прості		
Складні		

Рис. 1.6. Види кінематичних ланцюгів

Плоский механізм – механізм, в якому всі ланки здійснюють плоскі рухи у паралельних площинах.

Просторовий механізм – механізм, в якому ланки мають неплоскі траєкторії або рухаються у непаралельних площинах.

Важільний механізм – механізм, що має ланки у вигляді важелів і повзунів, які утворюють між собою обертальні, поступальні, циліндричні або сферичні пари.

Шарнірний механізм – механізм, ланки якого утворюють між собою тільки обертальні пари.

Клиновий механізм – механізм, ланки якого утворюють між собою тільки поступальні пари.

Шарнірний чотириланковик – важільний механізм, який має три рухомі ланки у вигляді важелів, які між собою і стояком утворюють тільки обертальні пари.

Двокривошипний механізм – шарнірний чотиріланковий механізм, який має у своєму складі два кривошипи.

Двокоромисловий механізм – шарнірний чотириланковий механізм, який має у своєму складі два коромисла.

Кривошипно-коромисловий механізм – шарнірний чотириланковий механізм, який має у своєму складі кривошип і коромисло.

Кривошипно-повзунний механізм – важільний чотириланковий механізм (три рухомі ланки та стояк), що має у своєму складі кривошип і повзун; утворює кінематичну поступальну пару зі стояком.

Кулачковий механізм – триланковий механізм, що має вищу пару, яка утворена ведучою ланкою (кулачком) і веденою ланкою (штовхачем або коромислом); дозволяє отримувати складні закони руху веденої ланки, у тому числі з зупинками (вистоями) веденої ланки при безперервному русі кулачка.

Кулісний механізм – важільний механізм, до складу якого входить куліса.

Зубчастий механізм – механізм, що складається з ланок у вигляді зубчастих коліс, призначений для перетворення швидкості обертання (крутних моментів) валів, на яких розташовуються зубчасті колеса.

Фрикційний механізм – механізм, в якому передача обертального руху здійснюється за допомогою тертя між ланками.

Механізми з переривчастим рухом веденої ланки – механізми, в яких ведені ланки здійснюють періодичний рух з наступною повною зупинкою. До таких механізмів відносяться кулачкові, мальтійські, храпові і деякі зубчасті механізми, наприклад цівковий і зірчастий.

Мальтійський механізм – механізм, який перетворює безперервне обертання вхідної ланки (кривошипа) у переривчастий рух вихідної ланки, яка називається мальтійський хрест.

Храповий механізм – механізм, в якому зворотно-обертальний рух коромисла з собачкою перетворюється в переривчастий обертальний (в одному напрямку) рух храпового колеса.

Цівковий механізм – зубчастий механізм для передачі обертання між паралельними валами, в якому одне з коліс (цівкове колесо) має зуби у вигляді кругових циліндрів – цівок.

Зірчастий механізм – механізм для періодичного обертального руху із використанням зубчастого зачеплення.

Муфта – механізм, який служить для з'єднання валів і передачі руху від ведучого вала до веденого. Муфти бувають кулачкові, зубчасті, фрикційні.

2. СТРУКТУРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ

Структурні дослідження – виявлення закономірностей і особливостей побудови механізму.

Узагальнена координата механізму – кожна з незалежних між собою координат, що визначають положення всіх ланок механізму щодо стояку.

Число ступенів свободи кінематичного ланцюга – число узагальнених координат, які визначають положення всіх ланок ланцюга щодо деякої системи координат.

Число ступенів рухомості кінематичного ланцюга – число ступенів свободи щодо стояку. Відповідає числу незалежних рухів, які можна повідомити ланкам цього ланцюга щодо стояку.

Загальні в'язі в механізмі – в'язі, які накладено одночасно на всі його ланки.

Пасивні в'язі – в'язі, які не впливають на рух ланок.

Зайві ступені свободи – ступені свободи, які не впливають на закон руху веденої ланки (вихідної або виконавчої).

Вхідний кінематичний ланцюг – початкова ланка (початкові ланки) механізму, яка утворює кінематичну пару (пари) зі стояком.

Структурна група (група Ассура) – кінематичний ланцюг, що має нульовий ступінь рухомості щодо стояку і не розкладається на більш прості ланцюги, які відповідають цій умові.

Структурна схема механізму – умовне зображення механізму, на якому кожна ланка зображується у вигляді багатокутника (відрізка), з числом сторін, що дорівнює кількості кінематичних пар, в які входить ця ланка, а всі пари зображуються як обертальні (шарніри). Схема будується без масштабу, і вона необхідна для виявлення структурних груп (рис. 2.1).

Клас структурної групи – клас, який визначається числом пар, що утворюють замкнутий контур найвищого порядку (рис. 2.2).

Вид структурної групи другого класу – вид, що визначається числом і розташуванням поступальних пар.

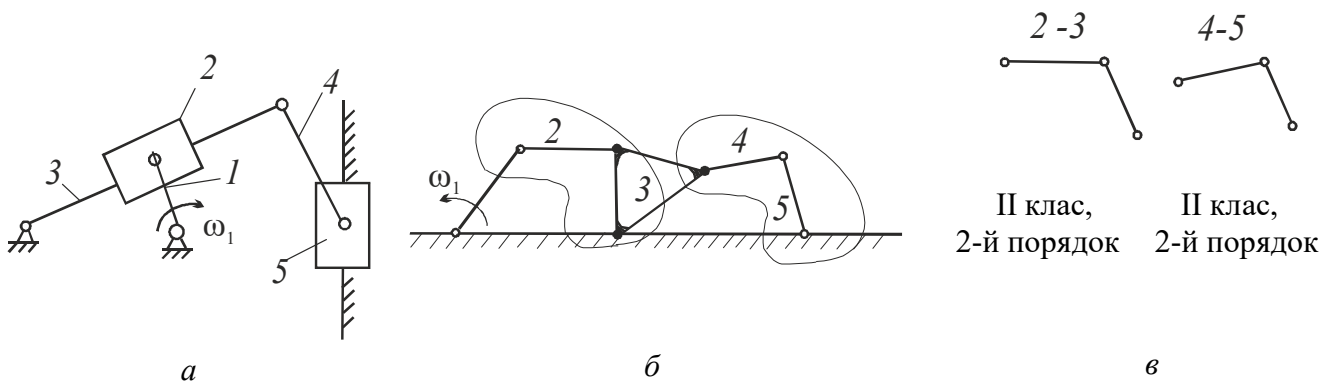


Рис. 2.1. Механізм брикетувального автомата (кулісний шестиланковий механізм):
a – кінематична схема; *б* – структурна схема; *в* – групи Ассура

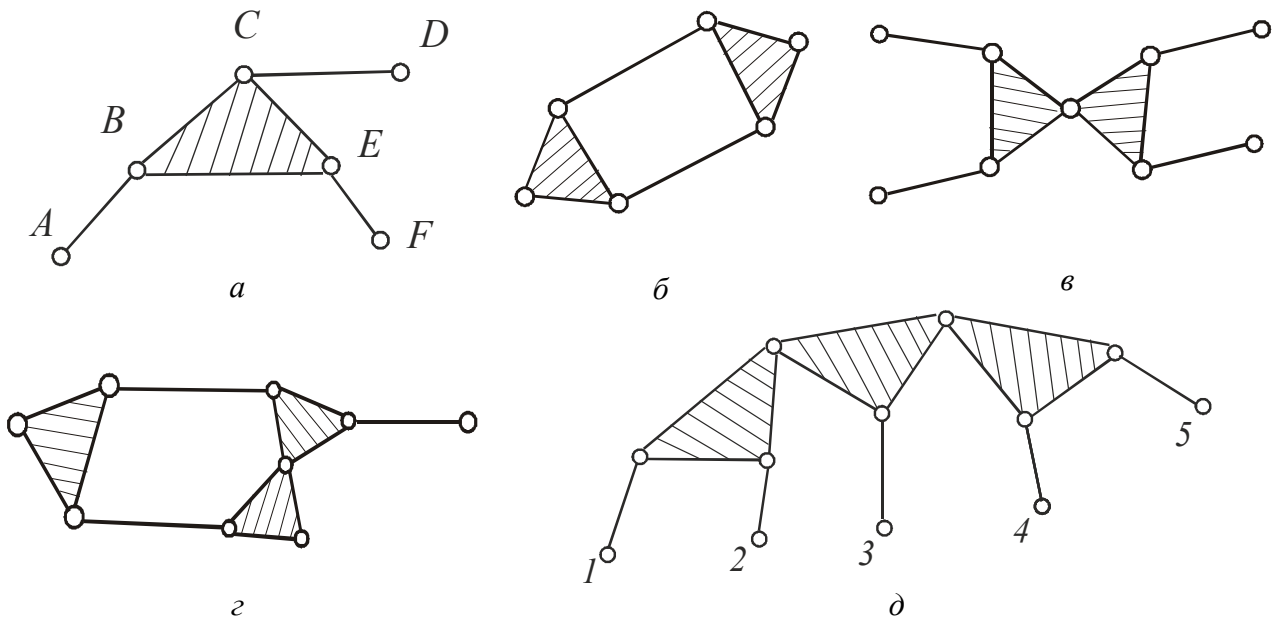


Рис. 2.2. Види груп Ассура:
a – III клас, 3-й порядок, триповідкова група, $n = 4, p_5 = 6$; *б* – IV клас, 2-й порядок, $n = 4, p_5 = 6$;
в – III клас, 4-й порядок, чотириповідкова, $n = 6, p_5 = 9$; *г* – V клас, 3-й порядок, $n = 6, p_5 = 9$;
д – III клас, 5-й порядок, п'ятиповідкова, $n = 8, p_5 = 12$

Порядок структурної групи – число вільних елементів, якими група приєднується до інших ланок механізму і з якими вона утворює кінематичні пари (рис. 2.2).

Клас механізму – клас, що визначається найвищим класом із структурних груп цього механізму.

Завдання структурного аналізу механізму – завдання, яке полягає у визначенні параметрів структури заданого механізму: числа рухомих ланок, наяв-

ності пасивних в'язів, структурних груп і їх класу і виду, кількості та виду кінематичних пар, ступеня рухомості механізму.

Завдання структурного синтезу механізму – завдання, яке полягає у визначенні параметрів структури нового механізму, який має задані властивості: число ступенів рухомості, мінімум ланок з парами певного виду.

3. КІНЕМАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Кінематичне дослідження механізму – вивчення законів руху ланок механізму без урахування сил, що обумовлюють цей рух. Мета – визначити координати, швидкості і прискорення осей шарнірів, а також кути повороту, кутові швидкості і кутові прискорення ланок для ряду конкретних послідовних положень початкової ланки за заданим законом руху початкової ланки у межах циклу роботи механізму.

Послідовність кінематичного дослідження – послідовність розгляду структурних груп, починаючи з першої у порядку створення механізму структурної групи.

Етапи кінематичного дослідження – порядок визначення кінематичних параметрів механізму, починаючи з лінійних положень осей шарнірів і кутових положень ланок на першому етапі, лінійних швидкостей осей шарнірів і кутових швидкостей ланок на другому етапі, а також лінійних прискорень осей шарнірів і кутових прискорень ланок на третьому етапі.

Аналітичний метод кінематичного дослідження – метод, що передбачає визначення кінематичних параметрів шляхом аналітичного розв'язання рівнянь, що визначають значення цих параметрів.

Графоаналітичний метод кінематичного дослідження – метод, при якому записані в аналітичному вигляді рівняння для визначення кінематичних параметрів (переміщень, швидкостей і прискорень) розв'язуються графічними методами, а саме побудовою планів положень механізму, планів швидкостей і планів прискорень з обраним кроком повороту початкової ланки на інтервалі циклу роботи механізму.

План механізму – кінематична схема механізму в обраному масштабі, яка відповідає певному положенню початкової ланки.

Плани положень механізму (суміщені плани механізму) – кінематичні схеми механізму, виконані в одній системі координат для ряду послідовних положень початкової ланки (рис. 3.1).

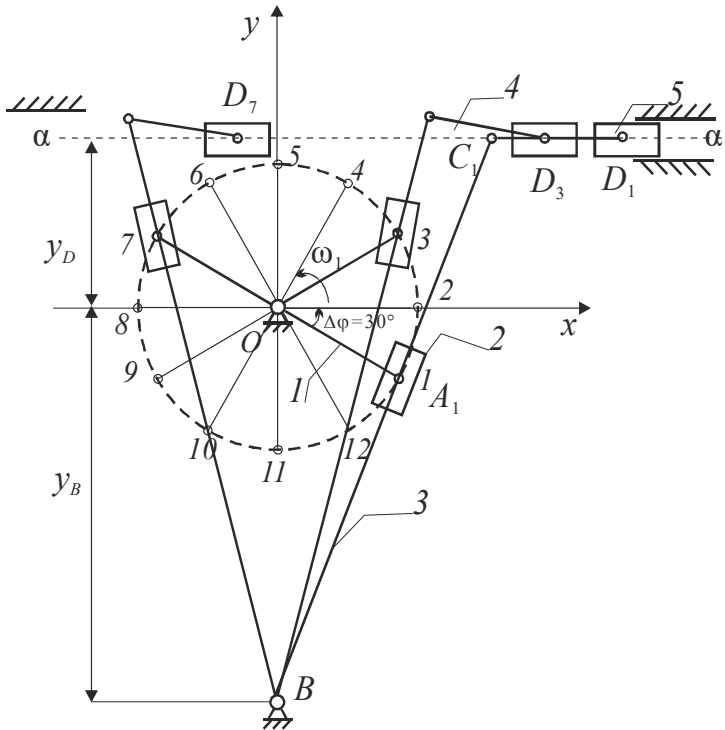


Рис. 3.1. Плани положень механізму

ображена дана фізична величина.

План швидкостей механізму – креслення, на якому в масштабі зображені у вигляді відрізків вектори, що дорівнюють за модулем і напрямком швидкостям різних точок механізму у даний момент циклу (у даному положенні) механізму.

Полюс плану швидкостей – точка плану, з якої побудовані вектори абсолютних швидкостей. Між кінцями абсолютних швидкостей на плані розташовуються відносні швидкості (рис. 3.2).

План прискорень механізму – креслення, на якому зображені у вигляді відрізків вектори, що дорівнюють за модулем і напрямком прискоренням різних точок ланок механізму у даний момент циклу (у даному положенні) механізму.

