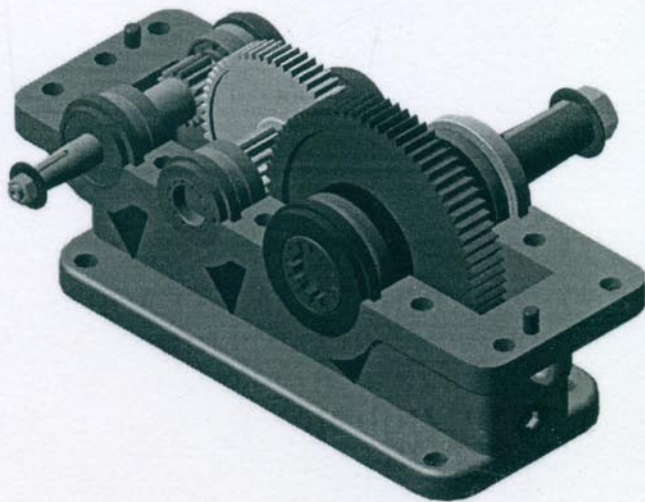


А. Г. Буда, Р. Р. Обертюх, М. Р. Архипчук

**РОЗРАХУНОК ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ І
ВИКОНАННЯ РОБОЧИХ КРЕСЛЕНИКІВ
ОСНОВНИХ ЛАНОК ЗУБЧАСТИХ
ЦИЛІНДРИЧНИХ, КОНІЧНИХ, ЧЕРВ'ЯЧНИХ І
ЛАНЦЮГОВИХ ПЕРЕДАЧ**



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

А. Г. Буда, Р. Р. Обертюх, М. Р. Архипчук

**РОЗРАХУНОК ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ І
ВИКОНАННЯ РОБОЧИХ КРЕСЛЕНИКІВ
ОСНОВНИХ ЛАНОК ЗУБЧАСТИХ
ЦИЛІНДРИЧНИХ, КОНІЧНИХ, ЧЕРВ'ЯЧНИХ І
ЛАНЦЮГОВИХ ПЕРЕДАЧ**

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2016

УДК 744(075)
ББК 22.151.3я73
Б90

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 9 від 24.04.2014 р.)

Рецензенти:

Пономарчук І. П., доктор технічних наук, професор (ВНАУ)

Сивак І. О., доктор технічних наук, професор (ВНТУ)

Біліченко В. В., доктор технічних наук, професор (ВНТУ)

Буда, А. Г.

Б90 Розрахунок геометричних параметрів і виконання робочих креслень основних ланок зубчастих циліндричних, конічних, черв'ячних і ланцюгових передач : навчальний посібник / Уклад. Буда А. Г., Обертюх Р. Р., Архипчук М. Р. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 84 с.

В посібнику викладено методику розрахунку геометричних параметрів зубчастих циліндричних і конічних коліс, черв'яків і черв'ячних коліс та ланок ланцюгових передач, а також вимоги стандартів до виконання робочих креслень зубчастих коліс, черв'яків, зірочок. Посібник містить пояснення до виконання графічного завдання на тему «Зубчасті передачі» та зразки виконаних креслень для студентів машинобудівних спеціальностей.

Посібник призначений для студентів машинобудівних спеціальностей всіх форм навчання, що вивчають курси дисциплін «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка» та «Деталі машин», «Підйомно-транспортні машини».

УДК 744(075)
ББК 22.151.3я73

ЗМІСТ

1 Механічні передачі та їх основні ланки (деталі)	5
1.1 Загальні положення	5
1.2 Фрикційні передачі	5
1.3 Пасові передачі	6
2 зубчасті передачі	7
2.1 Загальні відомості	7
2.2 Циліндрична евольвентна зубчаста передача	9
2.2.1 Елементи евольвентного зубчастого колеса	9
2.2.2 Основні геометричні параметри циліндричних евольвентних зубчастих коліс	10
2.2.3 Виконання ескізу прямозубого циліндричного некоригованого зубчастого колеса	13
2.2.3.1 Виконання робочих креслеників зубчастих рейок	16
2.2.4 Зображення зубчастих коліс	20
2.2.5 Зубчаста циліндрична передача	22
2.2.6 Вимоги до викреслювання зубчастої передачі	23
2.3 Конічна зубчаста передача	24
2.3.1 Елементи конічного зубчастого колеса. Терміни, означення, позначення (ГОСТ 19325–73)	24
2.4 Черв'ячна зубчаста передача	31
2.4.1 Розрахунок геометричних параметрів черв'яка та черв'ячного колеса	33
2.4.2 Виконання робочих креслеників циліндричних черв'яків і черв'ячних коліс	35
3 Ланцюгові передачі	43
3.1 Розрахунок геометричних параметрів ланцюгових передач	44
4 Способи виготовлення та матеріали коліс зубчастих циліндричних, конічних і черв'ячних передач	47
4.1 Шорсткість поверхонь зубців	50
5 Методичні рекомендації до виконання графічних завдань	51
5.1 Розрахунок геометричних параметрів та зображення циліндричної передачі	52
5.2 Розрахунок геометричних параметрів та зображення конічної передачі	54
5.3 Розрахунок геометричних параметрів та зображення черв'ячної передачі	60
6 Правила виконання кінематичних схем	65
6.1 Типи схем	65
6.2 Кінематичні схеми	65
Українсько-російсько-англійський словник деяких термінів	72
Література	76

Додаток А Графічні умови та вихідні дані до викреслювання циліндричної передачі	78
Додаток Б Графічні умови та вихідні дані до викреслювання конічної передачі	79
Додаток В Графічні умови та вихідні дані до викреслювання черв'ячної передачі	80
Додаток Г Конструктивні особливості зубчастих коліс	82
Додаток Д Шпонки призматичні	83

1 МЕХАНІЧНІ ПЕРЕДАЧІ ТА ЇХ ОСНОВНІ ЛАНКИ (ДЕТАЛІ)

1.1 Загальні положення

Передачами називають пристрої для передачі енергії на відстань.

Передачі (*transmissions*) поділяються на: електричні, пневматичні, гідравлічні та механічні (*electrical, pneumatic, hydraulic, mechanical transmission*).

Механічна передача – це пристрій для перетворення параметрів руху двигуна в параметри руху виконавчої ланки привода машини [1, 2].

Механічні передачі (далі просто передачі) за принципом дії (передачі руху) поділяють на два класи: передачі тертям (фрикційні та пасові); зачепленням (зубчасті – циліндричні, конічні, гвинтові, рейкові; черв'ячні; передачі гвинт-гайка; ланцюгові) [1, 2, 3, 4].

Основні ланки передач – котки, шків, зубчасті колеса, черв'яки, рейки, паси та ланцюги. Іншими складовими частинами передач є вали і опори валів – підшипники кочення та ковзання, корпусні деталі (корпуси, кришки тощо), розпірні втулки і кільця, пристрої ущільнення валів (манжети та ін.) і з'єднувальні деталі (шпильки, болти, гвинти тощо).

1.2 Фрикційні передачі

На рисунку 1 схематично наведені приклади найпростіших фрикційних передач: циліндричної (рис. 1, а) та конічної (рис. 1, б), котки яких щільно притискаються один до одного за допомогою спеціальних пристроїв (наприклад, пружинних чи за рахунок пружної деформації валів котків та ін.).

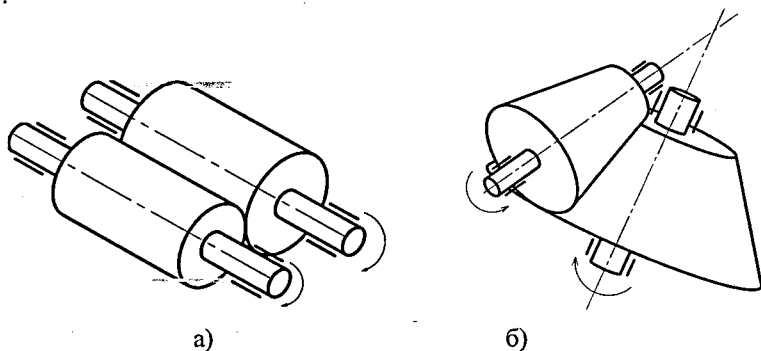


Рисунок 1 – Фрикційна передача (*friction gear*)

Один із котків ведучий (*driven*), другий – ведений (*wheel*). Основні переваги таких передач – простота конструкції і практична безшумність роботи. До головних недоліків цих передач належать нестабільність передаточного відношення через проковзування під час роботи, великі сили тиску на вали через необхідність притискання одного котка до іншого і відносно невеликі потужності через значне тепловиділення.

1.3 Пасові передачі

Пасові передачі дозволяють передавати рух на відстані до 15 м та більше. Ці передачі прості за конструкцією та експлуатацією.

Передачі складаються з ведучого шківів 1 (рис. 2), який, зазвичай, установлюють на валу двигуна (наприклад, електродвигуна), паса 2 та веденого шківів 3, який передає обертальний рух на вал 4, що є складовою частиною якого-небудь механізму машини (автомобіля, верстата, конвеєра тощо).

