

ТЕМА 3. Відомості з технічної механіки (4 год)

Урок №10. Передачі обертального руху.

Передачі обертального руху. Механічні передачі. Передавальне відношення та передавальне число. Передачі між валами, що мають паралельні осі та осі, які перетинаються чи схрещуються. Ремінна, фрикційна, зубчаста, ланцюгова, черв'ячна передачі; їхня будова, переваги і недоліки, призначення.

Загальні поняття про передачі між валами

Між валами двигуна і робочої машини, а також між органами самої машини встановлюються механізми для ввімкнення і вимкнення, зміни швидкості і напрямку руху, які мають загальну назву - передачі.

Передачі обертального руху широко застосовуються в механізмах і машинах. Вони забезпечують безперервний рівномірний рух.

Обертальний рух у машинах і механізмах передається гнучкими - пасовими, ланцюговими і жорсткими - фрикційними, зубчастими - передачами. У пасових і фрикційних передачах використовуються сили тертя, а у зубчастих і ланцюгових - механічне зчеплення елементів передачі. Кожна з передач має ведучу ланку, що надає рух, і ведені ланки, які передають рух від даного механізму до другого, зв'язаного з ним.

Важливою характеристикою передач обертального руху є передаточне відношення або передаточне число.

Відношення кутової швидкості, частоти обертання (числа обертів за хвилину) і діаметрів одного з валів до відповідних параметрів іншого вала, що обертається разом з першим валом, називається передаточним відношенням. Його позначають буквою u . Відношення частоти обертання ведучого вала до частоти обертання веденого називають передаточним числом. Це число показує, у скільки разів прискорюється чи сповільнюється рух.

Ведучі ланки та їх параметри прийнято позначати непарними цифрами 1, 3, 5 і т. д., ведені та їх параметри - парними цифрами 2, 4, 6 і т. д. Наприклад: D_1 і D_2 - діаметри ведучого і веденого шківів зубчастих коліс, зірочок і т. д.;

z_1 і z_2 - числа зубів ведучого і веденого зубчастих коліс, зірочок; n_1 і n_2 - частоти їх обертання (числа обертів); ω_1 і ω_2 — кутові швидкості.

Оскільки частота обертання (кількість обертів за хвилину) прямо пропорційна кутовій швидкості обертання, то передаточне відношення

$$u_{1-2} = n_1/n_2 = \omega_1/\omega_2$$

Передаточні відношення, виражені через діаметри початкових кіл D і числа зубів z зубчастих коліс, рівні між собою:

$$u_{1-2} = D_2/D_1 = z_2/z_1$$

Тобто, отримати дані про передаточне відношення можна з будь-якого виразу:

$$u_{1-2} = n_1/n_2 = \omega_1/\omega_2 = D_2/D_1 = z_2/z_1$$

Пасові передачі

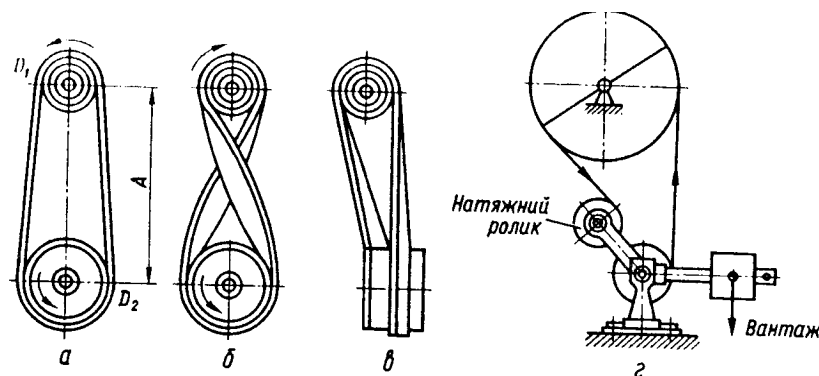
Порівняно з іншими механічними передачами пасові дають змогу просто, безшумно передавати крутний момент від двигуна або проміжного вала до робочого органу верстата в достатньо широкому діапазоні швидкостей і потужностей. Пас охоплює два шків, насаджені на вали. Навантаження передається за рахунок сил тертя, що виникають між шківом і пасом внаслідок натягання останнього. Застосовуються передачі з плоскими клиновими і круглими пасами.