Полюс плану прискорень – точка плану, з якої беруть початок вектори абсолютних прискорень точок механізму (рис. 3.3).

Крайнє положення ланки – положення ланки, з якого вона може рухатися тільки в одному напрямку.

Крайнє положення механізму – положення механізму, при якому хоча б одна ланка механізму займає крайнє положення.

Масштабний коефіцієнт – число, що показує, скільки одиниць фізичної величини міститься в одному міліметрі креслення, на якому зображена дана фізична величина.

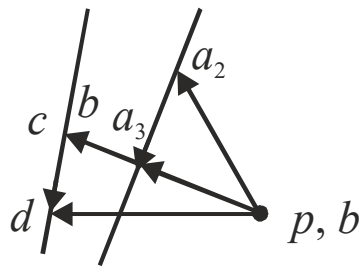


Рис. 3.2. План швидкостей

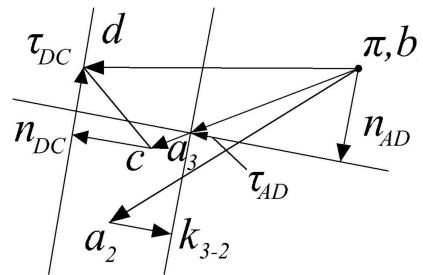


Рис. 3.3. План прискорень

Правило подібності – якщо точки на ланці утворюють деяку фігуру, то однойменні точки на планах швидкостей і прискорень утворюють подібну до неї фігуру, причому напрямок обходу від точки до точки на кінематичній схемі механізму і на планах швидкостей і прискорень зберігається.

4. ТЕРТЯ У МАШИНАХ

Тертя – явище протидії руху одного тіла відносно іншого.

Сила тертя – сила опору відносному руху тіл.

Поверхні тертя – поверхні, якими стикаються тіла, що здійснюють відносний рух.

Сухе тертя – тертя незмащених поверхонь (рис. 4.1).

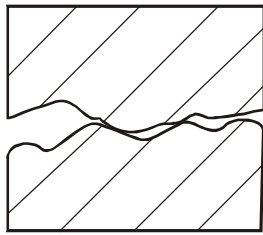


Рис. 4.1. Сухе тертя

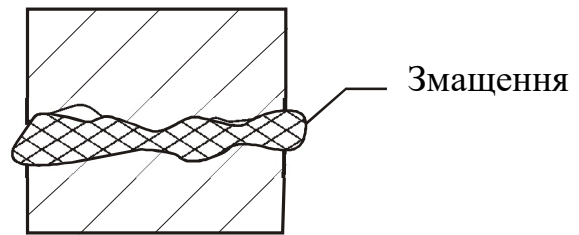


Рис. 4.2. Рідинне тертя

Рідинне тертя – тертя, яке виникає, якщо поверхні тертя повністю роз'єднані шаром мастила (рис. 4.2).

Напівсухе (напіврідинне) тертя – комбінація сухого і рідинного тертя.

Тертя ковзання – опір поступальному переміщенню одного тіла відносно іншого.

Цапфа – частина вала, якою він стикається з опорою.

Шип – цапфа, що розташована на кінці вала і що сприймає радіальне навантаження.

Шийка вала – середня частина вала, що сприймає радіальне навантаження.

Підшипник – опора вала (шийки і шипа).

П'ята – цапфа, що сприймає осьове навантаження.

Підп'ятник – нерухома опора п'яти.

Тертя кочення – опір перекочуванню одного тіла відносно іншого.

Тертя вертіння – тертя при обертанні одного тіла щодо іншого навколо загальної нормалі до поверхонь їхнього стикання (тертя у так званій парі п'ята-підп'ятник).

Тертя кочення з прослизанням – поєднує процеси, які виникають при русі кочення, що періодично змінюється на рух ковзання.

Трибометр – пристрій для вимірювання сили тертя у різних парах тертя.

Закони Амонтона – Кулона – закони, що характеризують процеси у випадку тертя ковзання:

1. Сила тертя виникає тільки за наявності зсувної сили.
2. За інших рівних умов сила тертя не залежить від розмірів поверхні тертя.
3. Максимальне значення сила тертя набуває у момент початку руху і називається силою тертя спокою.
4. Сила тертя руху не більша від сили тертя спокою.

Сила тертя спокою – максимальна сила опору відносному руху, що виникає в момент початку руху.

Сила тертя руху – сила опору відносному руху у процесі руху.

Коефіцієнт тертя спокою – відношення модуля сили тертя спокою до модуля нормальної реакції між контактуючими тілами.

Коефіцієнт тертя руху – відношення модуля сили тертя руху до модуля нормальної реакції між контактуючими тілами.

Коефіцієнт зчеплення – відношення найбільшої сили тертя спокою двох тіл, що контактують, до сили, яка розташована по нормалі до поверхонь тертя.

Відповідає коефіцієнту тертя спокою.

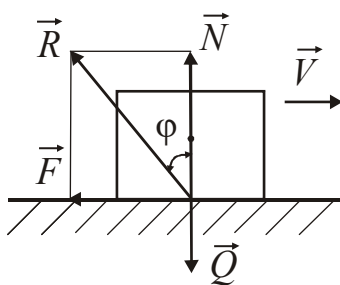


Рис. 4.3. Кут тертя

Кут тертя (ϕ) – кут між векторами нормальної і повної реакцій контактуючих тіл (рис. 4.3).

Конус тертя – поверхня конуса, яку опише повна реакція між тілами контакту, якщо одне з тіл переміщати відносно іншого у довільних напрямках площини контакту з іншим тілом.

Самогальмівна похила площина – площина, на якій вантаж не скочується під дією власної ваги.

Коло тертя – коло, радіус якого дорівнює добутку коефіцієнта тертя ковзання на радіус вала, що утворює обертальну пару (шарнір).

Коефіцієнт тертя кочення – відстань, на яку зміщується вектор нормальної реакції між тілами від початкового положення у спокої при перекочуванні одного тіла по іншому.

Фрикційні матеріали – матеріали, які мають значні коефіцієнти тертя. Це шкіра, гума, азбест, текстоліт тощо.

Антифрикційні матеріали – матеріали, що мають низькі коефіцієнти тертя. Це бронза, бабіт, сірий чавун і деякі пластмаси.

Мертві положення – такі положення механізму, при яких ланки не мають можливості рухатися через гальмівну дію сил тертя. Механізм у цих положеннях відповідає умовам самогальмування.

Самогальмування – стан механізму, в якому рух його ланок неможливий при будь-яких значеннях рушійної сили через дію сил тертя.

5. СИЛОВИЙ РОЗРАХУНОК

Силовий розрахунок механізму – визначення сил, що діють на ланки механізму, реакцій у кінематичних парах і зрівноважувальної сили або зрівноважувального моменту приводу механізму.

Ідеальний силовий розрахунок – розрахунок без урахування сил тертя.

Реакції у кінематичних парах – зусилля, що виникають у кінематичних парах при русі механізму під впливом зовнішніх сил.

Зовнішні реакції – реакції у кінематичних парах, якими структурна група Ассура приєднується до інших ланок механізму.

Внутрішня реакція – реакція у кінематичній парі, утвореній ланками структурної групи Ассура.

Принцип д'Аламбера – якщо до зовнішніх сил, прикладених до системи, додати сили інерції, то система буде відповідати умовам рівноваги.

Метод кінетостатики – силовий розрахунок механізму з використанням сил інерції і застосуванням рівнянь динамічної рівноваги, тобто розрахунок, заснований на принципі д'Аламбера.

Рушійна сила – сила, яка здійснює позитивну роботу і яка прикладена до ведучої (початкової) ланки (з боку двигуна).

Сила корисного опору (виробничого опору) – сила, яка здійснює негативну роботу і яка виникає при виконанні тієї технологічної функції, для якої призначена машина. Сила корисного опору діє на вихідну (виконавчу) ланку на робочому ході і спрямована у бік, протилежний швидкості цієї ланки.

Сили шкідливого опору (невиробничих опорів) – сили тертя у кінематичних парах і сили опору середовища (повітря, води тощо). Робота цих сил негативна.

Сили тяжіння ланок – сили, прикладені у центрах їх мас. На окремих інтервалах руху механізму ці сили можуть здійснювати як позитивну, так і негативну роботу. За період циклу руху механізму робота цих сил дорівнює нулю.

Сили інерції – фіктивні сили, що з’являються у відповідь на дію зовнішніх сил, які викликають нерівномірний рух механізму. За період циклу руху механізму робота сил інерції дорівнює нулю.

Головний вектор сил інерції – сукупність елементарних сил інерції часток мас ланки, які виникають у відповідь на поступальний рух ланки. Точка прикладання розташована в центрі мас ланки. Дорівнює добутку маси ланки на прискорення центру мас. Цей вектор направлений у напрямку, протилежному вектору прискорення центру мас.

Головний момент сил інерції – сукупність елементарних моментів інерції часток мас ланки, які виникають у відповідь на обертальний рух ланки. Дорівнює добутку моменту інерції мас ланки на кутове прискорення ланки у обертальному русі. Цей момент направлений проти кутового прискорення ланки.

Схема навантаження – зображення структурної групи Ассура, побудоване з урахуванням масштабного коефіцієнта довжин у певному положенні механізму. На ній показані: головні моменти сил інерції; прикладені у відповідних точках сили тяжіння ланок; головні вектори сил інерції; сила корисного опору з урахуванням напрямків; реакції у кінематичних парах (рис. 5.1).

План сил – замкнутий силовий багатокутник, побудований для кожної структурної групи і початкової ланки, для певного положення механізму. Є графічним зображенням умови рівноваги групи або ланки і виконується у певному масштабі (рис. 5.2).

Силовий розрахунок із урахуванням сил тертя – розрахунок, що виконується після ідеального силового розрахунку. При цьому сили тертя враховуються як відомі сили, які визначаються за ідеальними реакціями.

Зрівноважувальна сила або зрівноважувальний момент – сила або момент, прикладені до початкової ланки з боку приводу машини, що зрівноважують всі сили, прикладені до механізму, для забезпечення необхідного руху.

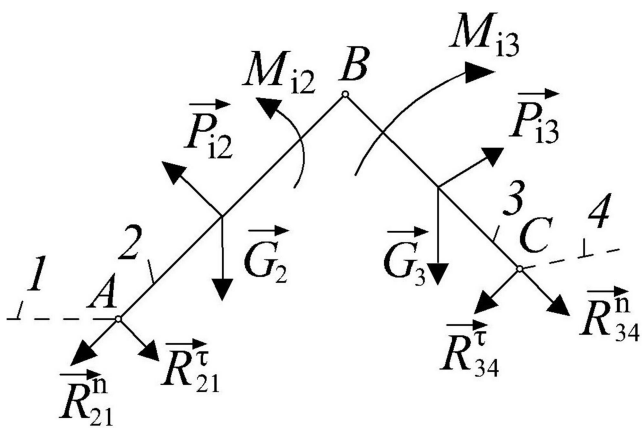


Рис. 5.1. Схема навантаження

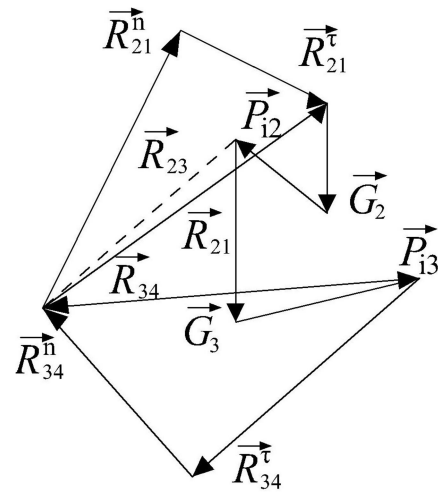


Рис. 5.2. План сил

Коефіцієнт корисної дії (ККД) машини – величина, що характеризує частину механічної енергії, яка втрачається за рахунок сил тертя. Визначається як відношення зрівноважувальної сили (моменту) ідеального силового розрахунку до зрівноважувальної сили (моменту) з урахуванням сил тертя.

6. ДИНАМІКА МАШИН

Динамічне дослідження (аналіз) – задача дослідження закономірностей руху машин і механізмів під дією прикладених сил.

Динамічне проектування (синтез) – задача визначення маси, моментів інерції, а отже, розмірів ланок, при яких ланки механізму рухалися б у заданому режимі (при цьому задані кінематичні характеристики режиму руху механізму і зовнішні сили опору).

Динамічна модель механізму (машинного агрегату) – модель системи, в якій одна ізольована вибрана ланка механізму (ланка приведення), як правило, це початкова ланка, рухається за тим же законом, що і реальна початкова ланка механізму, при цьому кутова швидкість початкової ланки дорівнює кутовій швидкості моделі. Модель призначена для дослідження властивостей механізму і машини за час циклу його роботи (рис. 6.1).

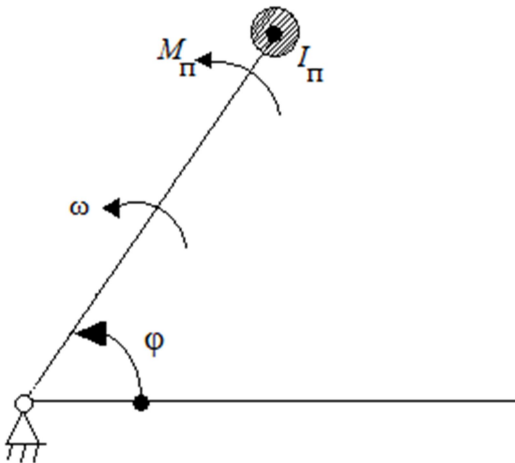


Рис. 6.1. Динамічна модель механізму (машинного агрегату)

Пряма задача динаміки – визначення закону руху системи при заданому керуючому силовому впливі.

Зворотна задача динаміки – визначення необхідного керуючого силового впливу, що забезпечує необхідний закон руху системи.

Регулювання машинного агрегату – встановлення способів зменшення

динамічних навантажень і коливань кутової швидкості початкової ланки шляхом вибору параметрів регулюючих пристроїв.

Побудова моделі – визначення зведеної сили (зведеного моменту) і зведеної маси (зведеного моменту інерції) машини, що забезпечують еквівалентність моделі і реальної машини.