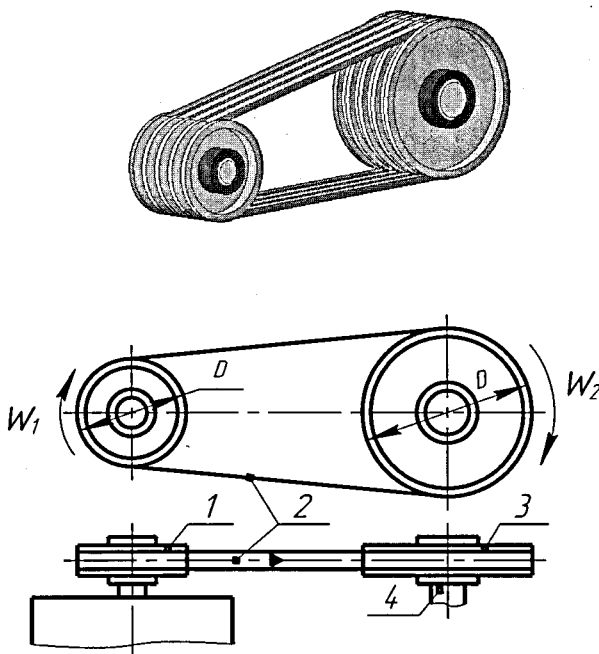


Рисунок 2 – Пасова передача (*belt drive*)

2 ЗУБЧАСТІ ПЕРЕДАЧІ

2.1 Загальні відомості

Зубчаті передачі (*toothed transmissions*) слугують для передачі обертального руху від одного вала на інший або для перетворення обертального руху в поступальний.

В машинобудуванні зубчасті передачі мають широке використання в різних механізмах (коробках передач верстатів, автомобілів, механізмах точного переміщення, ділильних головках тощо).

Для передачі обертального руху (*rotating motion*) від одного вала на інший, осі яких паралельні, застосовують циліндричні передачі із зовнішнім (рис. 3, а – в) та внутрішнім (рис. 3, г) зачепленням; якщо осі валів перетинаються, то використовують конічні передачі відповідно з прямими, косими (тангенційними) та коловими зубцями (рис. 3, д – ж). У випадку, коли осі валів є мимобіжними, зазвичай з прямим кутом перехрещування, застосовують черв'ячні, гвинтові передачі (рис. 3, и, к). Рейкову передачу (рис. 3, а) використовують для перетворення обертального руху в поступальний і навпаки.

В машинобудуванні найбільш розповсюджені зубчасті передачі з евольвентним профілем зуба, запропонованим Л. Ейлером у 18-му столітті, який має ряд суттєвих технологічних переваг над іншими профілями зубців. В потужних зубчастих передачах використовують зубчасті колеса (циліндричні та конічні) із зачепленням Новікова (кругогвинтові передачі).

Колеса зубчастих передач установлюють на валах. Для передачі обертального моменту від зубчастих коліс до вала, або навпаки, використовують різного виду з'єднання – шпонкові, шліцьові, штифтові тощо. Шпонкові та шліцьові прямобічні і евольвентні з'єднання стандартизовані.

В зачепленні двох зубчастих коліс менше із коліс називають шестернею, а більше – зубчастим колесом.

Шестерня (*gear*) – це зубчасте колесо з меншим числом зубців. У випадку, коли число зубців одного колеса дорівнює числу зубців другого (передаточне відношення $U=1$) шестернею називають ведуче (*driving*) колесо, а колесом – ведене (*driven*).

Ведучим називають колесо, яке отримує обертальний рух, наприклад від двигуна, а веденим є колесо, якому рух надає шестерня (парне зубчасте колесо).

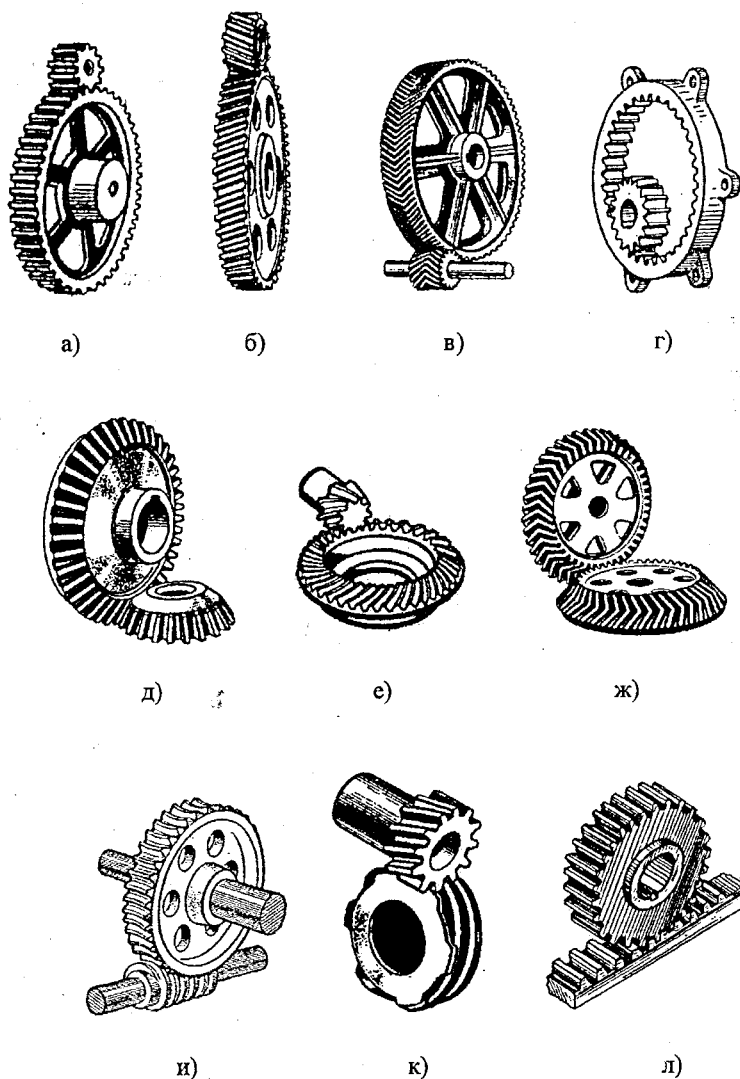


Рисунок 3 – Різновиди зубчастих передач

Залежно від характеру зачеплення (зовнішнє чи внутрішнє), взаємного розміщення валів, абсолютних розмірів, виду виробництва (одиничне, дрібносерійне, масове) тощо, зубчасті колеса можуть мати різноманітну

конструкцію. В техніці найбільш широко використовуються зубчасті циліндричні та конічні передачі і черв'ячні передачі, які є своєрідним «симбіозом» передачі гвинт-гайка (черв'як за своєю суттю гвинт з одно-, дво- чи чотиризахідною нарізкою) та циліндричної косозубої передачі (черв'ячне колесо з арочною формою зуба).

2.2 Циліндрична евольвентна зубчаста передача

2.2.1 Елементи евольвентного зубчастого колеса

Основним елементом (рис. 4, а) евольвентного (*involute*) зубчастого колеса є зуб (рис. 4, б) – виступ, бокові сторони якого окреслені по евольвенті, призначений для передачі руху безпосередньо дією на зуб іншого колеса.

Поверхня, на якій утворені зубці, називається зубчастим вінцем, а простір між бічними поверхнями сусідніх зубців, поверхнями вершин та основ западин називається западиною.

Початковою поверхнею евольвентного зубчастого колеса називається співвісна поверхня, по якій котиться без ковзання (основна властивість евольвенти) така сама поверхня іншого колеса, що перебуває в зачепленні з першим (рис. 5, а). Ділильна поверхня (*reference plane*) колеса поділяє зуб (*tooth*) на дві частини – головку та ніжку (рис. 4, а).

Для некоригованих зубчастих евольвентних коліс (*non-adjusted toothed involute gear*) ділильні та початкові поверхні збігаються.

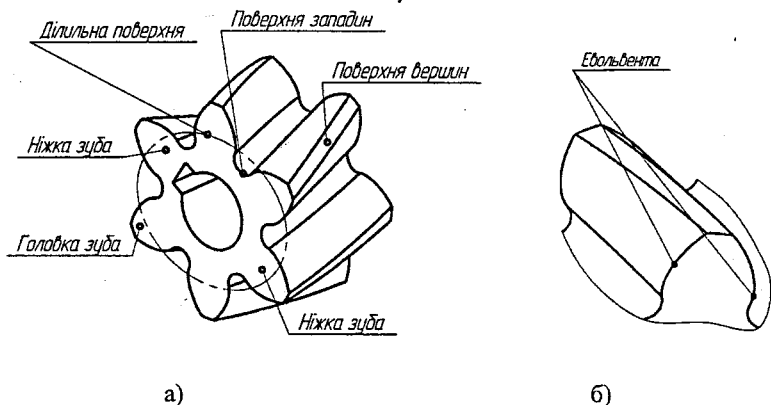


Рисунок 4 – Елементи (*components*) евольвентного зубчастого колеса

2.2.2 Основні геометричні параметри циліндричних евольвентних зубчастих коліс

Основним геометричним параметром зубчастих коліс є модуль (*module*) зубців m_t – величина пропорційна кроку (*pitch*) зубців p_t на ділильному циліндрі колеса. Коефіцієнтом пропорційності є π^{-1} . Таким чином, $m_t = p_t / \pi^{-1}$ – нормований крок, де π^{-1} – нормувальний множник.