Пасові передачі поділяють на відкриті, перехресні і напівперехресні. У відкритій передачі (мал. 10.1, а) вали паралельні один одному і шківів обертаються в одному напрямку. В перехресній (мал. 10.1, б) вали розташовані паралельно але ведучий шків обертається, наприклад за годинниковою стрілкою а ведений - проти неї, тобто у зворотному напрямку. Напівперехресну передачу застосовують між валами, осі яких розташовані в різних площинах під кутом один до одного (мал. 10.1, в).

У приводах машин використовуються плоскі і клинові паси - шкіряні, бавовняні суцільноткані і шиті, ткани прогумовані. Застосовуються також шерстяні ткани паси. У верстатах використовуються, в основному, шкіряні паси, а також плоскі клинові прогумовані. Для зменшення ковзання паса внаслідок недостатнього тертя через невеликий кут охоплення застосовують натяжні ролики (мал. 10.1, г).

Натяжний ролик - це проміжний шків на шарнірно закріпленому важелі. Під дією вантажу на довге плече важеля ролик натискує на пас, пас натягується, внаслідок чого збільшується кут охоплення пасом великого шківа.

Діаметр натяжного ролика має бути не меншим за діаметр малого шківа. Натяжний ролик слід установлювати біля веденої вітки не дуже близько до шківа.



Мал. 10.1. Передачі з плоскими пасами: а - відкрита, б - перехресна, в - напівперехресна, г - з натяжним роликом

Передачі клиновими пасами широко розповсюджені, вони прості і надійні в експлуатації. Основна перевага клинових пасів - якісне зчеплення їх зі шківів і відносно мале ковзання. Крім того, габарити клинових передач значно менші, ніж плоских пасових передач.

На мал. 10.2, а показано переріз клинового паса. Він складається з декількох шарів прогумованої тканини 1, декількох рядів корду 2 (корд - товсті скручені бавовняні нитки), шару гуми 3 і обгортки 4 з прогумованої тканини. Пас укладається у паз на ободі шківа 7 і заглиблюється так, щоб не торкався своєю поверхнею 5 дна 6 шківа.

Для передачі великих крутних зусиль застосовують багатопазові клинопасові приводи, шківів яких мають декілька канавок.

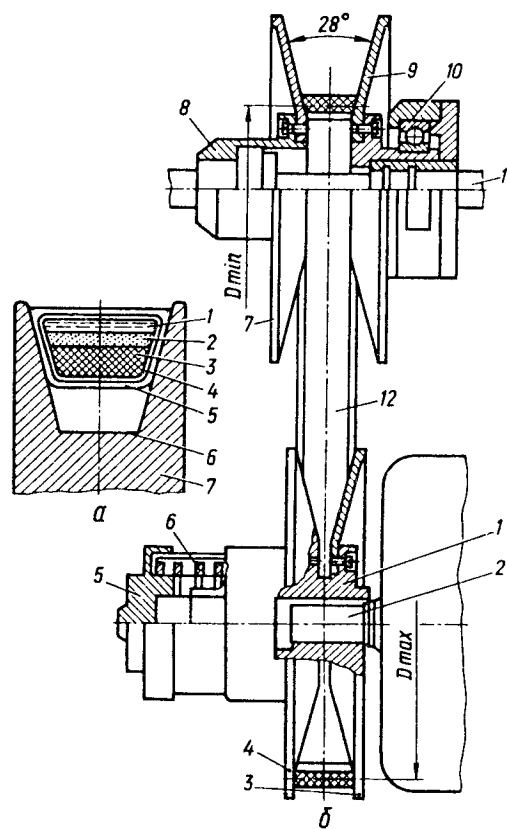
Клинові паси мають визначену довжину, їх не можна подовжувати або вкорочувати.

Для клинопасових приводів загального призначення стандартизовано сім перерізів пасів. Їх позначено буквами О, А, Б, В, Г, Д і Е (О - найменший переріз). Номінальна довжина клинових пасів (довжина їх внутрішнього периметра) становить від 500 до 1400 мм, кут натягування - 40° .