Критерії еквівалентності моделі і реальної машини – у кожен момент циклу роботи машини потужність зведеної сили (зведеного моменту сил) моделі повинна дорівнювати потужності всіх сил, що діють у машині, а кінетична енергія зведеної маси (зведеного моменту інерції) повинна дорівнювати сумі кінетичних енергій усіх рухомих мас машини.

Зведена сила (зведений момент сил) – умовна сила (умовний момент сил), прикладена у точці зведення (що діє на ланці зведення), потужність якої (якого) у кожен момент циклу дорівнює сумі потужностей усіх сил і моментів, що діють у реальній машині.

Зведена маса (зведений момент інерції) – умовна маса (умовний момент інерції), зосереджена на ланці зведення, кінетична енергія якої (якого) у кожен момент циклу дорівнює сумі кінетичних енергій усіх рухомих мас машини.

Рівняння руху машинного агрегату – рівняння, складене на підставі теореми про зміну кінетичної енергії, яке встановлює зв'язок між діючими силами, моментами сил і параметрами руху машини. Це рівняння може мати енергетичну і диференціальну форму.

Режими роботи (руху) машинного агрегату – розбіг, усталений режим, вибіг (рис. 6.2).

Тахограма механізму – крива залежності кутової швидкості початкової ланки від часу (див. рис. 6.2).

Розбіг – режим роботи від моменту увімкнення машинного агрегату, коли кутова швидкість початкової ланки зростає від нуля до деякого середнього значення (див. рис. 6.2).

Вибіг – режим роботи від виключення до повної зупинки машинного агрегату, коли кутова швидкість падає від деякого середнього значення до нуля (див. рис. 6.2).

Перехідний режим – режим, що характеризується неперіодичними коливаннями, тобто коливаннями кутової швидкості головного вала агрегату, що не повторюються. Розбіг і вибіг відносяться до цього режиму (див. рис. 6.2).

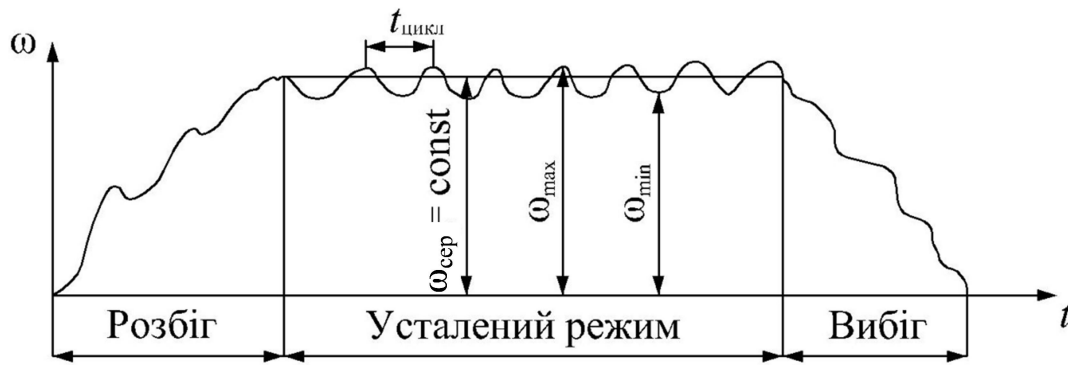


Рис. 6.2. Тахограма механізму

Усталений режим – номінальний режим роботи машинного агрегату, на якому кутова швидкість початкової ланки коливається біля деякого середнього значення, що відповідає нормальній роботі агрегату (див. рис. 6.2).

Цикл усталеного режиму – період зміни кутової швидкості початкової ланки, в кінці якого значення кутової швидкості стає таким же, яким воно було на початку.

Коефіцієнт нерівномірності – відношення різниці максимальної та мінімальної кутових швидкостей за цикл усталеного руху до середньої кутової швидкості за цикл.

Позиційні сили – сили, що діють на ланки машинного агрегату і що не залежать від кутової швидкості початкової ланки.

Непозиційної сили – сили, що діють на ланки машинного агрегату і що залежать від кутової швидкості початкової ланки.

Метод Віттенбауера – метод дослідження руху машинного агрегату за допомогою діаграми енергомас, що дозволяє забезпечити необхідне значення коефіцієнта нерівномірності руху шляхом вибору махової маси (маховика).

Маховик (махова маса) – додаткова маса у вигляді колеса з ободом, що встановлюється на головному валу машини для забезпечення необхідного коефіцієнта нерівномірності руху.

Динамічний синтез – синтез, що проводиться у процесі проектування машини і що полягає у визначенні моменту інерції маховика за заданими умовами руху, тобто за заданою величиною допустимого коефіцієнта нерівномірності руху.

7. ЗРІВНОВАЖЕННЯ МАС МАШИНИ

Зрівноваження механізму – усунення змінних впливів стояку механізму на фундамент. Зрівноваження виконується для механізмів, швидкість обертання початкової ланки яких умовно постійна.

Зрівноваження мас – зрівноваження шляхом розподілу мас ланок, що усуває тиск стояку на фундамент від сил інерції ланок механізму. Умова зрівноваження – умова, коли головний вектор і головний момент сил інерції ланок дорівнюють нулю.

Динамічне зрівноваження – забезпечення умови, коли головний вектор і головний момент сил інерції ланок дорівнюють нулю.

Статичне зрівноваження – забезпечення умови, коли тільки головний вектор сил інерції ланок дорівнює нулю. Досягається при незмінному положенні центра мас механізму за рахунок перерозподілу мас таким чином, щоб центр мас був розташований у точці, яка нерухома відносно стояку.

Моментне зрівноваження – забезпечення умови, коли головний момент сил інерції ланок механізму дорівнює нулю.

Метод заміних мас – підбір мас-противаг для статичного зрівноваження.

Противага – деталь (вантаж), яка призначена для повного або часткового зрівноваження сил і моментів, що діють у машинах під час їх роботи.

Годограф головного вектора сил інерції – крива, яку описує кінець головного вектора сил інерції за час циклу роботи механізму.

Ротор – в теорії балансування (урівноваження) так називається будь-яка ланка, що обертається. Наприклад: якір електродвигуна, колінчастий вал двигуна або компресора, шпindelь металорізального верстата тощо.

Незрівноваженість ротора – наявність динамічної складової впливу ротора на опори. Виникає у механізмах, швидкість обертання початкової ланки яких непостійна.

Балансування – усунення шкідливого впливу незрівноваженості ротора на опори за наявності динамічного впливу. Балансування проводять для механізмів, початкова ланка яких обертається зі змінною кутовою швидкістю.

Статичне балансування – визначення коригувальної маси для усунення незрівноваженості ротора.

Динамічне балансування – визначення двох коригувальних мас для усунення незрівноваженості ротора.

8. ЗУБЧАСТІ МЕХАНІЗМИ

Зубчасте зачеплення (зубчаста пара) – кінематична пара, утворена зубчастими колесами, а також процес передачі руху у кінематичній парі, утвореній зубчастими колесами.

Зубчаста передача (зубчастий механізм) – триланковий механізм, дві рухомі ланки якого є зубчастими колесами або зубчастим колесом і рейкою, які утворюють із нерухомою ланкою (стояком) обертальні і поступальну (рейка) кінематичні пари, а між собою вищу кінематичну пару, елементом якої є лінія або точка (рис. 8.1).

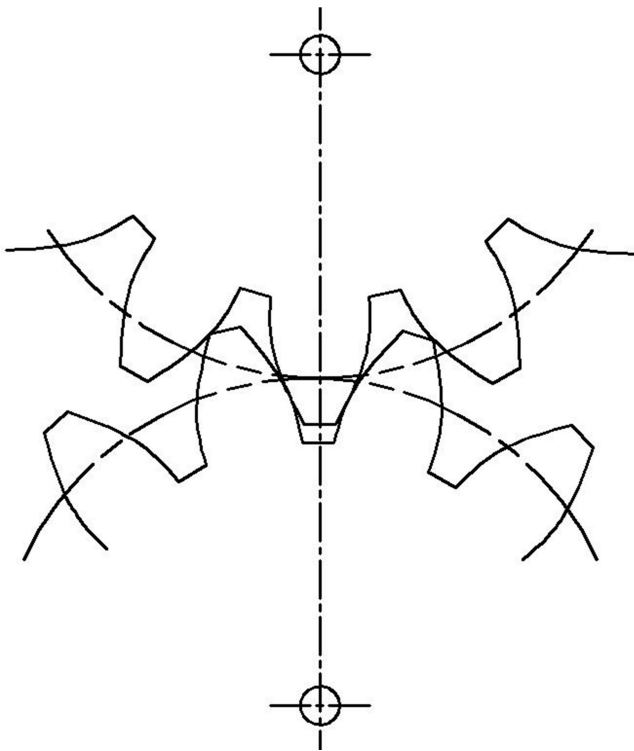


Рис. 8.1. Зубчаста передача

Гітара зубчастих коліс – будь-яка комбінація зубчастих передач.

Зубчасте колесо – зубчастий елемент, призначений передавати рух або отримувати рух від іншого зубчастого елемента за допомогою зубців, що послідовно зачіплюються (рис. 8.2).

Спряжене зубчасте колесо – будь-яке з двох зубчастих коліс зубчастої передачі, яке розглядається відносно іншого.

Колесо – зубчасте колесо передачі, яке має більше число зубців.

Шестерня – зубчасте колесо передачі, яке має менше число зубців.

Приводне зубчасте колесо – зубчасте колесо із зубчастої передачі, яке обертає інше.

Ведене зубчасте колесо – зубчасте колесо із зубчастої передачі, що його обертає інше.

Проміжне зубчасте колесо – зубчасте колесо, яке зачеплене з двома іншими

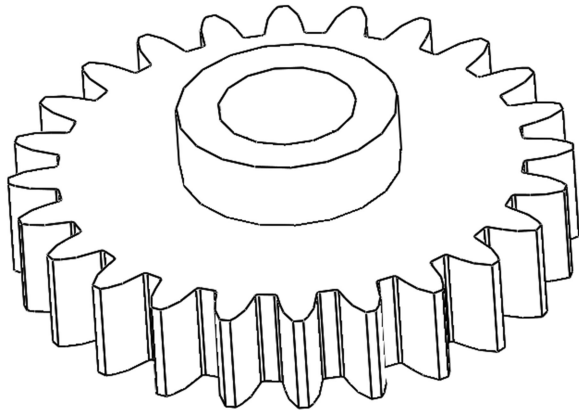


Рис. 8.2. Зубчасте колесо з зовнішніми зубцями

колесами і яке приведене одним з них і веде інше.

Число зубців – кількість повного комплекту зубців зубчастого колеса.

Сектор зубчастого колеса – частина зубчастого колеса із зубцями.

Основна теорема зачеплення – загальна нормаль, що проведена у точці контакту вищої пари і що ділить міжосьову відстань на відрізки, обернено пропорційні кутовим швидкостям ланок пари.

Полюс зачеплення – точка дотику початкових кіл зубчастих коліс, яка є миттєвим центром швидкостей у відносному русі коліс.

Передатне відношення – відношення кутової швидкості першого приводного зубчастого колеса до кутової швидкості останнього веденого зубчастого колеса гітари передачі. Передатне відношення має знак «плюс», якщо напрямки обертання цих коліс збігаються, та знак «мінус», якщо вони протилежні.

Передатне число – відношення числа зубців більшого колеса зубчастої передачі до числа зубців меншого (шестерні).

Знижувальна зубчаста передача – зубчаста передача (гітара), у якої кутова швидкість останнього веденого колеса менша від кутової швидкості першого приводного колеса.

Підвищувальна зубчаста передача – зубчаста передача (гітара), у якої кутова швидкість останнього веденого колеса більша від кутової швидкості першого приводного колеса.

Міжосьова лінія або лінія центрів – пряма лінія, яка перетинає осі обертання коліс під прямим кутом.

Міжосьова відстань – найкоротша відстань між осями зубчастих коліс зубчастої передачі (рис. 8.3 – відстань а).

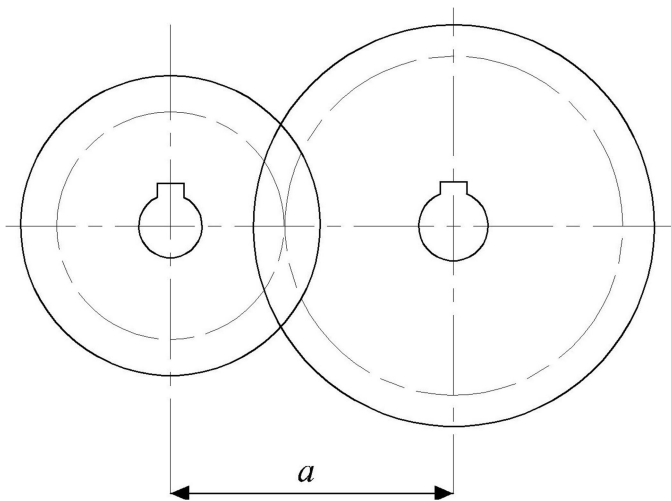


Рис. 8.3. Міжосьова відстань

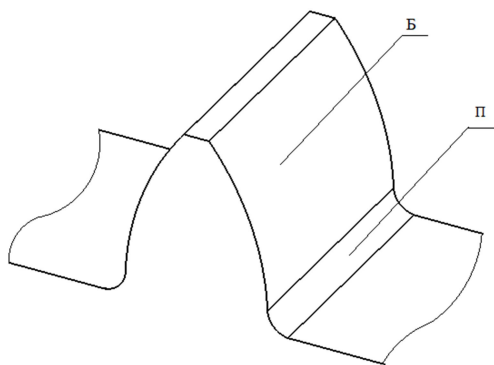


Рис. 8.4. Зуб зубчастого колеса

Зуб – спеціальний виступ на ланці, який утворює з іншим зубом вищу пару (рис. 8.4), або кожен з тих елементів зубчастого колеса, які входять у западини між відповідними елементами спряженого зубчастого колеса і які завдяки їхній формі гарантують, що одне зубчасте колесо обертає інше.

Бічна поверхня зуба – елемент вищої пари зубчастої передачі – поверхня, розташована між поверхнею вершин і поверхнею западин зубчастого колеса. Ця поверхня відокремлює зуб від западини (рис. 8.4 – поверхня Б).

Активна бічна поверхня зуба – поверхня, яка контактує з бічною поверхнею спряженого зубчастого колеса.