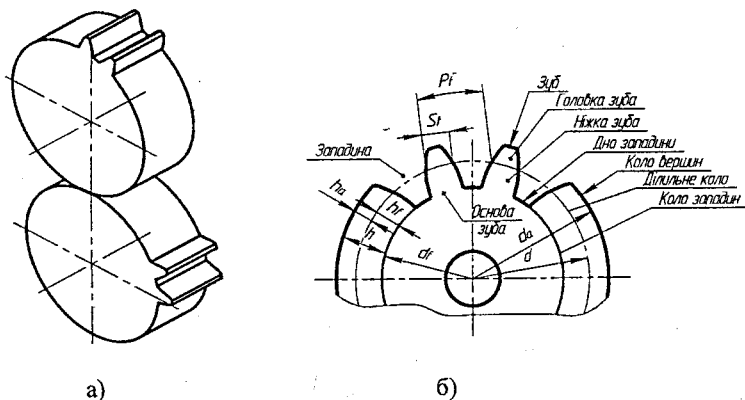


Рисунок 5 – Геометричні параметри зубчастого евольвентного колеса
(*of involute toothed gear*)

Коловий крок p_t – це відстань між однойменними поверхнями двох сусідніх зубців колеса, виміряна по колу ділильної поверхні колеса.

Очевидно, що довжина кола зубчастого колеса по ділильному діаметру d (рис. 5, б), коловий крок (*butt pitch*) p_t і число зубців (*amount of teeth*) z колеса пов'язані залежністю $\pi d = zp_t$, звідки $p_t = \pi d / z$ та $m_t = d / z$, тобто коловий модуль m_t є часткою від ділення діаметра ділильного колеса на число зубців (інше визначення модуля, яке часто зустрічається в літературі).

В загальному випадку для косозубих циліндричних евольвентних передач розглядають колові p_n , нормальні p_n та осьові p_x кроки, яким відповідають відповідні модулі. В косозубих циліндричних евольвентних передачах використовують коловий (торцевий) модуль m_t і нормальний $m_n = p_n / \pi$. Оскільки нормальний крок p_n – це найменша відстань по ділильному циліндрі між однойменними профільними поверхнями двох суміжних зубців, то $p_n = p_t \cos \beta$ і $m_n = m_t \cos \beta$, де β – кут нахилу лінії зубців до твірної ділильного циліндра. Для прямозубих циліндричних евольвентних передач колові та нормальні кроки і відповідні їм модулі збігаються. Оскільки профіль (*profile*) косого зуба ідентичний профілю

прямого зуба в площині, що перетинає косий зуб під кутом 90° (нормальна площина), то в косозубих циліндричних передачах за стандартний модуль беруть нормальний модуль m_n (*main module*).

Роботоздатність циліндричної евольвентної зубчастої передачі (далі циліндричної зубчастої передачі) забезпечується, якщо колові кроки зубців шестерні p_{t1} і p_{t2} колеса є рівними (рис. 6).

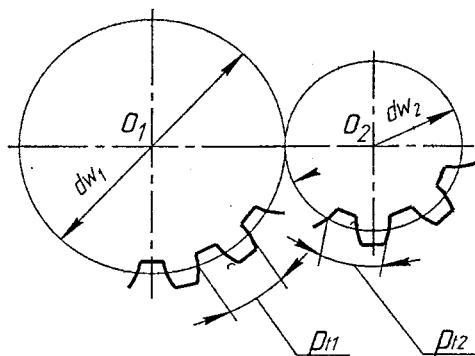


Рисунок 6 – Початкові циліндри (*pitch cylinder*) зачеплення (*gearing*)

Початкові діаметри (*pitch diameter*) d_{w1} та d_{w2} спряженої пари зубчастих коліс – це діаметри поверхонь зубчастих коліс, що котяться без ковзання одна по іншій. Ділильні діаметри d_1 та d_2 ділять зубці коліс на дві частини – головки та ніжки.

Головка (*addendum*) зуба h_a – це частина висоти зуба, що виступає над ділильним діаметром.

Ніжка (*dedendum*) зуба h_f – це частина висоти зуба, що знаходиться під ділильним діаметром.

Висота (*tooth*) зуба h – це радіальна висота між колами виступів та западин зубців.

Діаметр вершин зубців d_a – обмежує вершини зубців.

Діаметр западин зубців d_f – проходить через основу западин зубців.

Міжосьова відстань a_w – відстань між осями валів (центрами обертання коліс), на які насаджені зубчасті колеса, що знаходяться в зачепленні:

$$a_w = 0,5(d_{w1} + d_{w2}),$$

де d_{w1} – початковий діаметр шестерні;

d_{w2} – ділильний діаметр (*reference diameter*) зубчастого колеса.

Основні геометричні параметри (*main geometrical parameters*) та формули для їх розрахунку (*analysis formulas*) для циліндричного прямозубого некоригованого зубчастого колеса (шестерні) наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Геометричні параметри циліндричного прямозубого некоригованого зубчастого колеса

Позна-чення	Назва параметра	Формули для розрахунку
z	Число зубців	–
m	Модуль	стандартний
h	Висота зуба	$h = 2,25m$
h_a	Висота головки зуба	$h_a = m$
h_f	Висота ніжки зуба	$h_f = 1,25m$
d	Дільний діаметр	$d = mz$
d_a	Діаметр вершин зубців	$d_a = d + 2h_a$
d_f	Діаметр западин зубців	$d_f = d - 2h_f$
p	Крок зубців	$p = m\pi$
s	Товщина зуба	$s = 0,5p$
e	Ширина западини	$e = 0,5p$
c	Радіальний зазор	$0,25m$

Конструктивні параметри (*constructive parameters*) циліндричних зубчастих коліс за відсутності спеціальних умов, вказаних в технічному завданні на розробку зубчастої передачі, визначають за рекомендаціями, установленними на основі узагальнення досвіду проектування, виготовлення і експлуатації зубчастих передач. Наприклад, розміри зубчастого колеса, що не пов'язані безпосередньо з геометричними параметрами зачеплення, знаходяться за простими формулами: діаметр маточини $d_m = (1,6 \dots 1,9)d_s$ (де d_s – діаметр посадочної поверхні вала, на яку установлюють колесо); довжина маточини $l_m = (0,8 \dots 1,5)d_s$; товщина диска колеса $C_q = (0,15 \dots 0,3)b_2$ (де b_2 – ширина колеса; ширина шестерні $b_2 = b_2 + 2 \dots 10$ мм); товщина диска колеса під западинами зубців $S_q = (1,5 \dots 3)m$, фаска (торцева) на зубцях $\alpha = 0,5m \dots 45^\circ$. Ширину колеса b_2 беруть як частку дільного (початкового) діаметра шестерні: $b_2 = \psi_{bd} d_{w1}$, де ψ_{bd} – коефіцієнт ширини зубчастого вінця колеса, який приймають залежно від розташування колеса відносно опор вала та виду термообробки зубців ($\psi_{bd} = 0,2 \dots 0,6$ у випадку консольного розташування коліс; $\psi_{bd} = 0,3 \dots 1,4$ для несиметричного розташування коліс; $\psi_{bd} = 0,4 \dots 1,6$ – для симетричного розташування).

Менші значення коефіцієнта ψ_{bd} беруть, якщо зубці коліс пройшли термообробку за такими видами: об'ємне гартування (ОГ); гартування струмом високої частоти (СВЧ); цементация (Ц); нітроцементация (НЦ); азотування (А). Більші значення призначають у випадках термообробки типу відпал (В), нормалізації (Н) і поліпшення (П).

2.2.3 Виконання ескізу прямозубого циліндричного некоригованого зубчастого колеса

Перед виконанням ескізу прямозубого некоригованого циліндричного зубчастого колеса необхідно визначити значення модуля m .

1. Для цього попередньо вимірюють, наприклад, штангенциркулем, діаметр кола d_a вершин зубців і висоту зубця та підраховують число зубців z . Розрахунковий модуль m_p знаходять за формулами:

$$m = h/2,25n \text{ або } m = d_a/(z-2).$$

Наприклад, $d_a=75$, число зубців $z=23$. Тоді

$$m = d_a/(z+2) = 75/(23+2) = 3 \text{ мм.}$$

2. Отримане значення розрахункового модуля (*calculation module*) потрібно узгодити із стандартним значенням модулів зубчастих коліс, які підбирають із стандартного ряду значень:

1-й ряд: 0,05; 0,06; 0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 60; 80.

2-й ряд: 0,055; 0,07; 0,09; 0,11; 0,14; 0,15; 0,18; 0,22; 0,28; 0,35; 0,45; 0,7; 0,9; 1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 7; 9; 11; 14; 18; 22; 28; 36; 45; 70; 90.

Примітка: під час вибору величини модуля перевага надається першому ряду.

3. Проводять розрахунок параметрів зубчастого колеса:

ділительний діаметр $d = mz = 3 \times 23 = 69 \text{ мм}$;

діаметр вершин зубців $d = m(z+2) = 3(23+2) = 75 \text{ мм}$;

діаметр западин зубців $d = m(z-2,5) = 3(23-2,5) = 102,5 \text{ мм}$;

висота зуба $h = 2,25m = 2,25 \times 3 = 6,75 \text{ мм}$;

висота головки зуба $h_a = m = 3 \text{ мм}$;

висота ніжки зуба $h_f = 1,25m = 1,25 \times 3 = 3,75 \text{ мм}$.