Клинові паси вибирають за перерізом залежно від потужності, що передається, і передбаченої швидкості обертання.

Передачі з широкими клиновими пасами розповсюджуються все ширше. Вони дають змогу безступенево регулювати швидкість обертання робочого органу на ходу під навантаженням і таким чином встановити оптимальний режим роботи. За наявності розглянутої передачі у верстаті можна механізувати і автоматизувати процес оброблення.

На мал. 10.2, б показано передачу з широким клиновим пасом, яка складається з двох відокремлених розсувних ведучого і веденого шківів. Ведучий шків за допомогою маточини (рос. ступица) 1 консольно закріплено на валу 2 електродвигуна. На маточині нерухомо закріплено конус 3. Рухомий конус 4 встановлено на стакані 5, який з'єднаний за допомогою шліців з маточиною 1 і притиснутий пружиною 6. Ведений шків складається з рухомого стакану 8 і нерухомого 9, конусів з маточиною 10, з'єднаною з валом 11 приводу. Керування передачею здійснюється спеціальним пристроєм (на малюнку не показано) шляхом переміщення стакану рухомого веденого конуса. При наближенні конусів 7 і 9 пас 12

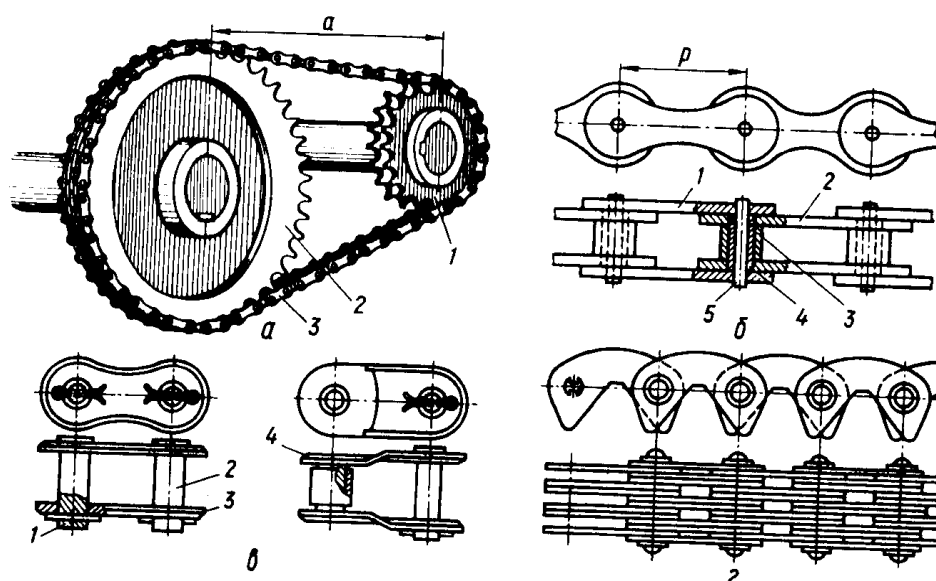


Мал. 10.2. Клинові пасові передачі з перерізами: а - звичайним, б - широким

віддаляється від осі обертання шківів, одночасно наближаючись до осі вала 2. Ведучий шків, протидіючи опору пружини 6, змінює передаточне відношення і частоту обертання веденого шківів.

Ланцюгові передачі

Для передачі обертального руху від одного вала до другого розташованого на певній відстані від першого, застосовуються крім пасових ланцюгові передачі. Як показано на мал. 9.4, а ланцюгова передача являє собою замкнений металевий шарнірний ланцюг, що охоплює два зубчасті колеса (зірочки). На відміну від паса ланцюг не проковзує, крім того його можна застосовувати у передачах з малою відстанню між валами та в передачах з великим передаточним числом.



Мал. 10.3. Ланцюгові передачі: а - загальний вигляд, б - однорядний роликів ланцюг, в - замок, г - пластинчастий ланцюг (а - міжосьова відстань, р - крок ланцюга

Ланцюгові передачі застосовуються для передачі потужності від долей кінської сили (велосипедні ланцюги) до тисячі кінських сил (багаторядні ланцюги підвищеної міцності).