Вершина зуба – частина поверхні вершин між бічними поверхнями зубців.

Западина зубчастого колеса – проміжок між двома сусідніми зубцями зубчастого колеса.

Початкова поверхня – у певній зубчастій передачі геометрична поверхня, описана миттєвою віссю відносного переміщення спряженого зубчастого колеса відносно розглядуваного зубчастого колеса.

Ділильна поверхня – умовна поверхня, відносно якої визначають розміри зубчастого колеса (рис. 8.5 – поверхня Д).

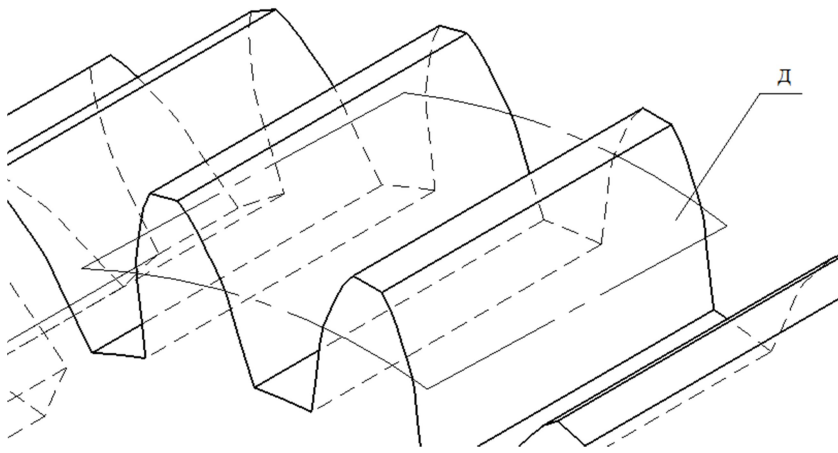


Рис. 8.5. Ділильна поверхня

Поверхня вершин – співвісна поверхня обертання, що обмежує зовнішні краї зовнішніх зубців зовнішнього колеса чи внутрішні краї внутрішніх зубців зубчастого колеса (рис. 8.6 – поверхня В).

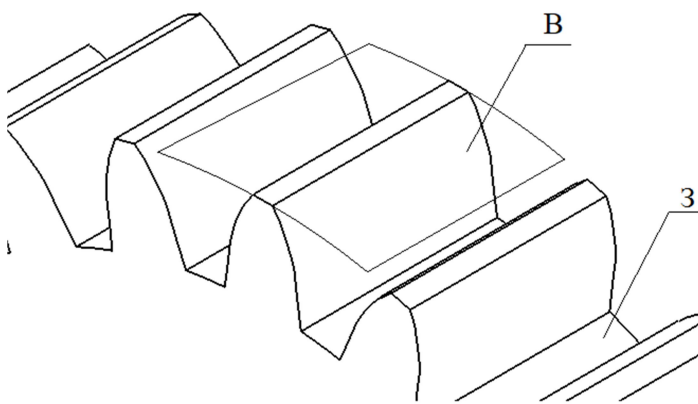


Рис. 8.6. Поверхні вершин і западин

Поверхня западин – співвісна поверхня обертання, що обмежує зовнішні краї западин зубчастих коліс із зовнішніми зубцями, або зовнішні краї западин зубчастих коліс із внутрішніми зубцями (див. рис. 8.6 – поверхня З).

Перехідна поверхня – крива поверхня між головною бічною поверхнею та поверхнею западин (див. рис. 8.4 – поверхня П).

Головка зуба – частина зуба зубчастого колеса між ділильною поверхнею та поверхнею вершин.

Ніжка зуба – частина зуба зубчастого колеса між ділильною поверхнею та поверхнею западин.

Зубчасте колесо із зовнішніми зубцями – зубчасте колесо, у якого поверхня западин розташована всередині поверхні вершин (див. рис. 8.2).

Зубчасте колесо із внутрішніми зубцями – зубчасте колесо, у якого поверхня вершин розташована всередині поверхні западин (рис. 8.7).

Лінія зуба – лінія перетину бічної поверхні зуба із ділильною поверхнею.

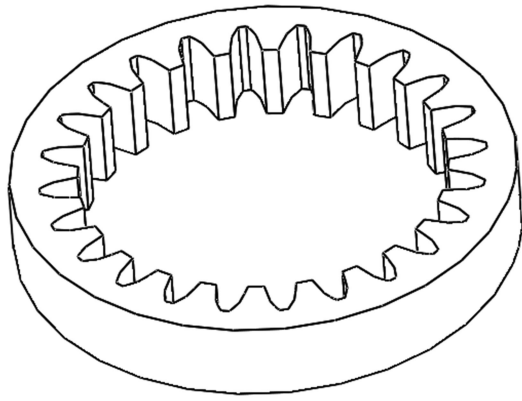


Рис. 8.7. Зубчасте колесо з внутрішніми зубцями

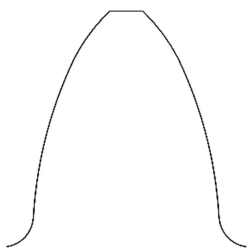


Рис. 8.8. Профіль зуба

Профіль зуба – лінія перетину бічної поверхні зуба із довільною площиною, яка також перетинає ділильну поверхню (рис. 8.8). Залежно від площини, яка перетинає бічну поверхню, розглядають торцевий, нормальний та осьовий профілі.

Проста зубчаста передача – триланковий механізм, що складається з 2-х зубчастих коліс і стояку.

Складна зубчаста передача – механізм, що складається з декількох паралельно або послідовно з'єднаних одна з одною зубчастих передач, які поділяються: на зубчасті механізми з нерухомими осями всіх коліс; механізми, осі окремих коліс яких рухаються відносно стояку.

Циліндрична зубчаста передача – зубчаста передача з паралельними осями коліс (рис. 8.9).

Конічна зубчаста передача – зубчаста передача з осями коліс, що перетинаються (рис. 8.10).

Гіперболоїдна зубчаста передача – зубчаста передача з перехресними осями коліс (рис. 8.11).

Гвинтова зубчаста передача, гіпоїдна зубчаста передача, черв'ячна зубчаста передача – різновиди гіперболоїдних зубчастих передач.

Черв'ячна передача – окремий випадок гіперболоїдної передачі, у якій мале колесо циліндричної або тороїдальної форми (черв'як) має гвинтові зуби.

Гіпоїдна зубчаста передача – зубчасте зачеплення з коліс конічної форми, осі яких перехрещені та відведені одна від одної.

Зубчаста рейка – сегмент зубчастого колеса, що має радіус, який дорівнює нескінченності.

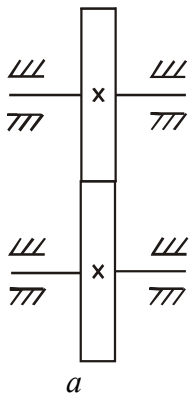


Рис. 8.9. Циліндрична передача:
a – колеса у зачепленні; *б* –
 колеса на кінематичній схемі

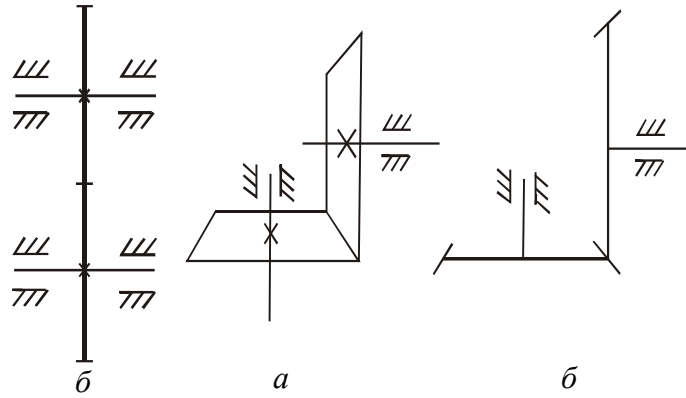


Рис. 8.10. Конічна передача:
a – колеса у зачепленні;
б – колеса на кінематичній
 схемі

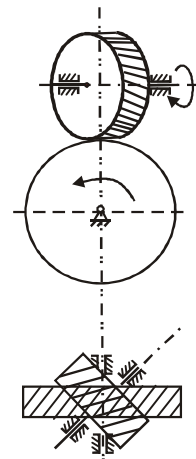


Рис. 8.11.
 Гіперболоїдна зубчас-
 та передача

Зубчастий вінець – повний комплект зубців колеса, розташований на тілі колеса.

Зубчаста передача зовнішнього зачеплення – передача, у якій обидва зубчастих колеса є зубчастими колесами із зовнішніми зубцями (рис. 8.12, *a*).

Зубчаста передача внутрішнього зачеплення – передача, у якій одне із коліс виконано з внутрішніми зубцями (рис. 8.12, *б*).

Рейкова передача (рейкове зачеплення) – зубчаста передача, що складається із зубчастого колеса і зубчастої рейки (рис. 8.12, *в*). Рейкове зачеплення вважається зубчастою передачею зовнішнього зачеплення.

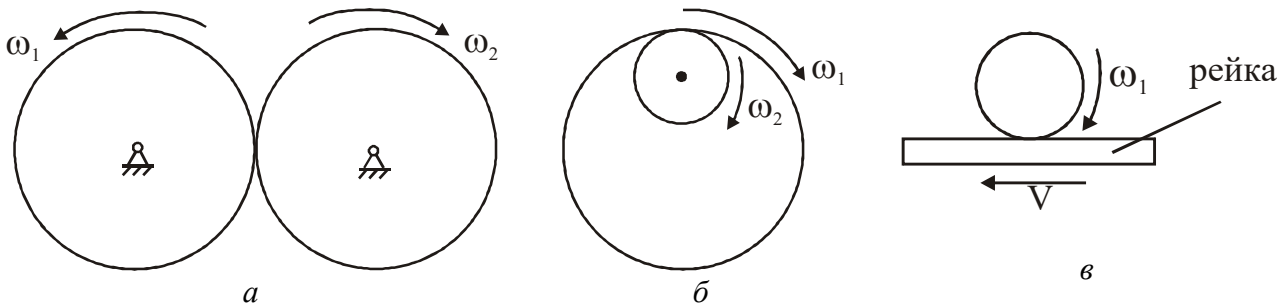


Рис. 8.12. Циліндричні передачі:

a – зовнішнє зачеплення: $i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} < 0$; *б* – внутрішнє зачеплення: $i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} > 0$;

в – рейкове зачеплення: $i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \infty$ або $i_{21} = 0$

Прямозубе зубчасте колесо – колесо, у якого лінія зуба паралельна осі обертання (рис. 8.13, *a*). Це визначення стосується циліндричних зубчастих коліс.

Прямозубе конічне зубчасте колесо – конічне зубчасте колесо, лінії зуба якого є прямими твірними лініями ділильного конуса (рис. 8.13, б).

Косозубе зубчасте колесо – циліндричне зубчасте колесо, у якого лінія зуба є гвинтовою лінією (рис. 8.13, в).

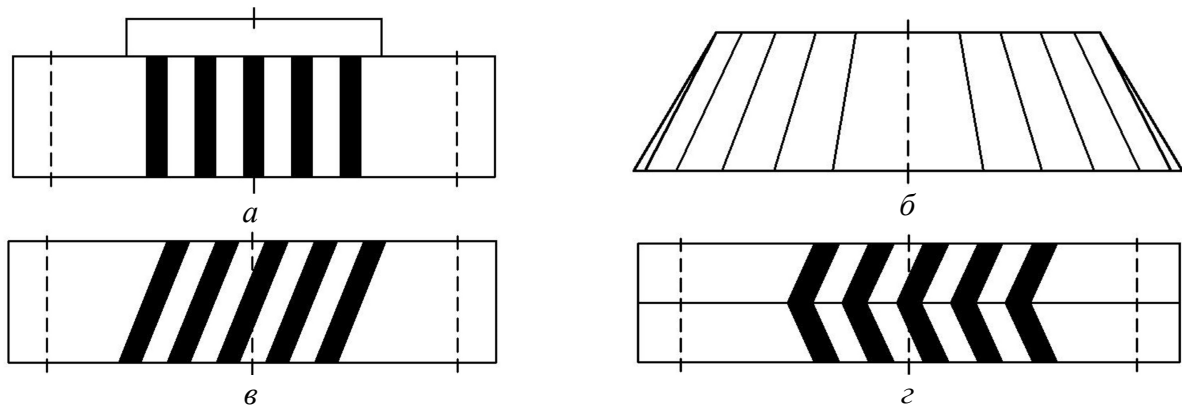


Рис. 8.13. Розташування лінії зуба на зубчастому колесі:

a – прямозубе зубчасте колесо; *б* – прямозубе конічне зубчасте колесо; *в* – косозубе зубчасте колесо; *г* – шевронне зубчасте колесо

Шевронне зубчасте колесо – циліндричне зубчасте колесо, вінець якого по ширині складається з ділянок із протилежним напрямком лінії зубців, так званих лівих зубців та правих зубців (рис. 8.13, г).

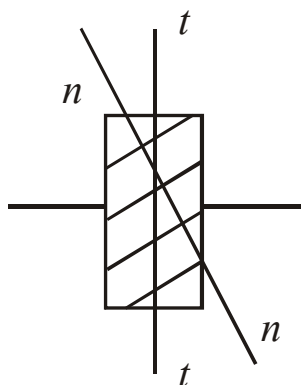


Рис. 8.14. Торцевий *t-t* і нормальний *n-n* перерізи зубів

Торцевий переріз зуба – переріз, перпендикулярний до осі обертання колеса (рис. 8.14).

Нормальний переріз зуба – переріз, перпендикулярний лінії зуба (див. рис. 8.14).

Початкове коло (r_w – радіус початкового кола) – уявне коло, жорстко пов'язане із зубчастим колесом. Початкові кола зубчастих коліс у зачепленні торкаються одне одного у полюсі зачеплення та перекочуються одне по одному без ковзання (рис. 8.15).

Коло вершин зубців (r_a – радіус кола вершин) – коло, що проходить через граничні точки вершин зубців (див. рис. 8.15).

Коло западин зубців (r_f – радіус кола западин) – коло, що обмежує западини зубців. Відокремлює зуб від тіла колеса (див. рис. 8.15).

Ділильне коло (r – радіус ділильного кола) – коло, на якому колесо має стандартизований модуль. Це коло є базовим для визначення розмірів зубчастого колеса (див. рис. 8.15).