Інші геометричні розміри колеса знаходять за наведеними рекомендаційними формулами та заданим діаметром d_6 поверхні вала і коефіцієнтом ψ_{bd} . Наприклад для $d_6=18$ мм та $\psi_{bd}=0,22$ (консольна установка загартованого зубчастого колеса), отримаємо:

$$b=\psi_{bd} d_6=0,22 \cdot 69=15,18 \text{ мм; беремо } b=15 \text{ мм;}$$

$$d_m=(1,6 \dots 1,9) d_6=(1,6 \dots 1,9) \cdot 18=28,8 \dots 34,2 \text{ мм; беремо } d_m=30 \text{ мм;}$$

$$l_m=(0,8 \dots 1,5) d_6=(0,8 \dots 1,5) \cdot 18=14,4 \dots 27 \text{ мм.}$$

Для зубчастих коліс, що встановлюються на валах консольно більш доцільною є однобічна маточина (*hub*) [14], тому, з урахуванням ширини b зубчастого колеса, сумарну довжину маточини визначаємо як:

$$l_{m\Sigma}=l_m+b=(14,4 \dots 27)+15=29,4 \dots 42 \text{ мм; беремо } l_{m\Sigma}=35 \text{ мм;}$$

$$n=0,5m=0,5 \cdot 3=1,5 \text{ мм.}$$

Розраховане циліндричне прямозубе (*spur wheel*) колесо має невеликі абсолютні розміри, за цією причиною зменшення його маси за рахунок стоншення диска недоцільне, тому товщину диска беремо рівною ширині зубчастого вінця, $C_d=b=15$ мм.

За розрахованими геометричними параметрами виконують ескіз або робочий кресленик (рис. 7) прямозубого некоригованого циліндричного зубчастого колеса з дотриманням всіх вимог міждержавного стандарту ГОСТ 2.403–75 «Правила виконання креслеників циліндричних зубчастих коліс». Згідно з цим стандартом на зображенні зубчастого колеса повинні бути вказані: діаметр вершин зубців; ширина зубчастого вінця; кут сектора по колу вершин зубців – для зубчастого сектора; розміри фасок або радіуси кривизни ліній притуплення крайки зубців. Допускається вказувати розміри фасок або радіуси кривизни ліній притуплення в технічних вимогах креслеників; шорсткість бокових поверхонь зубців; глибину модифікації – для зубчастих коліс з поздовжньою модифікацією зубців.

На кресленику чи ескізі зубчастого колеса повинна бути розміщена таблиця параметрів зубчастого вінця колеса, яка складається з трьох частин, які повинні бути відділені одна від одної суцільними основними лініями.

В першій частині таблиці наводять основні дані для виготовлення колеса (рис. 7), в другій частині – дані для контролю, а в третій частині – довідкові дані. В другій частині таблиці наводять дані для контролю взаємного положення різноимених профілів зубців за одним з таких варіантів [29]:

- постійна хорда зубця S_c і висота до постійної хорди h_c ;
- довжина спільної нормалі W ;
- товщина по хорді зуба S_y і висота до хорди h_{ay} .

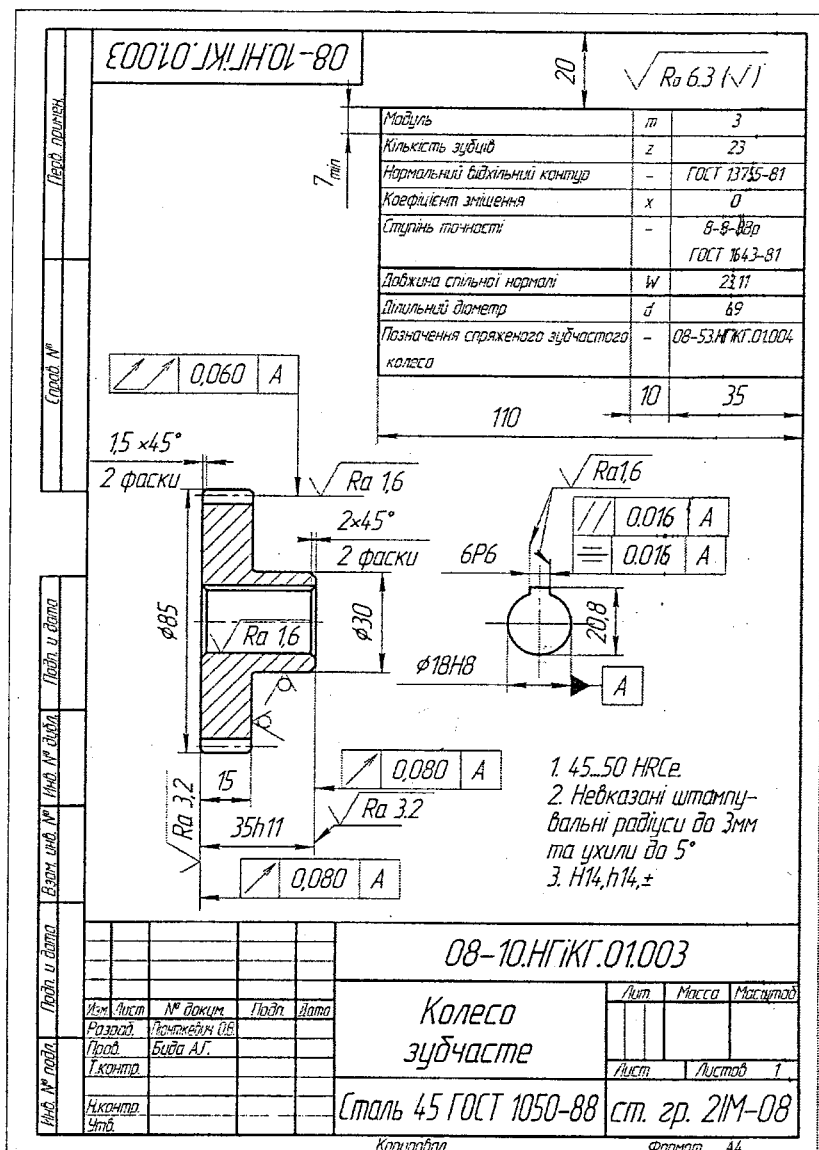


Рисунок 7 – Ескіз прямозубого некоригованого циліндричного зубчастого колеса (*spur wheel*)

Якщо в технічному завданні на розробку зубчастої передачі немає особливих вказівок, то для другої частини таблиці, зазвичай, вибирають другий варіант і довжину спільної нормалі для прямозубих некоригованих циліндричних коліс визначають за формулою [1]:

$$W=mW',$$

де W' — довжина спільної нормалі для $m=3$ мм та заданого числа зубців $z=23$.

Для наведеного прикладу за таблицею 17 роботи [1] знаходимо для $W'=7,7025$. Тоді $W=3 \cdot 7,7025=23,1075$ мм $\approx 23,11$ мм (з урахуванням точності вимірювального інструмента, наприклад, штангенциркуля).

В третій частині таблиці повинні бути наведені: дільний діаметр d ; число зубців сектора — тільки для зубчастого сектора; у випадку необхідності — інші довідкові дані (приклад переліку див. ГОСТ 2.403–75).

В навчальних кресленнях циліндричних зубчастих коліс рекомендується з тих чи інших довідкових даних наводити тільки позначення креслення, спряженого з даним зубчастим колесом.

2.2.3.1 Виконання робочих креслень зубчастих рейок

Зубчаста рейкова передача належить до циліндричних зубчастих або черв'ячних передач, колеса яких мають дільний радіус рівний нескінченності. Як вже відмічалось, рейкові передачі призначенні для перетворення обертального руху в прямолінійний і навпаки (рис. 8).

Зубчасті рейки (*toothed racks*) можуть виготовлятися прямозубими (*wheels*) та косозубими (*helicals*) як зі стандартним вихідним профілем, так і з нестандартним.

Розрахунок геометричних параметрів зубчастих рейок виконується за формулами, наведеними в таблиці 2.

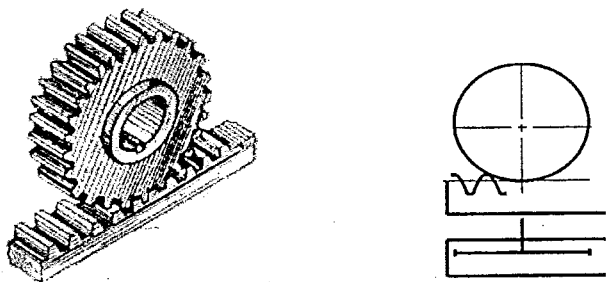


Рисунок 8 — Рейкова передача

Таблиця 2 – Геометричні параметри зубчастих рейок

Позначення	Назва параметра	Розрахункова формула
α	Кут профілю зубця рейки	20°
β	Кут нахилу зубця	Рекомендується брати $\beta \leq 20^\circ$
m_n	Модуль нормальний	Береться рівним модулю шестерні
m_t	Модуль основний (торцевий)	$m_t = m_n / \cos \beta$
p_n	Крок нормальний	$p_n = \pi * m_n$
p_t	Крок торцевий	$p_t = p_n / \cos \beta = \pi * m_t$
h_a	Висота головки зубця	$h_a = m_n$
h	Висота зубця (розмір довідковий)	$h = 2,25 * m_n$
b	Ширина рейки	$b = (2 \dots 10) * m_n$
b_f	Довжина косого зубця	$b_f = b / \cos \beta$
L	Лінійне переміщення рейки, яке відповідає куту повороту шестерні або черв'яка	$L = (\gamma * p_t * z_k) / 360^\circ$ (тут z_k – число зубців шестерні або число заходів черв'яка)
γ	Кут повороту колеса, що відповідає переміщенню рейки на величину L	$\gamma = L * 360^\circ / p_t * z_k$

Робочі кресленики рейок, які спрягаються з евольвентними циліндричними зубчастими колесами виконують за міждержавним стандартом ГОСТ 2.404–75 «Правила виконання креслеників зубчастих рейок» і вимогами Єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД).