Ці передачі працюють на великих швидкостях, до 30 м/с, і передаточних числах до 15. В окремих випадках їх коефіцієнт корисної дії може становити 0,98.

Ланцюгова передача складається з двох зірочок - ведучої 1 і веденої 2, які насаджені на вали, і нескінченного ланцюга 3, надітого на ці зірочки.

Серед різних видів ланцюгів найбільше розповсюдження мають одно- і багаторядні роликів і пластинчасті. Найбільша швидкість роликів ланцюгів 18 м/с, пластинчастих - 30 м/с.

Роликів ланцюг (мал. 10.3, б) складається з шарнірно з'єднаних пластинок 1 і 2, між

якими розташовані ролики 3, що вільно обертаються на втулці 4. Втулка запресовується в отворах внутрішніх пластинок 2, вона може повертатися на валику 5. Відстань між осями двох сусідніх валиків, тобто крок ланцюга, має бути рівною кроку зірочки. Під кроком зірочки розуміють довжину дуги, описаної по верху зубців зірочки і обмеженої вертикальними осями симетрії двох суміжних зубців.

Валики 5 щільно запресовуються у отворах зовнішніх пластинок 1. На одній з ланок ланцюга роблять замок (мал. 10.3, в) з двох валиків 1 і 2, з'єднуючої пластинки 3, зігнутої пластинки 4 і шплінтів для закріплення пластинок. Щоб зняти або встановити ланцюг, його розмикають, попередньо розібравши замок.

Пластинчастий ланцюг (мал. 10.3, г) складається з декількох рядів пластин з зубцями, що з'єднані між собою втулками і шарнірно закріплені на спільних валиках.

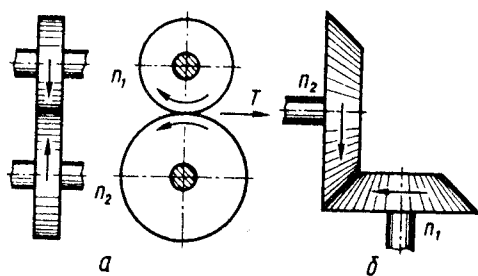
У ланцюгових передачах передаточне число зберігається постійним. Крім того, вони дуже міцні, що дає змогу передавати великі зусилля. У зв'язку з цим ланцюгові передачі застосовують, наприклад у таких вантажопідійомних механізмах як талі і лебідки. Довгі ланцюги застосовують в ескаляторах метро, конвеєрах.

Фрикційні передачі

У фрикційних передачах обертальний рух передається від ведучого до веденого вала за допомогою щільно притиснутих один до одного гладеньких коліс (дисків) циліндричної або конічної форми (мал. 10.4). Фрикційні передачі застосовуються в лебідках, гвинтових пресах, верстатах та інших машинах.

Щоб фрикційна передача працювала без ковзання і забезпечувала необхідну силу тертя

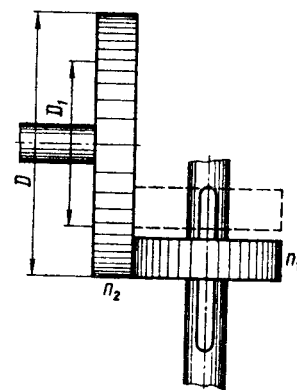
(зчеплення), поверхню веденого колеса покривають шкірою, гумою, пресованим папером, деревиною або іншим матеріалом, який може створити потрібне зчеплення зі стальним або чавунним ведучим колесом.



Мал. 10.4. Фрикційні передачі з колесами: а - циліндричними, б - конічними.

У фрикційних передачах застосовують циліндричні колеса для передавання руху між валами, розташованими паралельно один до одного (мал. 10.4, а) а конічні між валами, що перехрещуються (мал. 10.4, б).