Основне коло (r_b – радіус основного кола) – коло, розгорткою якого є евольвента (див. рис. 8.15).

Товщина зуба (S) – відстань між різнойменними профілями зуба по дузі концентричного кола зубчастого колеса (див. рис. 8.15).

Ширина западини (e) – відстань між лівою та правою бічними поверхнями двох сусідніх зубців по дузі концентричного кола зубчастого колеса (див. рис. 8.15).

Висота зуба (h) – відстань між колом вершин і колом западин (див. рис. 8.15).

Висота головки зуба (h_a) – радіальна відстань між колом вершин і ділильним колом (див. рис. 8.15).

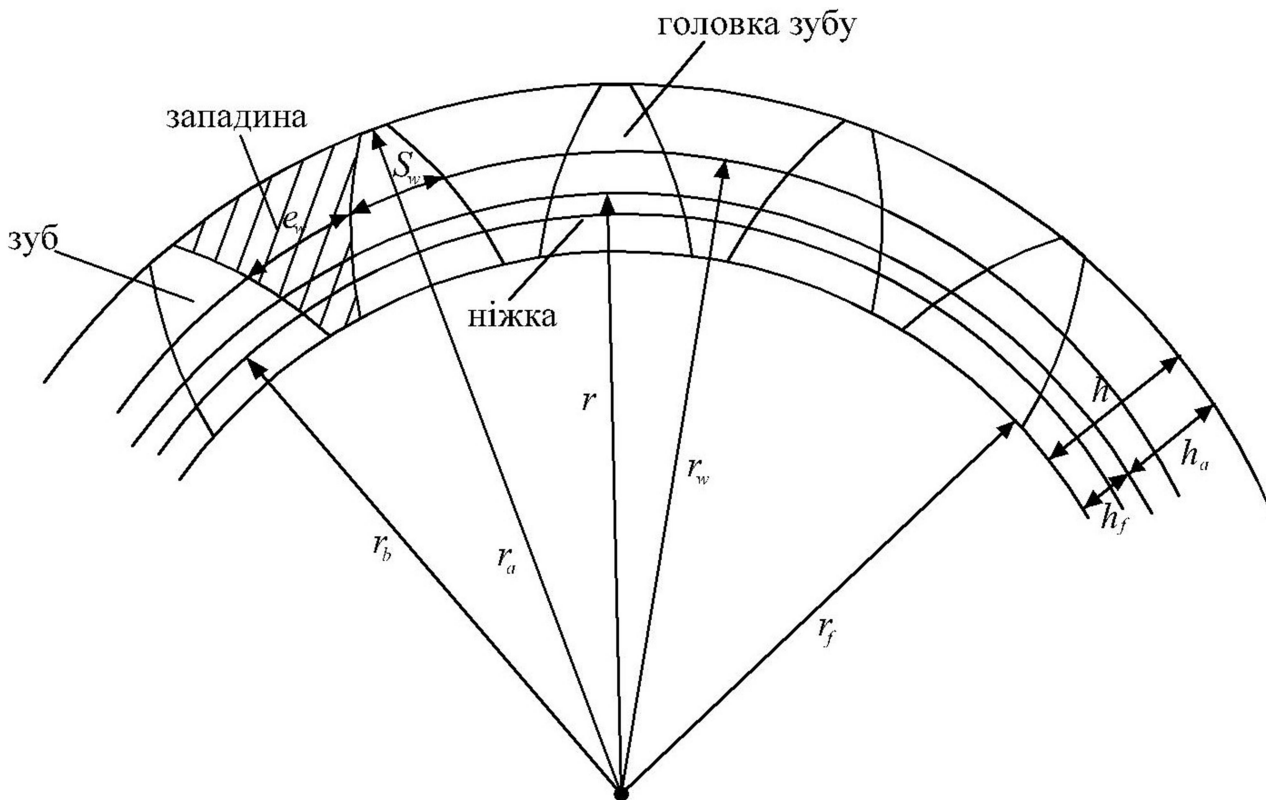


Рис. 8.15. Елементи і параметри прямозубого колеса

Висота ніжки зуба (h_f) – радіальна відстань між колом западин і ділильним колом (див. рис. 8.15).

Крок зубців (p) – довжина дуги по ділильному, початковому або іншому колу колеса між однойменними точками сусідніх зубців.

Кутовий крок (τ) – центральний кут концентричного кола колеса: $\tau = 2\pi / z$.

Умова щільного контакту – умова забезпечення двостороннього контакту бічних поверхонь зубців без бокового зазору.

Модуль (m) – частка від ділення кроку зубчастого колеса по деякому колу (поданого в міліметрах) на число π . Одиниці виміру модуля – міліметри.

Стандартний модуль – частка від ділення кроку зубчастого колеса по ділильному колу на число π ($m = p / \pi$). В подальшому *модуль*.

Радіальний проміжок (c) – радіальна відстань між колом вершин одного з зубчастих коліс і колом западин іншого ($c = c^*m$).

Коефіцієнт радіального проміжку (c^*) – відношення радіального проміжку до модуля зубчастого колеса. Стандартне значення $c^* = 0,25$.

Коефіцієнт висоти головки зуба (h_a^*) – відношення висоти головки зуба до модуля зубчастого колеса. Стандартне значення $h_a^* = 1,0$.

Коефіцієнт висоти ніжки зуба (h_f^*) – відношення висоти ніжки зуба до модуля зубчастого колеса. Стандартне значення $h_f^* = 1,25$.

Циклоїда – плоска крива, що утворюється точкою на колі і що котиться по нерухомій прямій без ковзання.

Циклоїдальні зубчасті колеса – колеса, профілі зубців яких є циклоїди.

Циклоїдальна зубчаста передача – зубчаста передача, що складається із циклоїдальних зубчастих коліс.

Зачеплення Новікова – зубчаста передача, в якій опуклий профіль одного колеса взаємодіє з увігнутим профілем іншого. Профіль зуба утворюється вихідним твірним контуром, зубці якого спрофільовані дугами кіл.

Евольвентні зубчасті колеса – колеса, профілі зубців яких окреслені евольвентою кола.

Евольвентна зубчата передача – зубчата передача, що складається із евольвентних зубчастих коліс.

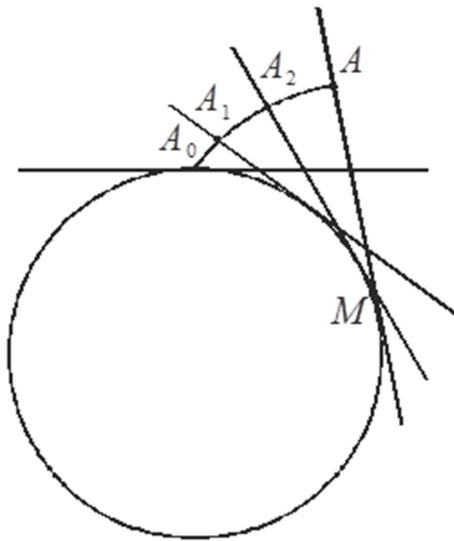


Рис. 8.16. Утворення правої гілки евольвенти

Евольвента кола – траєкторія будь-якої точки прямої, яка перекочується без ковзання по нерухомому колу. У теорії зубчастого зачеплення коло, яке визначає евольвенту профілю зуба, називається основним (рис. 8.16).

Кут профілю евольвенти у даній точці – гострий кут, утворений дотичною до евольвенти у даній точці і радіусом-вектором евольвенти цієї точки.

Кут розгорнутості – кут, утворений початковим і поточним радіусами-векторами.

Евольвентний кут (інволюта кута) – функція різниці тангенса кута та розгорнутості самого кута.

Метод копіювання – метод виготовлення зубчастих коліс, при якому робочі кромки інструменту за формою відповідають поверхні, що обробляється (нарізування зубчастого колеса профільованою дисковою або пальцевою фрезами) (рис. 8.17 і 8.18).

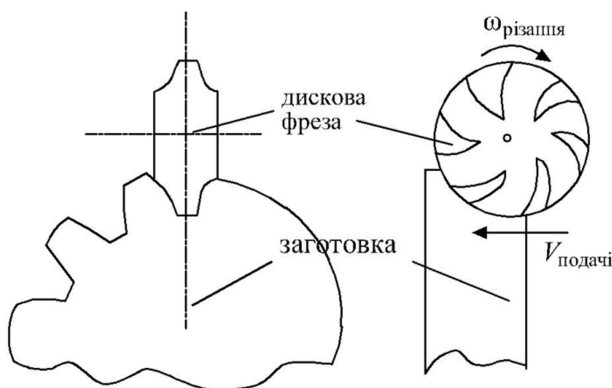


Рис. 8.17. Нарізування зубчастого колеса методом копіювання дисковою фрезою

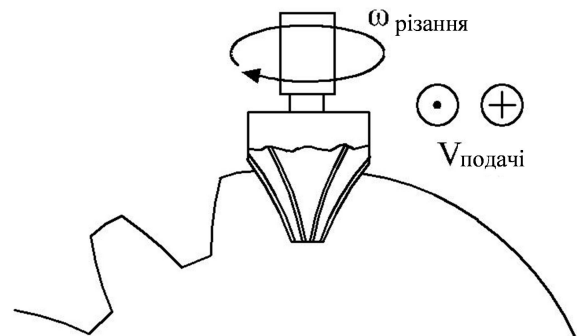


Рис. 8.18. Нарізування пальцевою фрезою

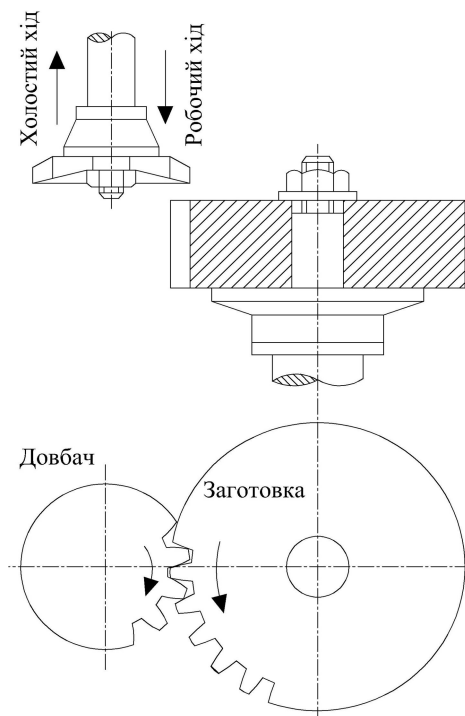


Рис. 8.19. Нарізування колеса методом обкату (інструмент – довбач)

Метод обкату (огинання) – метод, відповідно до якого інструмент і заготовка за рахунок кінематичного ланцюга верстата виконують два рухи – різання і огинання (нарізування черв'ячною фрезою, інструментальною рейкою, довбачем). Різальному інструменту та заготівці надають такі рухи один відносно одного, які відтворюють процес зачеплення (рис. 8.19).

Зуборізальний довбач – спеціальне зубчасте колесо, що має різальні кромки за профілями його зубців для виготовлення зубчастих коліс методом обкату.

Черв'ячна фреза – гвинт з трапецієподібною різью, профіль якої в нормальному перерізі збігається з профілем інструментальної рейки. Служить для виготовлення зубчастих коліс методом обкату.

Рейка інструментальна – зубчаста рейка з різальними крайками по бокових поверхнях зубців. Служить для виготовлення зубчастих коліс методом обкату.

Вихідний контур (ВК) – контур зубців рейки, що отримується в перетині площиною, перпендикулярною до бічної поверхні зуба (рис. 8.20). Використовують як основу для визначення стандартних розмірів зуба евольвентних зубчастих коліс. (Розміри вихідного контуру встановлені за ДСТУ ISO 1122–1:2006).

Вихідний твірний контур рейки (ВТК) – контур зубців рейки, що отримується в перетині площиною, перпендикулярною до бічної поверхні зуборізального інструмента.

Ділильна пряма рейки – пряма, по якій товщина зуба рейки дорівнює ширині западин $S = e = \pi m / 2$ (рис. 8.20).

Нульове установа інструменту – установа, за якого ділильна пряма ВТК торкається ділильного кола виготовлюваного колеса (рис. 8.21).

Позитивне установлення – установлення, за якого ділильна пряма ВТК відсунута від ділильного кола.

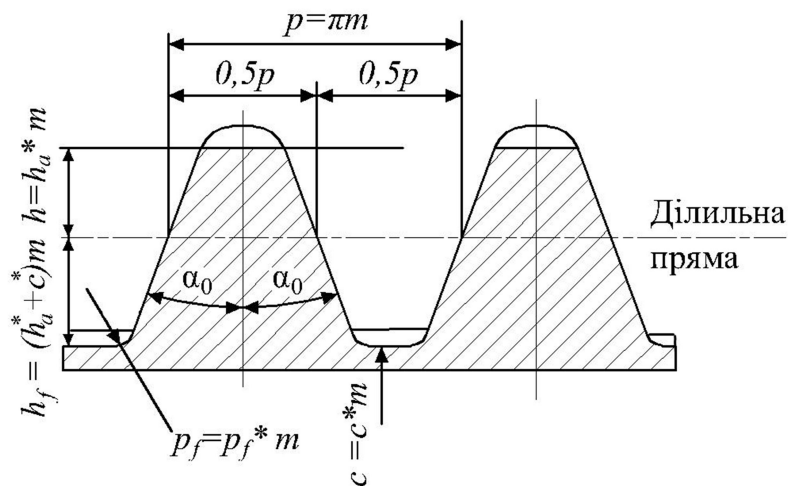


Рис. 8.20. Профіль вихідного твірною контуру

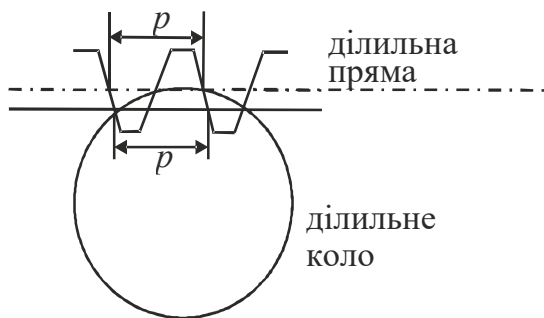


Рис. 8.21. Розташування рейки та колеса, що виготовляється

Негативне установлення – установлення, за якого ділильна пряма ВТК перетинає ділильне коло.