На кресленку зубчастої рейки (рис. 9) повинні бути вказані: довжина нарізаної частини рейки; розміри фасок або радіуси кривизни лінії притуплення на краю зубців; шорсткість бокових поверхонь зубців.

На кресленку зубчастої рейки також розміщується таблиця параметрів зубчастого вінця рейки, яка складається з трьох частин, де в першій частині записують основні дані, необхідні для виготовлення рейки, в другій частині – дані для контролю, а в третій частині – довідкові дані. В таблиці параметрів ці частини відділяються одна від одної основними суцільними лініями.

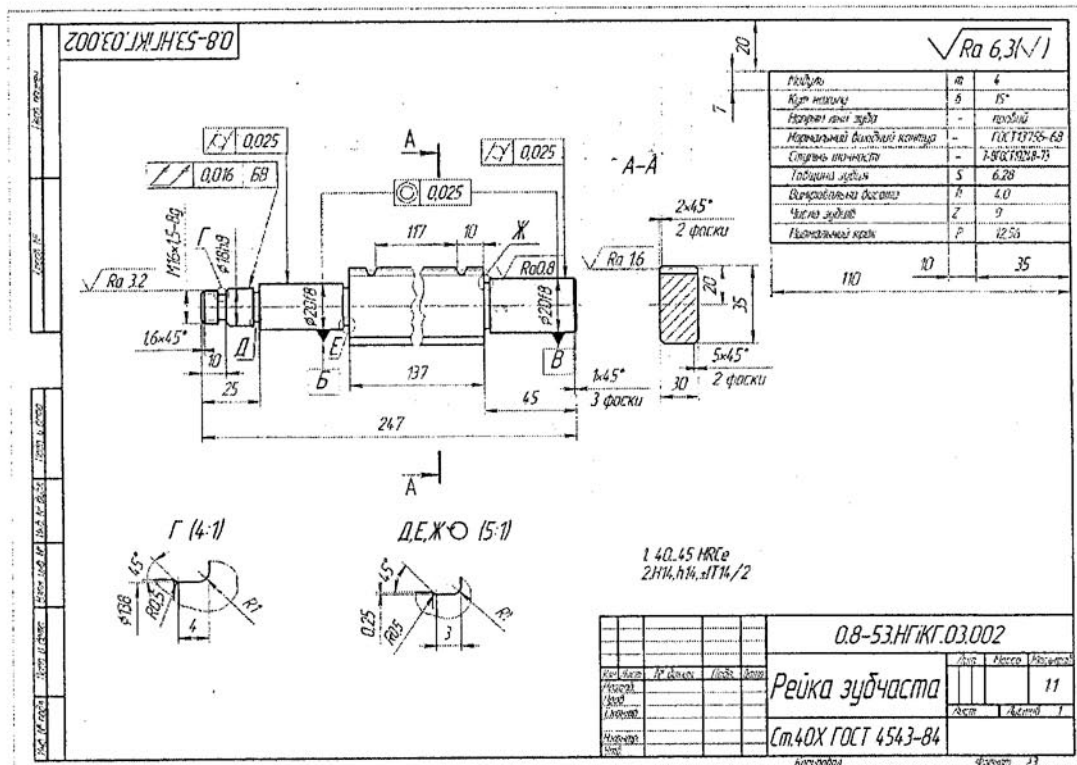


Рисунок 9 – Робочий креслення (working drawing) косозубої рейки

В першій частині таблиці параметрів наводяться: модуль m ; кут нахилу лінії β косих зубців; напрям лінії зубця косих зубців за допомогою напису «Правий» або «Лівий»; нормальний вихідний контур: стандартний – посилання на відповідний стандарт; нестандартний з вказівкою параметрів, перерахованих в ГОСТ 2.404–75; ступінь точності та вид спряження за нормами бокового зазора за відповідним стандартом і позначенням цього стандарту.

В другій частині таблиці параметрів наводяться дані для контролю взаємного положення різноимених профілів зубців, наприклад товщина зубця S_y та вимірювальна висота h_{ay} або розмір за роликами (кульками) M та діаметр ролика (кульки) D .

Якщо рейка виготовляється з нестандартним вихідним контуром, то в цю частину таблиці параметрів записують дані для контролю за нормами: кінематичної точності; плавності роботи; контакту зубців в передачі; бокового зазора.

В третій частині таблиці параметрів повинні бути наведені: число зубців рейки z ; нормальний крок; за необхідності – позначення кресленника спряженого зубчастого колеса (шестерні) та інші довідкові дані.

Приклад оформлення робочого креслення косозубої рейки за нормальним модулем $m_n=4$ мм, числом зубців $z=10$ і кутом нахилу зубця $\beta=15^\circ$, наведений на рисунку 9.

З метою набуття навичок виконання робочих креслень зубчастих циліндричних коліс студентам пропонується самостійно розрахувати геометричні параметри і розробити робочий креслення зубчастого сектора, конструктивна схема якого наведена на рисунку 10.

Вихідні дані для розрахунку геометричних параметрів:

$$m=3 \text{ мм}; z_c=25 - \text{число зубців сектора}; d_c=20 \text{ мм}; \psi_{bd}=0,2.$$

Зубці сектора прямозубі та некориговані. Число зубців сектора знаходиться як частина числа зубців повного колеса, яка припадає на задану дугу сектора.

Для заданого прикладу число зубців повного колеса

$$z_k=360^\circ z_c/60^\circ=360^\circ \cdot 25/60^\circ=150.$$

В ГОСТ 2.403–75 число зубців повного колеса z_k називається числом зубців секторного зубчастого колеса і входить в першу частину таблиці параметрів зубчастого вінця, а число зубців сектора z_c записується в третю частину таблиці.

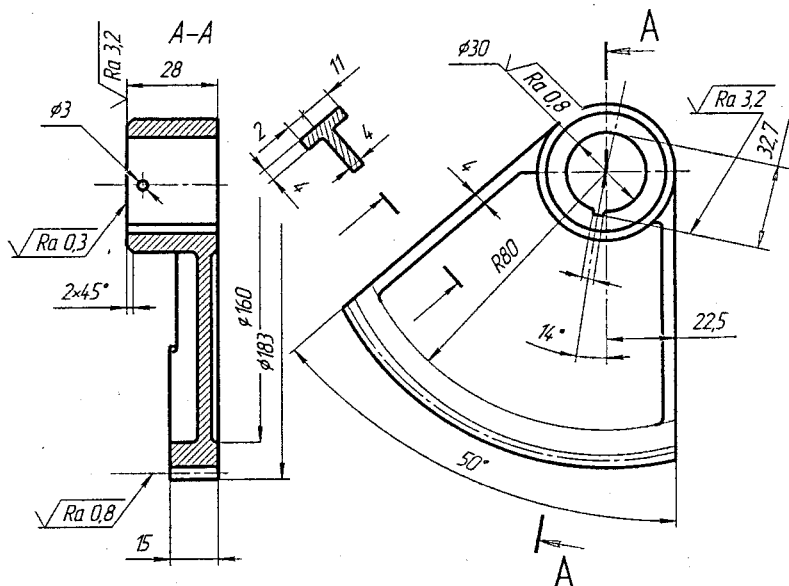


Рисунок 10 – Зображення прямозубого зубчастого сектора
(toothed quadrant)

2.2.4 Зображення зубчастих коліс

Умовне зображення зубчастих коліс встановлює міждержавний стандарт ГОСТ 2.402–68, згідно з яким:

1) кола та твірні поверхонь виступів зубців показують суцільними основними лініями, в тому числі і в місці зачеплення;

2) ділильні, початкові та розрахункові кола та їх твірні зображують штрихпунктирними лініями;

3) кола та твірні поверхонь западин зубців показують в розрізах суцільними основними лініями, а на виглядах – суцільними тонкими лініями;

4) якщо січна площина збігається з осями обох зубчастих коліс, що знаходяться в зачепленні, то в розрізі в місці зачеплення зуб ведучого колеса показують розташованим перед зубом веденого колеса (рис. 11). В цьому випадку радіальні зазори між виступами та западинами зубців, що знаходяться в зачепленні знаходять як $C = c^* m_n$, де $c^* = 0,2 \dots 0,25$ – коефіцієнт радіального зазора;

5) зубці зубчастих коліс, зірочки ланцюгових передач та витки черв'яків викреслюють в осьових розрізах та перерізах, зубці рейок – в поперечних;

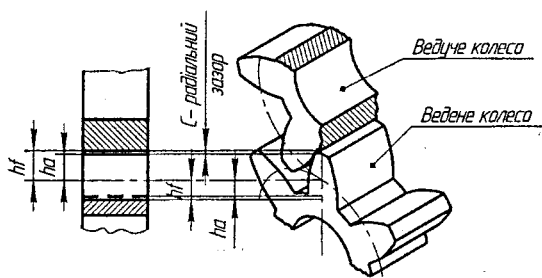


Рисунок 11 – Зображення двох зубців циліндричних коліс в зачепленні

б) якщо потрібно показати напрям зубців зубчастого колеса, рейки або витків черв'яка, то на зображенні поверхні зубців або витків (ближче до осі) показують три суцільні тонкі лінії (рис. 12, а – в) з відповідним нахилом.