В обладнанні використовуються фрикційні передачі з регульованим передаточним числом. Одна з найпростіших



Мал. 10.5. Одинарний торцевий варіатор

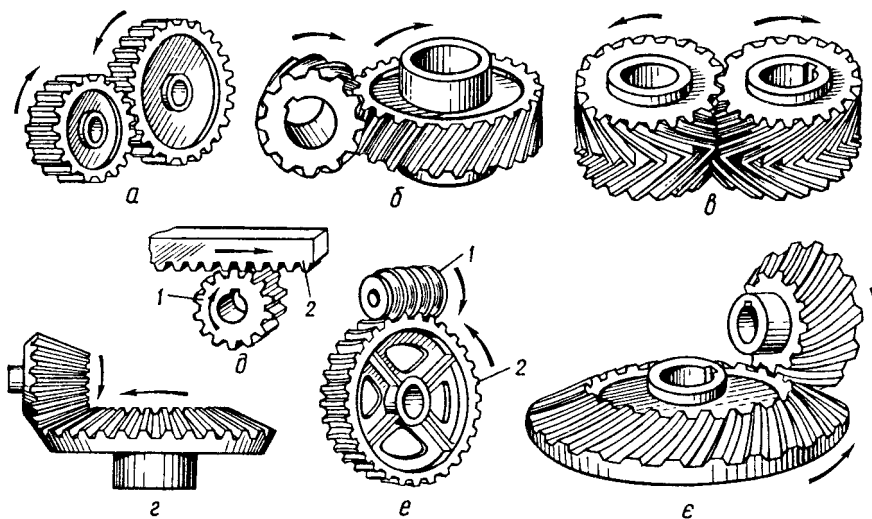
таких передач зображена на мал. 10.5. Для зміни передаточного числа передачі оснащені пристроями, які пересувають одне з коліс вздовж вала і закріплюють його у відповідному місці. Зменшення таким пристроєм діаметра D веденого вала до робочого діаметра D_1 забезпечує збільшення частоти обертання веденого колеса. Внаслідок цього зменшується передаточне число n_1/n_2 . З віддаленням ведучого колеса від осі веденого передаточне число, навпаки, збільшується. Таке плавне регулювання швидкості називається безступеневим, а пристрій, який регулює, - варіатором швидкостей.

Зубчасті передачі

Майже в усьому промисловому обладнанні застосовуються зубчасті передачі. Вони дають змогу змінювати швидкість рухомих частин верстатів і напрямок їх руху, передавати від одного вала до іншого сили і крутні моменти, а також перетворювати їх.

У зубчастих передачах рух передається за допомогою пар зубчастих коліс (мал. 10.6). **Менше зубчасте колесо називають шестірнею, а більше - колесом. Термін "зубчасте колесо" стосується як до шестірні, так і до колеса.**

В залежності від взаємного розташування осей валів зубчасті передачі поділяють на циліндричні, конічні і гвинтові. Циліндричні зубчасті колеса для промислового обладнання виготовляють з прямими, косими і кутовими (шевронними) зубами.



За профілем зубів розрізняють евольвентні, зацепленням Новікова і

Мал. 10.6. Зубчасті зацеплення: а - циліндричне з прямими зубами, б - таке ж з косими зубами, в - з шевронними зубами, г - конічне, д - колесо-рейка, е - черв'ячне, є - з круговими зубами

циклоїдальні зубчасті передачі. У машинобудуванні широко застосовується евольвентне зацеплення. Принципово нове зацеплення Новікова можливе лише в косозубих передачах. Воно перспективне завдяки високій міцності. Циклоїдальне зацеплення використовується в різних приладах, у тому числі і в годинниках.

Циліндричні зубчасті колеса з прямими зубами (мал. 10.6, а) застосовуються в передачах з паралельно розташованими осями валів, вони встановлюються на них рухомо або нерухомо.

Циліндричні зубчасті колеса з косими зубами (мал. 10.6, б) застосовуються для передавання руху у передачах, осі валів яких перехрещуються в просторі, а іноді і між паралельними валами, наприклад, коли в передачі мають поєднуватися підвищена кутова швидкість і безшумність їх роботи при великих передаточних відношеннях (до 15:1).

Косозубі колеса монтуються на валах тільки нерухомо. Робота косозубих коліс супроводжується осьовим тиском, а тому вони придатні для передавання лише порівняно невеликих потужностей. Осьовий тиск можна усунути, з'єднавши два косозубі колеса з однаковими, але направленими у різні сторони зубами. Так одержують шевронне колесо (мал. 9.7, в), яке монтують, повертаючи вершину кута зубів в сторону обертання колеса. На спеціальних верстатах шевронні колеса виготовляють цілими з однієї заготовки.