Зміщення вихідного твірною контуру рейки – відстань X по нормалі між ділильним колом зубчастого колеса, що виготовляється, і ділильною прямою

вихідного твірною контуру рейки: $X = x \cdot m$. Зміщення вихідного твірною контуру вважається позитивним, якщо ділильна пряма вихідного контуру не перетинає і не торкається ділильного кола зубчастого колеса; негативним, якщо ділильна пряма вихідного твірною контуру рейки перетинає ділильне коло зубчастого колеса; нульовим, якщо ділильна пряма вихідного твірною контуру рейки торкається його.

Коефіцієнт зміщення вихідного твірною контуру рейки (x) – відношення зміщення вихідного твірною контуру до стандартного модуля.

Зрівняльне зміщення ($\Delta u \cdot m$) – величина, на яку зменшують висоту зуба інструменту рейкового типу для колеса, що нарізується, щоб у робочому зачепленні отримати стандартний радіальний зазор. (U верстатному зачепленні – відстань між граничною твірною прямою рейки і колом вершин колеса, що нарізується).

Коефіцієнт зрівняльного зміщення (Δy) – відношення зрівняльного зміщення до розрахункового модуля.

Нульове зубчасте колесо – колесо, що нарізується, з нульовим зсувом вихідного контуру; ділильна товщина зуба в цьому випадку дорівнює половині ділильного кроку.

Позитивне зубчасте колесо – колесо, що виготовляється з позитивним зміщенням вихідного контуру; ділильна товщина зуба в цьому випадку більша від половини ділильного кроку (для зовнішніх зубців).

Негативне зубчасте колесо – колесо, що виготовляється з негативним зміщенням вихідного твірного контуру; ділильна товщина зуба в цьому випадку менша від половини ділильного кроку (для зовнішніх зубців).

Сприймальне зміщення (ym) – відстань між ділильними колами, виміряна по міжосьовій лінії при безпроміжковому зачепленні.

Коефіцієнт сприймального зміщення (y) – частка від ділення сприймального зміщення на стандартний модуль зубчастого колеса.

Позитивна зубчаста передача – передача, у якій коефіцієнт сприймального зміщення позитивний (ділильні кола не перетинаються і не торкаються): $x_1 > 0$; $x_2 > 0$; $ym > 0$; $y > 0$; $a_w > a$, де a – міжосьова відстань зубчастої передачі, колеса якої виготовлені без зміщення.

Нульова зубчаста передача – передача, у якій коефіцієнт сприймального зміщення дорівнює нулю (ділильні кола торкаються):

$$x_1 = x_2 = 0 \text{ або } x_1 = -x_2; \alpha_w = \alpha_0 = 20^\circ; \Delta y = 0; y = 0; r_{w1} = r_1; r_{w2} = r_2.$$

Негативна зубчаста передача – передача, у якій коефіцієнт сприймального зміщення негативний (ділильні кола перетинаються):

$$x_1 < 0; x_2 < 0 \text{ або } x_1 < |-x_2|; ym < 0; y < 0; a_w < a.$$

Активний профіль зуба – частина профілю зуба, по якій відбувається взаємодія з профілем зуба парного зубчастого колеса.

Лінія зачеплення (N_1N_2) – геометричне місце точок контактів профілів на нерухомій площині (рис. 8.22).

Активна частина лінії зачеплення (ab) – частина лінії зачеплення, розташо-

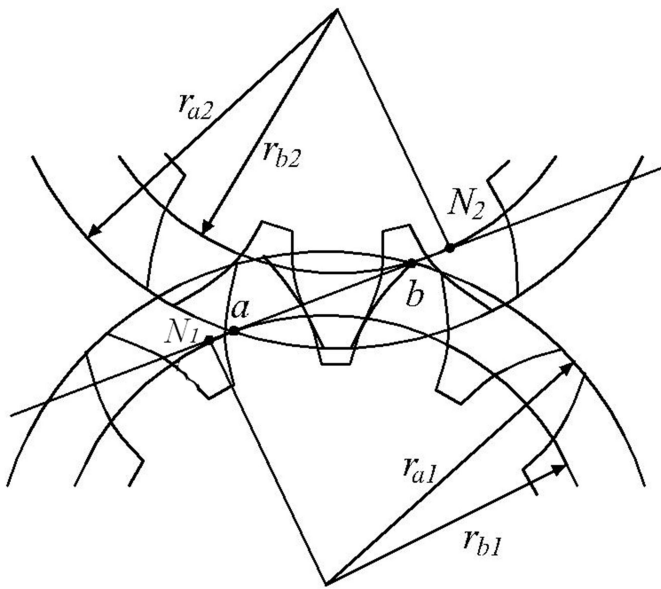


Рис. 8.22. Лінія зачеплення N_1N_2

вана між граничними точками контакту активних профілів зубців передачі (див. рис. 8.22).

Кут зачеплення (α_w) – гострий кут, утворений лінією зачеплення і прямою, перпендикулярною до міжосьової лінії.

Кут перекриття зубчастого колеса передачі – кут повороту зубчастого колеса передачі від положення входу зуба у зачеплення до

виходу його з зачеплення (час зачеплення).

Кут торцевого перекриття – кут повороту зубчастого колеса циліндричної зубчастої передачі від положення входу у зачеплення торцевого профілю зуба до виходу його із зачеплення.

Кут осьового перекриття – кут повороту зубчастого колеса зубчастої циліндричної передачі, при якому загальна точка контакту зубців переміститься по лінії зуба цього зубчастого колеса від одного з торців, що обмежують робочу ширину вінця, до іншого.

Якісні показники зачеплення – геометричні показники, що характеризують роботу зубчастої передачі, а саме: відсутність підрізання зубців, забезпечення перекриття в зачепленні, зносостійкість, згинальна і контактна міцність.

Коефіцієнт перекриття (ε_a) – відношення кута перекриття зубчастого колеса передачі до його кутового кроку. Враховує безперервність і плавність зачеплення у передачі.

Коефіцієнт торцевого перекриття – відношення кута торцевого перекриття до його кутового кроку.

Коефіцієнт осьового перекриття – відношення кута осьового перекриття до його кутового кроку.

Коефіцієнт питомого ковзання (ν) – відношення швидкості ковзання в контактній точці до тангенціальної складової цієї швидкості.

Коефіцієнт питомого тиску (γ) – відношення розрахункового модуля до наведеного радіуса кривизни профілів.

Підрізання евольвентних зубців – явище, при якому відбувається відрізання головки різального інструменту у ніжку колеса, що нарізується. При нарізанні нульового зубчастого колеса зі стандартним контуром ($x = 0$; $\alpha = 20^\circ$) мінімальне число зубців, які не будуть підрізані рейковим інструментом,

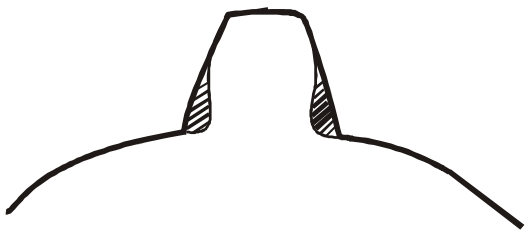


Рис. 8.23. Підрізання зуба

$z_{min} = 2h_a^*/\sin^2\alpha$; $z_{min} \approx 17$ (рис. 8.23).

Загострення зуба – при збільшенні коефіцієнта зміщення x товщина зуба S_a на вершині буде зменшуватися. При x_{max} настає загострення зуба ($S_a = 0$). Для запобігання сколенню вершини загостреного зуба є така вимога: товщина зубців по колу вершин має бути $S_a \geq 0,2 m$.

Коригування зубчастих коліс – виправлення зубчастого зачеплення з метою поліпшення якості передачі.

Система коефіцієнтів зміщення Кудрявцева – система коефіцієнтів зміщення інструменту для виготовлення коліс, що забезпечує максимальну контактну міцність зубців. Рекомендується для закритих передач.

Система коефіцієнтів зміщення ЦКБР – система коефіцієнтів зміщення інструменту для виготовлення коліс, що забезпечує вирівнювання коефіцієнтів питомого ковзання і тим самим підвищує зносостійкість. Рекомендується для відкритих передач.

Закриті зубчасті передачі – передачі, розташовані у щільному корпусі та такі, що працюють з мастилом.

Відкриті зубчасті передачі – передачі, розташовані у нещільному корпусі та такі, що працюють без рідкого мастила.

Блокувальний контур – сукупність кривих, побудованих у координатах x_1 і x_2 , які обмежують вибір розрахункових коефіцієнтів зміщення x_1 і x_2 , що визначають зону їх припустимих значень (рис. 8.24).

Складні зубчасті механізми – механізми, що складаються з декількох паралельно або послідовно з'єднаних один з одним зубчастих передач. Вони поділяються: на зубчасті механізми з нерухомими осями всіх коліс; механізми, осі окремих коліс яких рухаються відносно стояку.

Рядова зубчаста передача (рядовий зубчастий механізм) – послідовне з'єднання декількох пар зубчастих коліс, на кожній з нерухомих осей яких вміщено по одному колесу (рис. 8.25).

Ступінчаста зубчаста передача (ступінчастий зубчастий механізм) – послідовне з'єднання декількох пар блокових коліс (рис. 8.26). Має у своєму складі також одиничні колеса, а саме вхідне та вихідне.

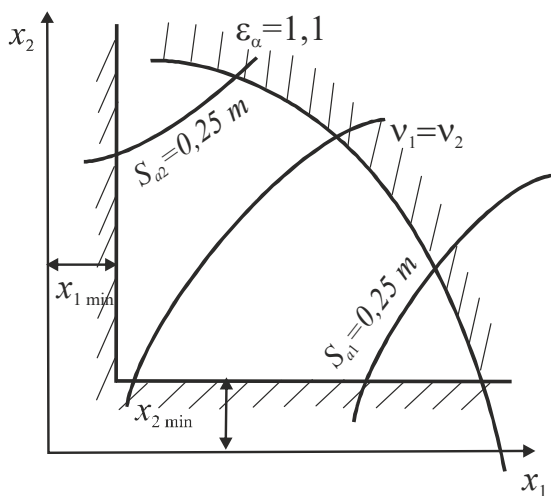


Рис. 8.24. Блокувальний контур

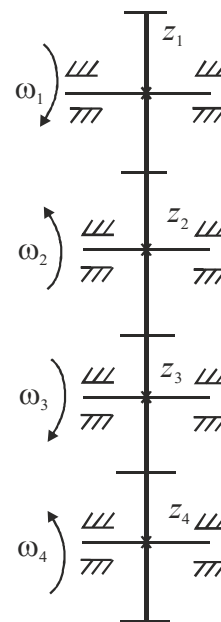


Рис. 8.25. Рядова зубчаста передача

Блок зубчастих коліс – жорстке з'єднання двох коліс із валом (рис. 8.26 – колеса 2-2').

Епіциклічний зубчастий механізм – зубчастий механізм, у якого хоча б одне зубчасте колесо має рухому вісь обертання.

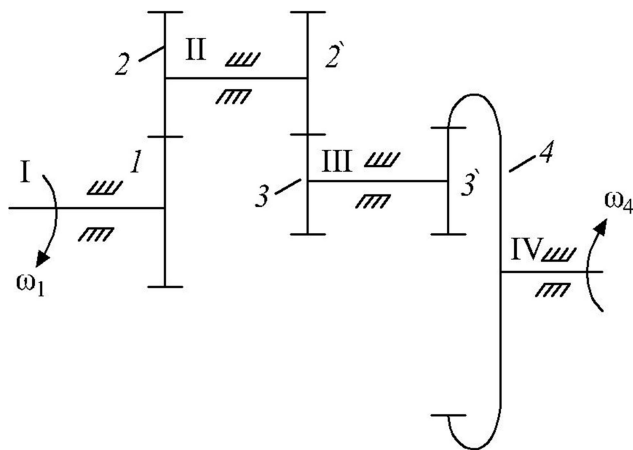


Рис. 8.26. Ступінчаста передача

Планетарний зубчастий механізм – епіциклічний зубчастий механізм, ступінь рухомості якого дорівнює одиниці (рис. 8.27).

Планетарний редуктор – знижувальна планетарна зубчаста передача (див. рис. 8.27).

Диференціальний зубчастий механізм – епіциклічний зубчастий

механізм, ступінь рухомості якого дорівнює двом (рис. 8.28).

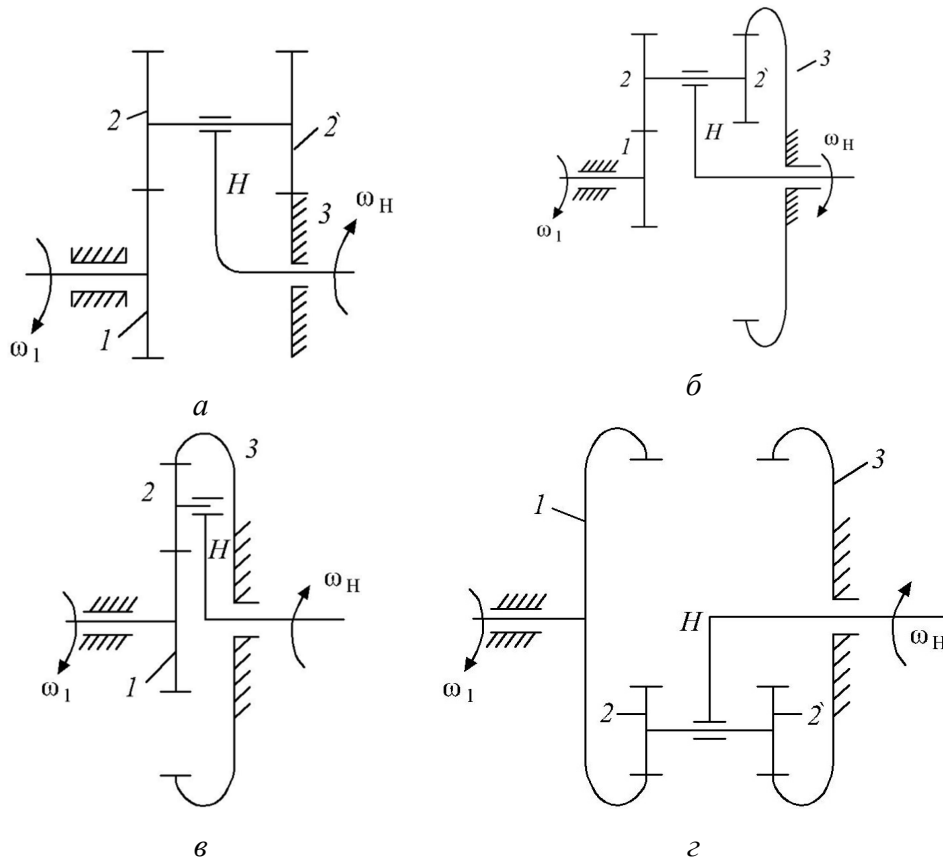


Рис. 8.27. Двоступеневий планетарний редуктор:
a – типу А-А; *б* – типу А-*J*; *в* – типу *A*-*J*; *г* – типу *J*-*J*;
 А – зовнішнє зачеплення; *J* – внутрішнє зачеплення

Сателіт – колесо, вісь якого рухається відносно стояку (див. рис. 8.27, *в* – колесо 2).