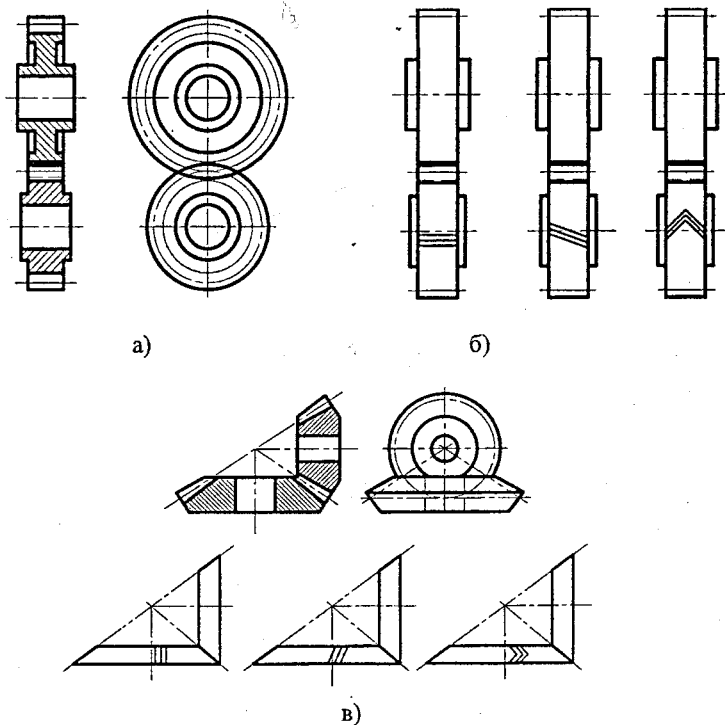


Рисунок 12 – Напрями зубців в зачепленні

2.2.5 Зубчаста циліндрична передача

Передачу утворюють два зубчастих колеса, що знаходяться в зачепленні. Осі валів між собою паралельні (рис. 13).

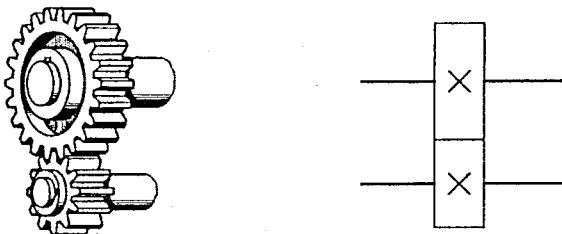


Рисунок 13 – Циліндрична зубчаста передача (*toothed transmission*)

Зубчасте колесо, яке сприймає обертальний рух від вихідного вала, наприклад двигуна (колесо з меншим числом зубців z_1), називають шестернею, а колесо з більшим числом зубців z_2 – колесом. Обидва колеса мають однаковий модуль і однакові геометричні розміри зубців.

Кожна передача характеризується передаточним числом u , яке для циліндричної зубчастої передачі може визначатись за однією з таких залежностей:

$$u = \omega_1/\omega_2 = n_1/n_2 = d_2/d_1 = d_{\omega 2}/d_{\omega 1} = d_{a2}/d_{a1} = d_f/d_f = z_2/z_1,$$

де ω_1, ω_2 ; n_1 і n_2 – відповідно, кутові швидкості і лінійні частоти (хв⁻¹) обертання шестерні (індекс «1») та колеса (індекс «2»).

Початкові циліндри (рис. 14) відділяють в зубцях головки від ніжок. Для некоригованих зубчастих коліс діаметри початкових діаметрів кіл $d_{\omega 1}$ та $d_{\omega 2}$ (відповідно, шестерні та зубчастого колеса) збігаються з відповідними діаметрами ділільних кіл d_1 та d_2 (шестерні та зубчастого колеса).

Міжосьова відстань (*axle spacing*) a_{ω} , що визначається як $0,5(d_{\omega 1} + d_{\omega 2})$, є лінією O_1O_2 , яка з'єднує центри обертання шестерні і колеса. На цій лінії розташована особлива точка – полюс P зачеплення шестерні та зубчастого колеса, яка є точкою дотику початкових кіл шестерні $d_{\omega 1}$ та колеса $d_{\omega 2}$.

Відносно центрів кіл O_1 та O_2 визначають, відповідно, діаметри вершин зубців d_{a1} та d_{a2} і діаметри западин (*slots*) зубців d_f1 та d_f2 . Радіальний зазор C в положенні шестерні та колеса, як показано на рисунку 13, визначається як $C = c^* m_n$, де $c^* = 0,25$ – коефіцієнт радіального зазора для прямозубих циліндричних коліс і $c^* = 0,2$ – для косозубих.

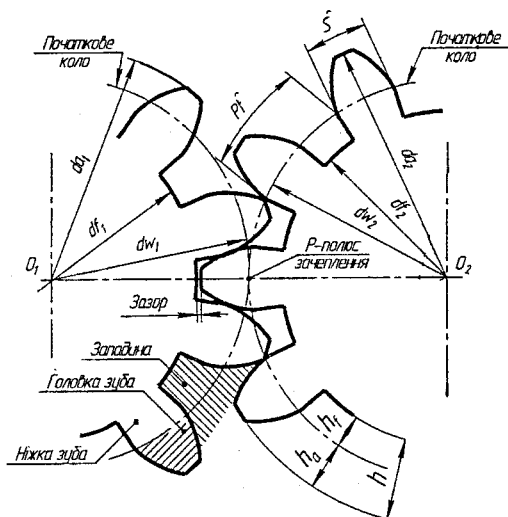


Рисунок 14 – Зачеплення (gearing) пари циліндричних коліс

Для підвищення міцності та зменшення зносу зубці піддають коригуванню: висоту головки шестерні збільшують за рахунок ніжки, а зубчастого колеса – зменшують. В цьому випадку початкові кола не будуть збігатися з ділильними колами.

2.2.6 Вимоги до викреслювання зубчастої передачі

1. Циліндричну передачу рекомендується показувати в двох зображеннях: поздовжньому фронтальному розрізі на місці вигляду спереду і вигляду зліва.

2. Початкові кола ведучого та веденого коліс дотикаються один до одного в точці, що знаходиться на міжосьовій лінії. Тому ділильні, початкові та розрахункові кола та їх твірні зображають штрихпунктирними лініями.

3. В місці зачеплення коліс кола поверхонь вершин зубців зображають суцільною основною лінією (див. рис. 11).

4. Якщо січна площина збігається з осями обох зубчастих коліс, що знаходяться в зачепленні, то в розрізі в місці зачеплення зуб ведучого колеса показують розташованим перед зубом веденого колеса. Тому на кресленку твірна поверхонь вершин шестерні наведена суцільною основною лінією, а зубчастого колеса – штриховою (див. рис. 11, 12).

5. Кола поверхонь вершин та западин коліс в місці зачеплення не дотикаються, а утворюють радіальний зазор (див. підпункт 2.2.5).

6. Для зображення з'єднання вала з шестернею чи зубчастим колесом шпонок (за допомогою шліцьових з'єднань тощо) на кресленнику виконують місцеві розрізи.

7. На складальному кресленнику зубчастої передачі, як правило, не показують фаски, скруглення на зубцях і маточині, проточки для виходу інструмента тощо.

2.3 Конічна зубчаста передача

В конічній зубчастій передачі осі валів перетинаються (рис. 15).

Конічні колеса бувають з прямими, тангенціальними і круговими (кривозубі конічні колеса) зубцями. В редукторних (понижувальних) передачах менше із коліс є ведучим, а більше – веденим. Як і в циліндричних зубчастих передачах менше з конічних зубчастих коліс називають шестернею, а більше – колесом.

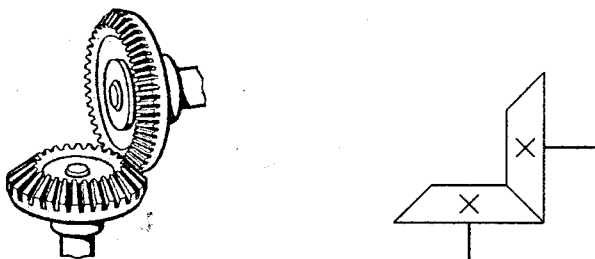


Рисунок 15 – Конічна зубчаста передача (*toothed conic transmission*)

2.3.1 Елементи конічного зубчастого колеса. Терміни, означення, позначення (ГОСТ 19325–73)

В конічних зубчастих передачах всі характерні для коліс цих передач поверхні є конусами. Розрізняють дільний конус 2, конус вершин 3 та конус западин 1 (рис. 16). Позначення кутів між віссю та твірними конусів: δ – кут дільного конуса; δ_a – кут конуса вершин; δ_f – кут конуса западин. Під час проектування конічних передач також визначають кут головки зуба θ_a та кут ніжки зуба θ_f . Зубчастий вінець конічного колеса обмежений з торців двома додатковими конусами – зовнішнім 6 та внутрішнім 4, твірні яких перпендикулярні твірним дільного конуса. Всі перерізи зубчастого вінця площинами, перпендикулярними твірним дільного конуса, рівноправні, а таких перерізів може бути нескінченна кількість, тому під час розрахунку конічних зубчастих коліс за розрахункові перерізи беруть середній переріз (посередині зубчастого вінця ($0,5b$) та по основі дільного конуса (за діаметром d_e)).