Шевронні колеса міцні, їх застосовують для передавання великих потужностей за умови, коли зубчасте зачеплення під час роботи зазнає поштовхи і удари. Ці колеса також установлюють на валах нерухомо.

Розрізняють також прямозубі, косозубі та з круговими зубами конічні передачі. На мал. 10.6, г зображено конічні прямозубі, а на мал. 9.7, є - конічні кругові зубчасті колеса. Їх призначення - передавання обертання між валами, осі яких перетинаються. Конічні зубчасті колеса з круговими зубами застосовують в передачах, де необхідні висока плавність і безшумність руху.

На мал. 10.6, д зображені ***зубчасті колесо і рейка***. У цій передачі обертальний рух колеса 1 перетворюється в прямолінійний рух рейки 2.

Евольвентне зачеплення - лінійчате, оскільки контакт зубів практично проходить по вузькій площадці, розташованій вздовж зуба (мал. 10.7, а). Цим пояснюється порівняно невисока контактна міцність цього зачеплення.

В зачепленні *Новикова* лінія контакту зубів стає точкою і зуби торкаються тільки в момент проходження профілів через цю точку (мал. 10.7, б), а неперервність передавання руху забезпечується завдяки гвинтовій формі зубів. Тому це зачеплення може бути тільки косозубим з кутом нахилу $\beta = 10...30^{\circ}$. При взаємному перекочуванні зубів контактна площадка пересувається вздовж зуба з великою швидкістю, що створює сприятливі умови для утворення стійкої масляної плівки між зубами, завдяки чому тертя в передачі зменшується майже в два рази, відповідно підвищується несуча здатність зубів.

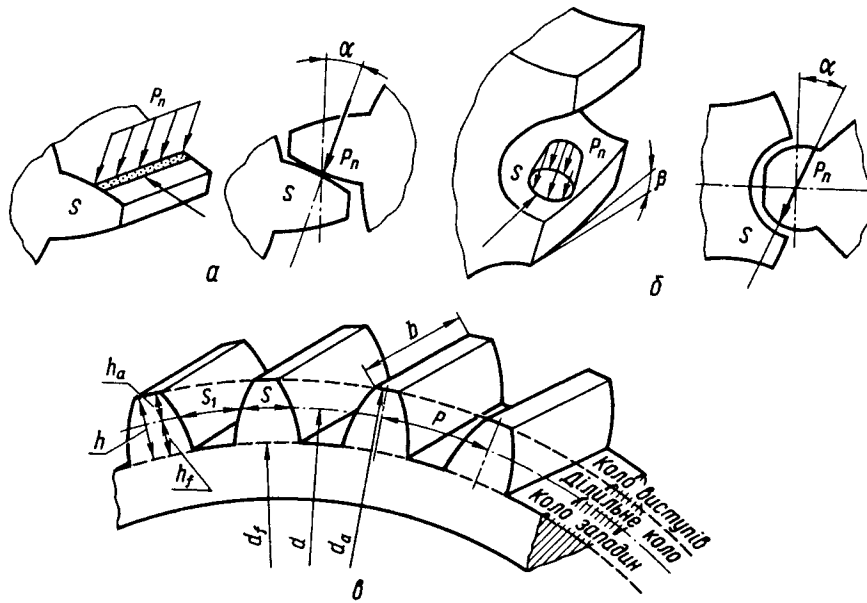
Суттєвим недоліком розглянутого зачеплення є підвищена чутливість до зміни міжосьової відстані і значних коливань навантажень.

У кожному зубчастому колесі (мал. 10.7, в) ***розрізняють три кола (ділильне, виступів і впадин) і три відповідних діаметри.***

Ділильне або початкове коло ділить висоту зуба на дві нерівні частини. Верхню частину зуба називають головою, а нижню - ніжкою зуба. Висоту головки зуба прийнято позначати

h_a , висоту ніжки - h_f , діаметр кола - d .

Коло виступів - це коло, що обмежує зверху профілі зубів колеса, його діаметр позначають d_a .



Коло западин проходить по основах впадин зубів, діаметр цього кола позначають d_f .