Блок сателітів – спарені колеса з рухомою віссю (див. рис. 8.27 – колеса 2-2').

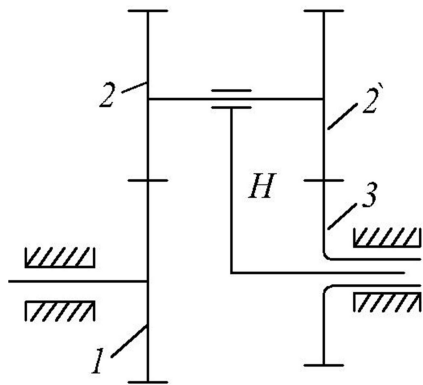


Рис. 8.28. Диференціальний механізм

(див. рис. 8. 27 – колесо 3).

Метод обернення руху (метод інверсії Вілліса) – уявне надання всім ланкам механізму руху у зворотний від руху обраної ланки бік з метою вирішення практичних задач за допомогою «зупинки» необхідної ланки, наприклад водила у планетарному механізмі або кулачка у кулачковому.

Обернений механізм – механізм, подумки перетворений шляхом обернення руху, тобто з «зупиненою» необхідною ланкою.

Завдання синтезу планетарного механізму – завдання, яке полягає у тому, щоб за обраною схемою планетарного механізму підібрати числа зубців його коліс так, щоб задовольнити такі вимоги: мати необхідне передавальне відношення, виконати умови співвісності, сусідства та складання.

Умова співвісності – умова, за якою міжосьові відстані між сателітом (сателітами) і центральним та опорним колесами мають бути рівними.

Умова сусідства – умова, за якою кола вершин зубців двох сусідніх сателітів не мають стикатися.

Умова складання – умова, за якою при складанні сателітів зуби кожного з них мають потрапляти у западини центрального та опорного коліс.

Водило – ланка, на якій розташовуються рухомі осі зубчастих коліс (див. рис. 8.27 – H).

Центральні або сонячні колеса – колеса, які обертаються навколо нерухомих осей, що входять у планетарний або диференціальний механізми (див. рис. 8.27, 8.28 – колесо I).

Опорне колесо – нерухоме колесо, що входить у планетарний зубчастий механізм

9. КУЛАЧКОВІ МЕХАНІЗМИ

Кулачковий механізм – триланковий механізм, що включає вищу пару, утворену ведучою ланкою (кулачком) і веденою ланкою (штовхачем або коромислом), що дозволяє отримувати складні закони руху веденої ланки, у тому числі з зупинками веденої ланки при беззупинному русі кулачка (рис. 9.1).

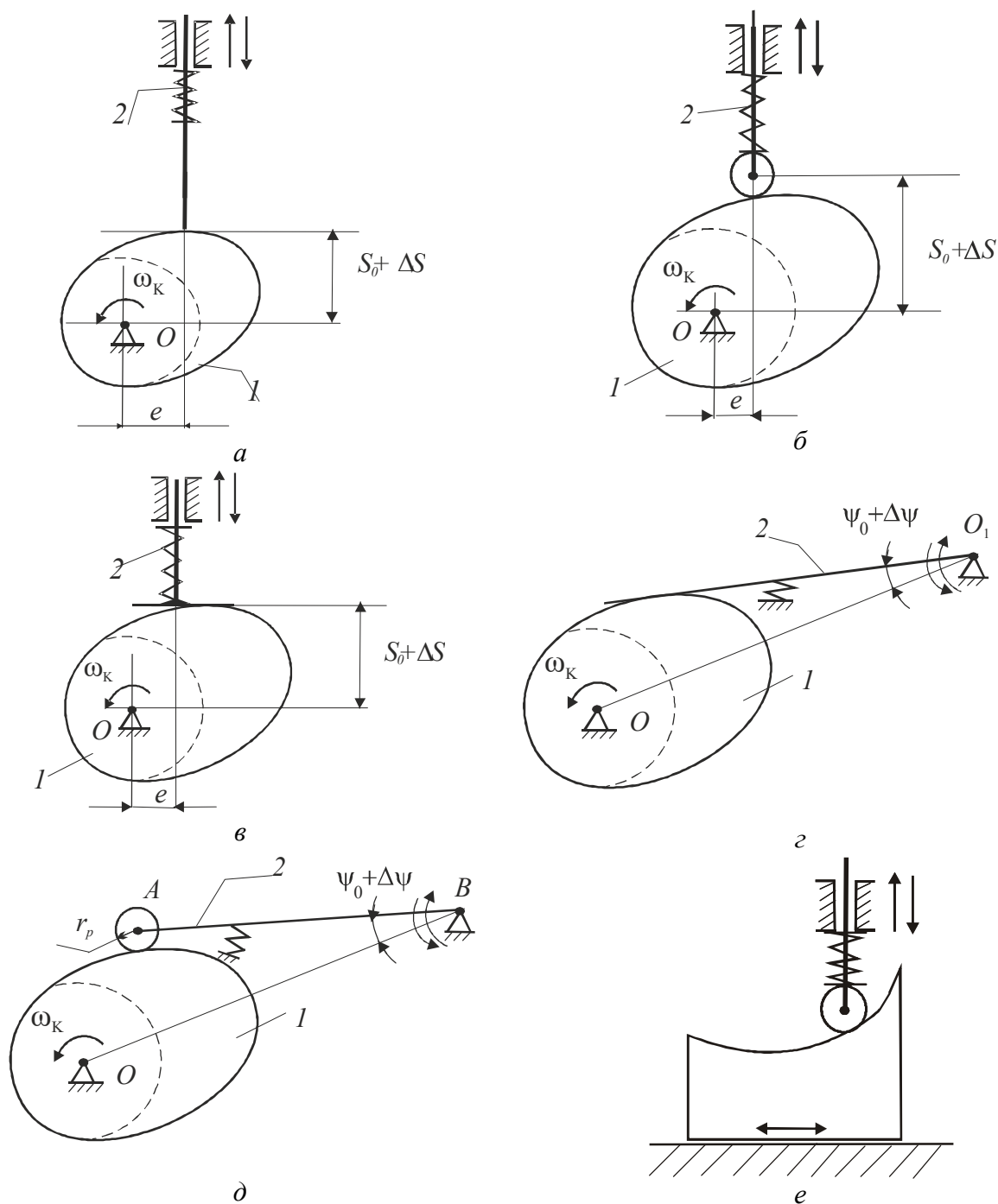


Рис. 9.1. Види кулачкових механізмів:

1 – кулачок; 2 – штовхач або коромисло

Штовхач – ведена ланка, яка здійснює зворотно-поступальний рух.

Коромисло – ведена ланка, яка здійснює обертальний рух на неповний оберт.

Профіль кулачка – елемент вищої пари, який має змінну кривизну.

Основна характеристика кулачкового механізму – закон руху веденої ланки, що задається функцією положення та визначається профілем кулачка.

Призначення кулачкових механізмів – перетворення обертального або поступального руху кулачка у зворотно-обертальний (для коромисла) або зворотно-поступальний рух (для штовхача).

Переваги кулачкових механізмів – можливість отримати переривчастий рух вихідної ланки, у тому числі з зупинками (вистоями), та можливість забезпечення точних вистой вихідної ланки.

Ролик – ланка кулачкового механізму, яка не впливає на характер руху веденої ланки і служить для заміни тертя ковзання у вищій парі на тертя кочення з метою зменшення зносу елементів вищої пари (рис. 9.1, б, д, е).

Силове замикання – використання пружини для забезпечення постійного контакту вищої пари кулачкового механізму (див. рис. 1.5 і 9.1).

Геометричне замикання – використання конструктивного рішення для забезпечення постійного контакту вищої пари, наприклад, паза, в якому розташовується ролик веденої ланки (рис. 9.2).

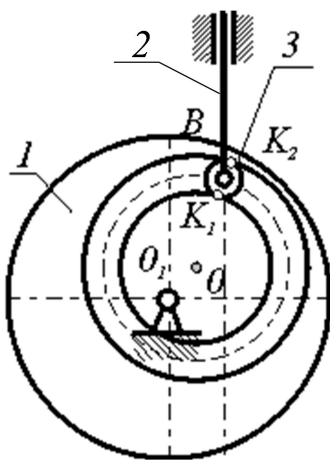


Рис. 9.2. Приклад геометричного замикання – ролик у пазу кулачка:
1 – кулачок; 2 – штовхач;
3 – ролик

Завдання аналізу кулачкового механізму – завдання, яке полягає у тому, щоб за наявним профілем кулачка визначити параметри руху веденої ланки.

Завдання синтезу кулачкового механізму – завдання, яке полягає у тому, щоб за заданим законом руху веденої ланки визначити профіль кулачка.

Плоский штовхач, плоске коромисло (тарільчастий штовхач або коромисло з тарілкою) – кулачковий механізм, в якому елемент веденої ланки виконаний у вигляді площини (див. рис. 9.1, в, з, 9.4, в).

Голчастий штовхач – кулачковий механізм, в якому елемент веденої ланки загострений (див. рис. 9.1, а).

Циклограма роботи кулачка – графічне зображення залежності функції положення веденої ланки від кута повороту кулачка (якщо кулачок здійснює обертальний рух) за час циклу роботи цього механізму (наприклад, за кут повороту 2π) (рис. 9.3).

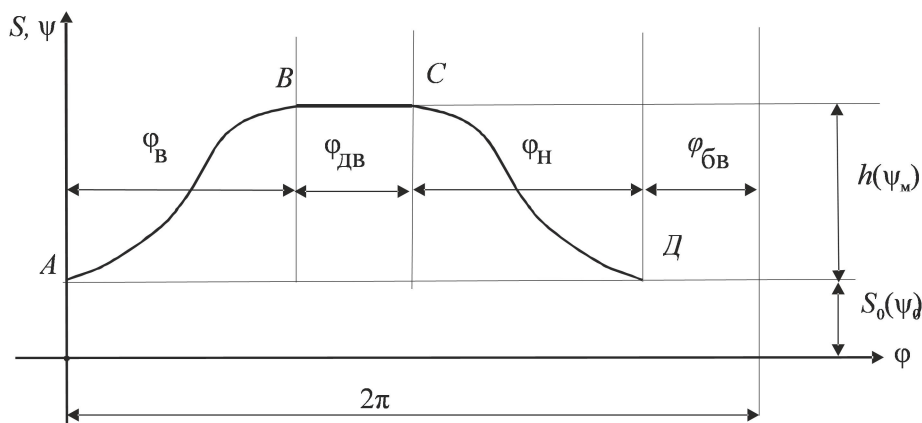


Рис. 9.3. Функція положення вихідної ланки кулачкового механізму

Фази руху веденої ланки (див. рис. 9.3):

Фаза віддалення ($\varphi_{\text{в}}$) – частина циклу, що відповідає зростанню функції переміщення веденої ланки. На цій фазі ведена ланка переміщається з положення, найбільш близького до центру кулачка, в положення, найбільш віддалене від центру.

Фаза наближення ($\varphi_{\text{н}}$) – частина циклу, що відповідає зменшенню функції переміщення веденої ланки. На цій фазі ведена ланка переміщується з положення, найбільш віддаленого від центру кулачка, у положення, найбільш близьке до центру.

Фаза дальнього вистою ($\varphi_{\text{дв}}$) – частина циклу, при якій функція положення постійна і максимальна. Цій фазі відповідає профіль кулачка, окреслений дугою кола.

Фаза ближнього вистою ($\varphi_{\text{бв}}$) – частина циклу, при якій функція положення постійна і мінімальна. Профіль кулачка, що забезпечує цю фазу, окреслено дугою кола.

Аналог швидкості веденої ланки (S') – перша похідна від переміщення веденої ланки по куту повороту кулачка.

Аналог прискорення веденої ланки (S'') – друга похідна від переміщення веденої ланки по куту повороту кулачка.

Центровий (теоретичний) профіль кулачка (Π) – профіль, який у системі координат кулачка описує центр ролика при його русі по робочому профілю кулачка (рис. 9.4).

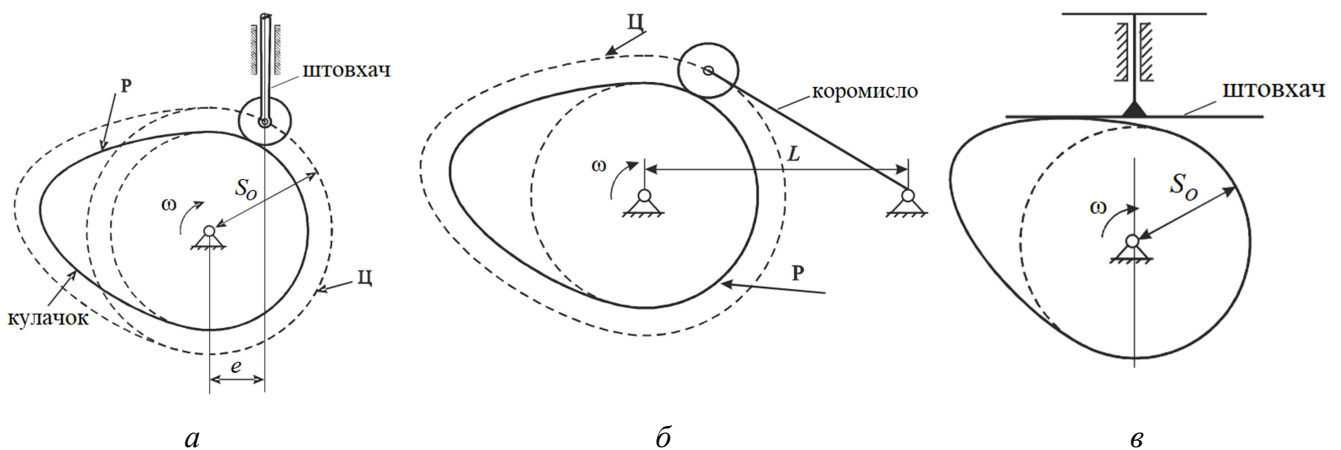


Рис. 9.4. Центровий Π і робочий P профілі у кулачкових механізмах:

a – з роликівим штовхачем; *б* – з роликівим коромислом; *в* – з плоским штовхачем

Робочий (практичний) профіль кулачка (P) – профіль кулачка, яким котиться ролик (див. рис. 9.4).