В конічних передачах кутову корекцію профілів зубців не застосовують, а тільки висотну, тому початкові та ділильні конуси збігаються. Область використання, розміри коліс і потужність конічних передач суттєво залежать від осьової (в осьовому перерізі) форми зубців конічних коліс. За стандартом ГОСТ 19326-73 розрізняють три осьові форми зубців, які позначають римськими цифрами *I*, *II* (а, б), *III* (рис. 17).

Форму *I* застосовують переважно в прямозубих і з тангенціальним зубом конічних передачах. Осьова форма *II* є основною для конічних коліс з круговим зубом, а форму *III* використовують в крупномодульних конічних передачах з круговим зубом за $z_{\Sigma} \geq 40$ та середній конусній відстані $R_m = 75 \dots 750 \text{ мм}$ [1, 17, 27, 30].

В конічних передачах з круговим зубом (переважно з осьовою формою зуба *II* і *III*) за стандартний (розрахунковий) модуль беруть середній нормальний модуль m_{nm} (знаходять в середньому перерізі зубчастого вінця конічного колеса як $m_{nm} = p_n / \pi$, де p_n – нормальний крок (*regular normalized*) зубців в середньому перерізі), якщо $m_{nm} < 2 \text{ мм}$.

У випадках, коли $m_{nm} \geq 2 \text{ мм}$, то розрахунковим (стандартним) є зовнішній торцевий коловий модуль $m_{te} = d_{e2} / z_2$, тут, відповідно, d_{e2} – діаметр основи ділильного конуса та z_2 – число зубців конічного колеса.

Кругові зубці нарізають немодульним інструментом, який дозволяє обробляти зубчасті конічні колеса в деякому діапазоні модулів, тому у випадках, коли стандартизовані зовнішні ділильні діаметри (d_{e2}) та конусні відстані R_e , модуль в конічних передачах може бути нестандартний або дробовий.

Одним із найважливіших геометричних параметрів конічної передачі є зовнішня конусна відстань R_e , яка за змістом подібна до міжосьової відстані a_w в циліндричній зубчастій передачі.

Зовнішня конусна відстань (*outer cone distance*) R_e – це відстань, яка вимірюється за твірною ділильного конуса від її перетину з віссю колеса до основи ділильного конуса (рис. 16).

Відстань R_e зв'язана з іншими геометричними та кінематичними параметрами конічних зубчастих коліс такими залежностями

$$R_e - d_{ei} / (2 \sin \delta_i) = m_{te} z_i / (2 \sin \delta_i) = 0,5 m_{te} z_{\Sigma} = 0,5 m_{te} z_1 \sqrt{1 + u^2}$$

(тут $i = 1; 2$, відповідно, конічні шестерня (*I*) та колесо (*2*), δ_i – кут нахилу твірної ділильного конуса колеса до його осі;

$z_{\Sigma} = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$ – сумарне число зубців шестерні z_1 та колеса z_2 ;

$u = z_2 / z_1 = d_{e2} / d_{e1} = d_2 / d_1$ – передаточне відношення передачі, тут d_2 і d_1 – діаметри конічних шестерні і колеса в середньому перерізі).

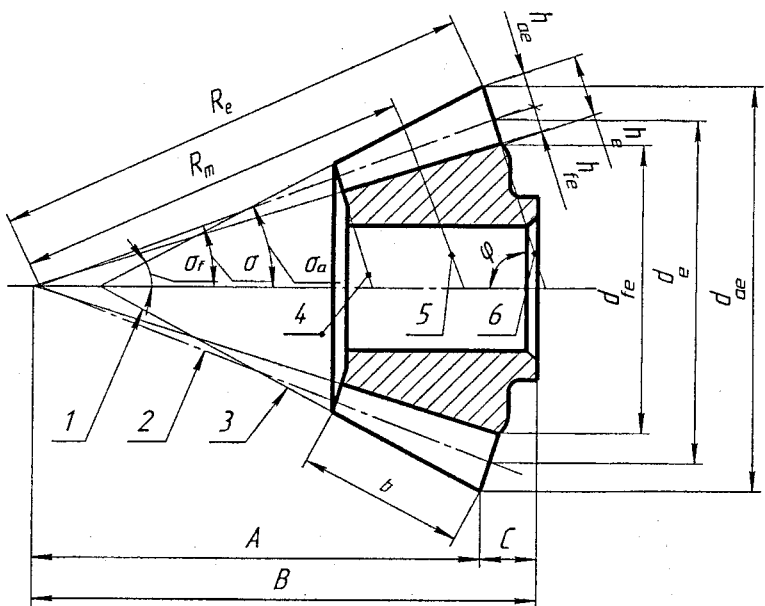


Рисунок 16 – Елементи (components) конічного зубчастого колеса

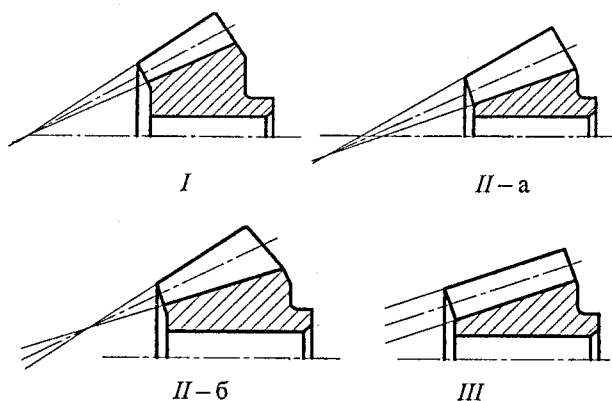


Рисунок 17 – Осьові форми (axial forms) зубців конічних коліс

Ширину (width) зубчастого вінця визначають як $b = k_{be} \cdot R_e$, де $k_{be} \leq 0,3$ – коефіцієнт ширини вінця відносно зовнішньої конусної відстані R_e (середнє значення $k_{be} = 0,285$) [1, 17, 27, 30].

Під час розрахунків конічних передач, особливо прямозубих, геометричні параметри конічних коліс знаходять в середньому перерізі ділильних конусів, якому відповідає середня конусна відстань

$$R_m = R_e - 0,5b = d_f / (2 \sin \delta_i) = m_{te} z_f / (2 \sin \delta_i) = m_{im} R_d / m_{te}$$

(тут m_{im} — середній торцевий модуль).

Основні параметри прямозубого i -го ($i=1; 2$) конічного зубчастого колеса з осьовою формою зубців I (передача ортогональна — міжосьовий кут $\Sigma=90^\circ$) розраховуються за формулами, наведеними в таблиці 3.

Конструктивні параметри конічних коліс, що не пов'язані безпосередньо з геометричними параметрами, визначають за рекомендаційними формулами, аналогічними залежностям для циліндричних зубчастих передач, наприклад: діаметр маточини (*hawe diameter*) колеса $d_m = (1,6 \dots 2,0)d_e$ (тут d_e — діаметр посадочної поверхні вала, на яку установлюють конічне колесо); довжина (*length*) маточини $l_m = (0,8 \dots 1,5)d_e$; товщина диска колеса $C_d = (0,2 \dots 0,3)b$; ширина диска колеса під западинами зубців: на додатковому конусі збоку основи ділильного конуса (торця зубців) $S = 2,5m_e + 2$ мм і на торці збоку вершини ділильного конуса (*reference cone*) $S' = 1,2m_e$; фаска притуплення зовнішніх кутів зубців (за будь-якої їх осьової форми) $f_x = 0,5m_e$ (отримують обробленням колеса по зовнішньому діаметру d_{ae} паралельно осі його посадочного отвору).

Робочі кресленики конічних зубчастих (*toothed conic*) коліс виконують за правилами, які установлює міждержавний стандарт ГОСТ 2.405–75 «Правила виконання креслень конічних зубчастих коліс». Відповідно до вимог цього стандарту на зображенні конічного зубчастого колеса повинні бути вказані: зовнішній діаметр вершин зубців (*outer diameter of teeth*) до притуплення кромки; зовнішній діаметр вершин зубців після притуплення кромки (за необхідності); відстань від базової площини до площини зовнішнього колеса вершин зубців; кут конуса вершин (*tip angle*) зубців; кут зовнішнього додаткового конуса. Допускається вказувати додатковий кут до кута зовнішнього додаткового конуса; ширина (*width*) зубчастого вінця. Якщо передній торець зубчастого колеса виконано плоскорізнаним, то розмір ширини зубчастого вінця повинен вказуватись як довідковий; базова відстань; розміри фасок або радіуси кривизни ліній притуплення на кромках зубців (допускається вказувати розміри цих фасок або радіусів в технічних вимогах кресленика колеса); положення вимірювального перерізу.