Відстань між серединами двох сусідніх зубів, виміряна вздовж дуги ділільного кола, називається **кроком** зубчастого зачеплення.

Крок позначають буквою P . Якщо крок, виражений в

Мал. 10.7. Схема руху контактної площадки та основні елементи зубчастого колеса.

міліметрах, розділити на число $\pi = 3,14$, то одержимо величину, яку називають **модулем**.

Модуль виражають в міліметрах і позначають буквою m . Таким чином, модуль

$$m = P/\pi = P/3,14$$

а крок

$$P = \pi m = 3,14m$$

Дуга ділільного кола S в межах зуба називається **товщиною зуба**, дуга S_1 - **шириною западини**. Як правило, $S = S_1$. Розмір b зуба вздовж лінії, паралельної осі колеса, називається **довжиною зуба**.

Число зубів зубчастого колеса позначається буквою Z .

У зуборізній справі модуль є дуже важливим показником. Від нього залежать усі елементи зуба: висота головки $h_a = m$, висота ніжки $h_f = 1,25m$, висота всього зуба $h = h_a + h_f = m + 1,25m = 2,25 m$.

Знаючи число зубів Z і модуль m , можна визначити діаметр ділільного кола зубчастого колеса

$$d = zm,$$

діаметр кола виступів

$$d_a = d + 2h' = zm + 2m = (z + 2)m,$$

діаметр кола западин

$$d_f = d - 2h_f = zm - 2,4m = (z - 2,4)m.$$

Щоб визначити діаметр заготовки для виготовлення зубчастого колеса, до заданого

числа зубів додають число два і одержаний результат перемножують на модуль.

Тихохідні зубчасті колеса виготовляють з чавуну або вуглецевої сталі швидкохідні - з легованої сталі. Після нарізання зубів на зуборізних верстатах зубчасті колеса піддають термічній обробці, щоб збільшити їх міцність і підвищити стійкість проти зношування. Якість поверхонь зубів коліс з вуглецевої сталі підвищують хіміко-термічним способом - цементацією з наступним гартуванням. Зуби швидкохідних коліс після термічного оброблення шліфують або притирають. Застосовується також поверхнєве гартування струмами високої частоти.

Щоб зачеплення було плавним і безшумним, одне з двох коліс у зубчастих парах іноді при невеликих навантаженнях виготовляють з текстоліту, деревинношарового пластика ДСП-Г або капрону. Для полегшення зачеплення зубчастих коліс при увімкненні шляхом пересування по валу торці зубів з боку їх увімкнення заокруглюють.

Черв'ячні передачі дають змогу одержати великі передаточні числа, тому їх застосування доцільне у разі необхідності невеликої частоти обертання веденого вала. Суттєве значення має і те, що черв'ячні передачі займають менше місця, ніж зубчасті.

Черв'ячна передача (див. мал. 10.6, е) складається з черв'яка 1, що насаджується на ведучий вал або виготовляється з ним як одне ціле, і черв'ячного колеса 2, що закріплюється на веденому валі. Черв'як являє собою гвинт з трапецеїдальною різью. Гвинтові зуби черв'ячних коліс увігнуті по довжині.

За числом зубів розрізняють черв'яки одно-, двозахідні і т.д. Однозахідний черв'як за один оберт повертає колесо на один зуб, двозахідний - на два тощо. Щоб визначити передаточне число u черв'ячної передачі, треба число заходів K черв'яка розділити на число зубів z_2 черв'ячного колеса. Якщо, наприклад $K = 2$, а $z_2 = 50$, то

$$u = K / z_2 = 2 / 50 = 0,04.$$

При частоті обертання черв'яка $n = 500$ обертів за хвилину для черв'ячного колеса $n_2 = n_1 u = 500 \cdot 0,04 = 20$ об/хв.

Недоліком черв'ячних передач є великі втрати потужності, що передається, на тертя. Для зменшення втрат черв'яки виготовляють із сталі, їх поверхні після гартування шліфують, а ободи черв'ячних коліс, які надівають на сталю маточину, виготовляють з бронзи. При застосуванні таких матеріалів тертя зменшується, меншими стають втрати потужності і знос деталей.