Закон руху веденої ланки – функція, що визначає параметри руху веденої ланки. Як правило, задається у вигляді функції аналога прискорення веденої ланки (рис. 9.5).

Кулачкові механізми з м'якими ударами – механізми, у яких функція аналога прискорення має миттєвий стрибок на скінчену величину (див. рис. 9.5, б, в, з, 9.6).

Кулачкові механізми з жорсткими ударами – механізми, у яких функція аналога прискорення має миттєвий стрибок на нескінченну величину (рис. 9.7).

Безударні кулачкові механізми – механізми, у яких функція аналога прискорення не має миттєвих стрибків, тобто змінюється плавно (див. рис. 9.5, а, 9.8).

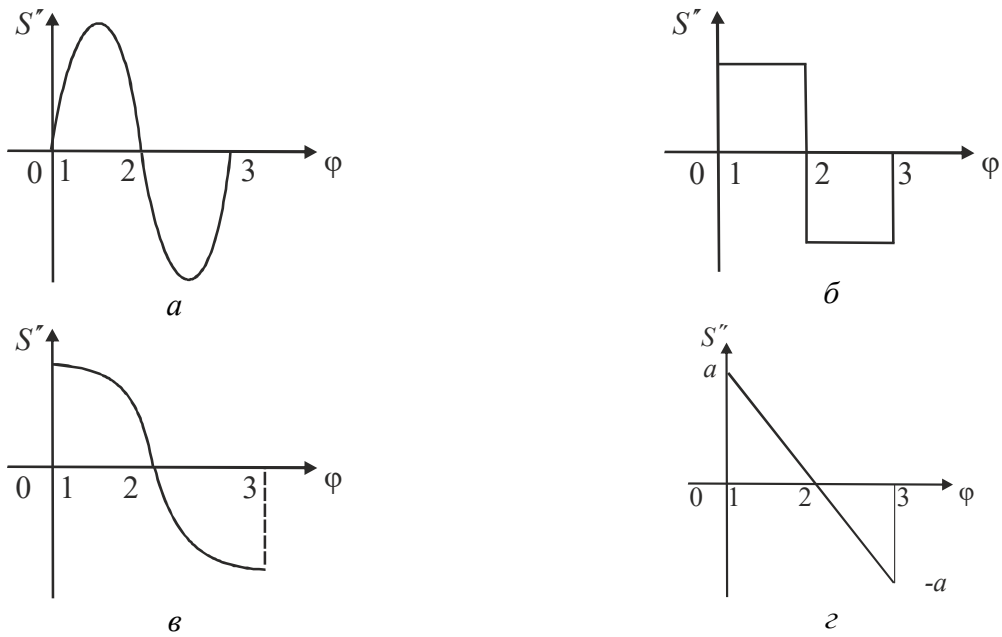


Рис. 9.5. Функції аналогів прискорення штовхача:

$$a - S'' = a \sin k\varphi; \quad б - S'' = \pm a; \quad в - S'' = a \cos k\varphi; \quad г - S'' = a \left(1 - 2 \frac{\varphi}{\varphi_B}\right)$$

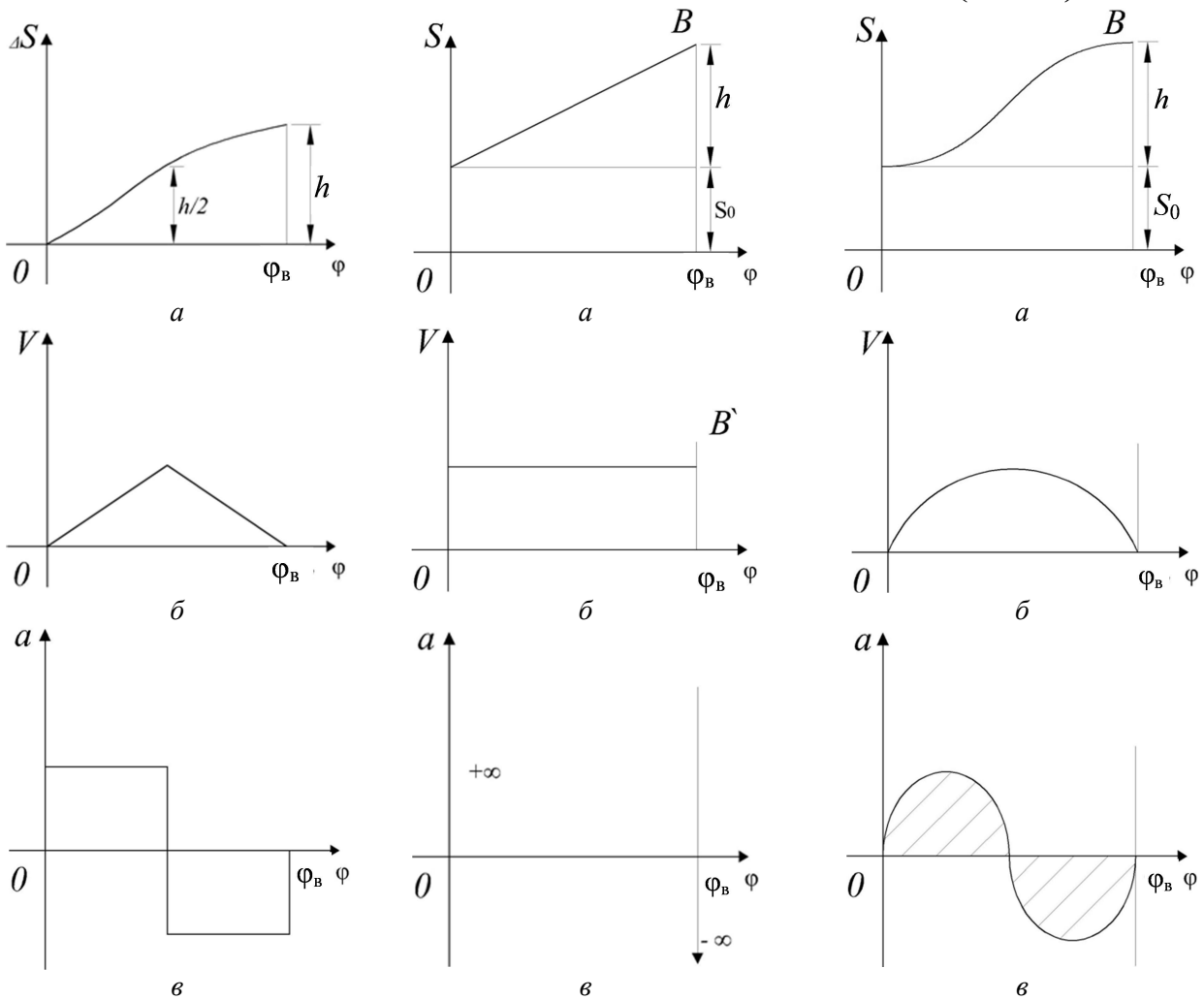


Рис. 9.6. Функція з «м'якими» ударами

Рис. 9.7. Функція з «жорсткими» ударами

Рис. 9.8. Безударна функція

Кут тиску кулачкового механізму (ϑ) – кут, утворений повною силою тиску кулачка на ведену ланку, спрямованою по загальній нормалі у точці контакту вищої пари, і її ефективною складовою, спрямованою за абсолютною швидкістю точки веденої ланки. Цей кут має такі обмеження: 30° – для кулачкових механізмів із штовхачем; 45° – для коромислових механізмів. Він актуальний тільки для кулачкових механізмів, забезпечених роликом (рис. 9.9 і 9.10). Для кулачкових механізмів з тарільчастою веденою ланкою цей кут дорівнює нулю.

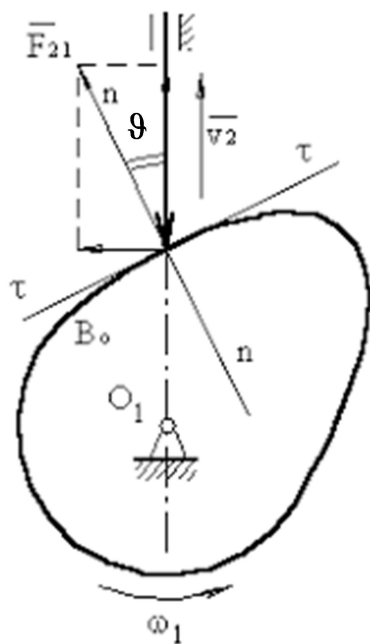


Рис. 9.9. Кут тиску у кулачковому механізмі з роликовим штовхачем, що рухається поступально

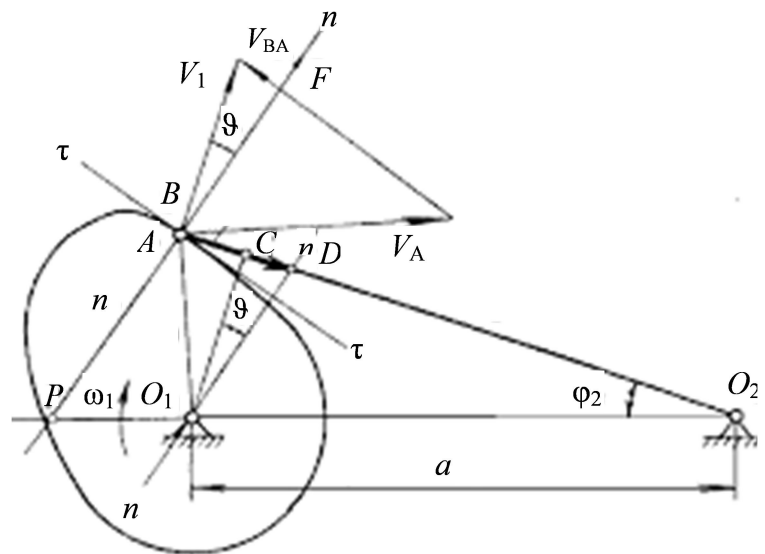


Рис. 9.10. Кут тиску у кулачковому механізмі з роликом на коромислі

Радіус кулачкової шайби – максимальний радіус кола, яке можна вписати у профіль кулачка з центру його обертання.

Ексцентриситет (e) – зміщення осі руху штовхача відносно осі обертання кулачка.

Вільні параметри кулачкового механізму – конструктивні параметри, що визначають розміри і характеристики механізму. До них відносять радіус кулачкової шайби, ексцентриситет, радіус ролика.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин / И. И. Артоболевский. – М. : Наука, 1988. – 640 с.
2. Теория механизмов и машин : учеб. для вузов / К. В. Фролов, С. А. Попов и др. ; под ред. К. В. Фролова. – М. : Высш. шк., 1987. – 496 с.
3. Кореняко А. С. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин / А. С. Кореняко, Л. И. Кременштейн, С. Д. Петровский и др. – Киев : Вища шк., 1970. – 332 с.
4. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин : посіб. – Київ : Наукова думка, 2002. – 660 с.
5. Кіницький Я. Т. Практикум із теорії механізмів і машин: навч. посіб. / Я. Т. Кіницький. – Львів : Афіша, 2002 – 452 с.
6. ДСТУ ISO 1122–1: 2006. Передачі зубчасті. Словник термінів. Ч. 1. Визначення, що стосуються геометрії. – Київ : Держстандарт України, 2013 – 72 с.
7. Ткачук Н. А. Методы анализа и синтеза механизмов. Текст лекций по дисциплине «Теория механизмов и машин» для студентов машиностроительных специальностей / Н. А. Ткачук, А. А. Зарубина, Е. И. Зинченко и др. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – 144 с.
8. Короткий довідник з курсу “Теорія механізмів і машин” для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / Уклад. О. І. Зінченко, Г. А. Кротенко. – Харків : НТУ «ХП», 2010. – 44 с.
9. Теория механизмов и механика машин: учеб. / К. В. Фролов [и др.] ; ред. К. В. Фролов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1998. – 496 с.

ЗМІСТ

Вступ	3
1. Основні поняття	5
2. Структурні дослідження механізмів	13
3. Кінематичне дослідження	16
4. Тертя в машинах	19
5. Силовий розрахунок	22
6. Динаміка машин	25
7. Зрівноваження мас машини	28
8. Зубчасті механізми	30
9. Кулачкові механізми	48
Список літератури	54

Навчальне видання

ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН
ТЛУМАЧНИЙ СЛОВНИК

для студентів спеціальностей «Прикладна механіка», «Галузеве машинобудування», «Автомобільний транспорт» та «Залізничний транспорт»

Укладачі: ГРЕЧКА Ірина Павлівна

ЗАРУБІНА Алла Олександрівна

ТКАЧУК Микола Анатолійович

УСТИНЕНКО Олександр Віталійович

Відповідальний за випуск доц. О. В. Бондаренко

Роботу рекомендував до видання проф. О. М. Шелковий

Редактор Л. Л. Яковлева

План 2020 р., п. 114

Підп. до друку 27.11.2020 р.

Формат 60x84/16.

Друк – цифровий.

Гарнітура Times New Roman.

Ум. друк. арк. 3,26

Тираж 50 прим.

Зам. № 2115204

Видавничий центр НТУ «ХП».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

61002, Харків, вул. Кирпичова, 2.

Видавець ТОВ «ПЛАНЕТА-ПРІНТ»

вул. Багалія, 16, м. Харків, 61002,

свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4568 від 17.06.2013.

Виготовлювач ФЛ-П Черняк Л.О.

61002, м. Харків, вул. Багалія, 16

Свідоцтво № 2480000000079553, від 16.05.2007 р.