Таблиця 3 – Параметри прямозубого конічного зубчастого колеса

Позначення	Назва параметра	Розрахункова формула
z_i	Число зубців	—
m	Середній коловий модуль	—
d_i	Середній ділильний діаметр	$d_i = m z_i$
h_e	Зовнішня висота зуба	$h_{ei} = h_{aei} + h_{fei} = 2,2 m_e$
h_{aei}	Зовнішня висота головки зуба	$h_{aei} = h_a^* m_e (h_a^* = 1)$
h_{fei}	Зовнішня висота ніжки зуба	$h_{fei} = (h_a^* + C^*) m_e$ $m_e = 1,2 m_e (C^* = 0)$
s_{ei}	Зовнішня кругова товщина зуба	$s_e = 1,57 m_e$
d_{ei}	Зовнішній ділильний діаметр	$d_{ei} = m_e z_i$
d_{aei}	Зовнішній діаметр вершин зубців	$d_{aei} = m_e (z_i + 2 \cos \delta_i)$
d_{fei}	Зовнішній діаметр западин зубців	$d_{fei} = h_{ei} + h_{aei}$
R_e	Зовнішня конусна відстань	$R_e = 0,5 m_e z$
R_m	Середня конусна відстань	$R_m = R_e - 0,5 b$
δ_i	Кут ділильного конуса	$\delta_i = \operatorname{tg}(\delta_1 / \delta_2) = z_1 / z_2$
θ_{fi}	Кут ніжки зуба	$\delta_2 = 90^\circ - \delta_1$
θ_{ai}	Кут головки зуба	$\theta_{fi} = \arctg(h_{fei} / R_e)$
δ_{ai}	Кут конуса вершин	$\theta_{ai} = \arctg(h_{aei} / R_e)$
δ_{fi}	Кут конуса западин	$\delta_{ai} = \delta_i + \theta_{ai}$
A_i	Розрахункова базова відстань (від вершини ділильного конуса до основи зовнішнього конуса – конуса виступів)	$\delta_f = \delta_i - \theta_{fi}$

На робочому кресленнику (рис. 18) чи ескізі зубчастого колеса повинна бути розміщена таблиця параметрів зубчастого вінця, яка складається з трьох частин, відділених одна від одної суцільними основними лініями.

В першій частині таблиці (рис. 18) наводять основні дані для виготовлення колеса, в другій частині – дані для контролю, а в третій частині – довідкові дані.

В другій частині таблиці параметрів для конічних зубчастих коліс з стандартним вихідним контуром наводять розміри зубця у вимірювальному перерізі; товщину зубця по хорді $\bar{S}$ або постійну хорду S_c ; висоту до хорди $\bar{h}_a$ або до постійної хорди h_c [29].

В третій частині таблиці параметрів повинні бути вказані (рис. 18): міжосьовий кут передачі Σ ; модуль (середній коловий m_m – для прямозубого колеса; середній нормальний m_{nm} – для колеса з тангенціальними зубцями; зовнішній коловий торцевий m_{te} – для колеса з круговими зубцями); зовнішня конусна відстань R_e ; середня конусна відстань R_m ; середній дільний діаметр d ; кут конуса западин (root angle) δ_f ; зовнішня висота зубця h_e ; за необхідності інші довідкові дані, наприклад, зовнішня висота головки зубця h_{ae} та інше (ГОСТ 2.405–75).

Умовні зображення характерних поверхонь та кіл в перерізах конічних коліс площинами, перпендикулярними осям конічних коліс, виконують за правилами ГОСТ 2.405–75, які ідентичні правилам, установленим для циліндричних зубчастих коліс (див. підпункт 2.2.4).

Запитання для самоконтролю

1. Як називаються основні параметри циліндричного зубчастого колеса?
2. За якими формулами ведуть розрахунок діаметрів дільного кола, вершин та впадин зубчастого колеса?
3. Як називаються геометричні елементи конічного зубчастого колеса?
4. За якими формулами розраховують елементи конічного колеса?
5. Які осьові форми зубчастих конічних коліс Вам відомі?
6. В чому різниця умовних зображень кіл дільного кола, вершин та впадин шестерні (зубчастого колеса)?
7. Як в редукторних передачах називають колесо, що є ведучим?
8. Із скількох частин складається таблиця параметрів зубчастого вінця?
9. Перерахуйте, які основні дані наводять в кожній із трьох частин таблиці.
10. Де на кресленнику розташовують цю таблицю?
11. Перерахуйте, які основні дані наводять в кожній із трьох частин таблиці.

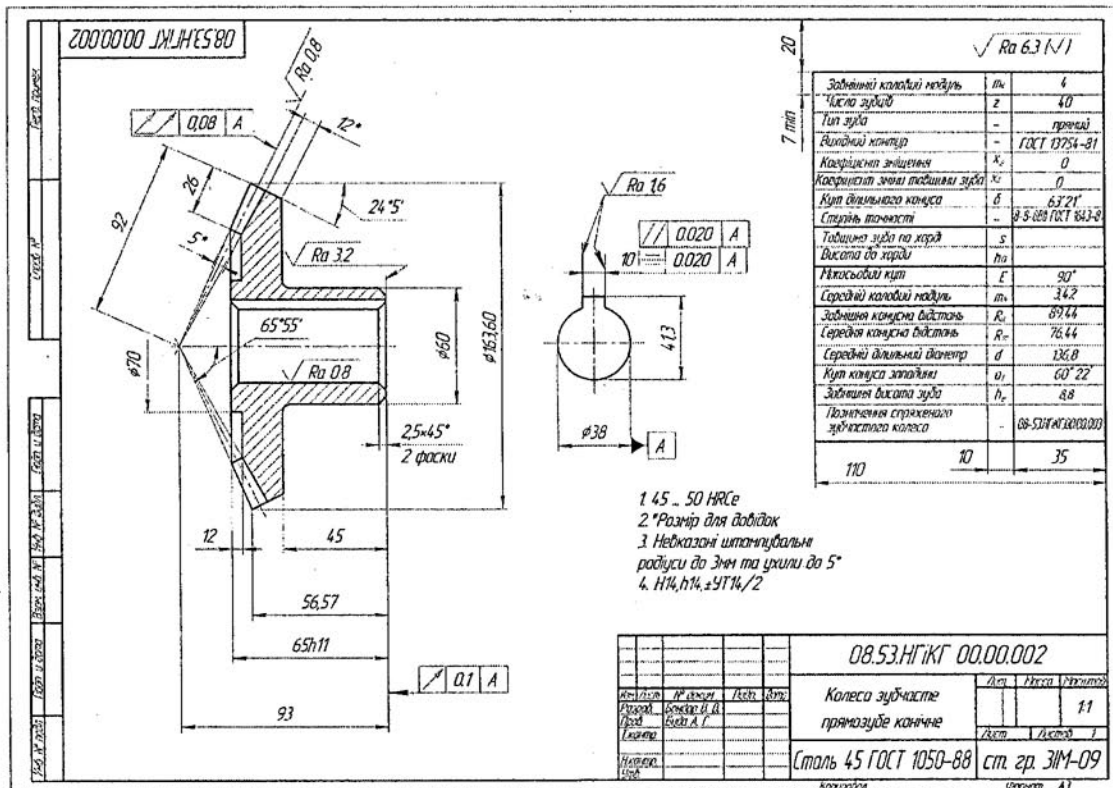


Рисунок 18 – Робочий кресленник прямозубого конічного зубчастого колеса

2.4 Черв'ячна зубчата передача

Для передачі руху між валами з осями, що схрещуються, застосовують черв'ячну (рис. 19), гвинтову та гіпоїдну передачі. Ці передачі є різновидами так званої гіперboloїдної передачі. Спрощено черв'ячна передача є комбінацією передачі гвинт-гайка та циліндричної косозубої передачі з арконою формою зуба. Здебільшого черв'ячні передачі виготовляють редукторного типу, які призначені для зменшення, кутових швидкостей і збільшення обертальних моментів. Основна перевага черв'ячних передач – велике передаточне відношення в одному ступені: в силових передачах $U=8\ldots 80$, а в спеціальних може сягати $200\ldots 300$ і навіть 1000 . За ГОСТ 18498–89 черв'ячні передачі поділяють на два види – циліндричну та глобоїдну.

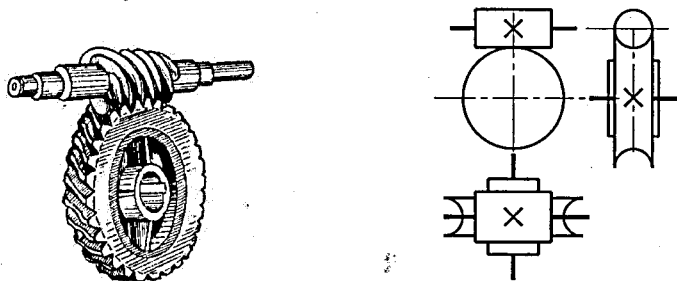


Рисунок 19 – Черв'ячна передача (*worm transmission*)

Черв'ячна передача складається із черв'яка та черв'ячного колеса. Черв'як (*worm*), за своєю суттю, гвинт з числом заходів $z_1=1$, $z_1=2$ або $z_1=4$ і відповідним профілем витків в осьовому та торцевому (в перерізі площиною паралельною торцю черв'яка) перерізах.

За видами черв'ячних передач черв'яки бувають циліндричними та глобоїдними, які можуть бути лінійчастими, коли теоретичні поверхні їх витків утворені прямою лінією, та нелінійчастими, коли теоретичні поверхні їх витків утворені кривою лінією. Циліндричні черв'яки можуть також бути рівноходовими, коли різнойменні поверхні витків мають однаковий хід, і різноходовими у випадку неоднакового ходу різнойменних поверхонь витків.

Циліндричні черв'яки за теоретичною формою торцевого профілю поділяють на архімедові ZA , евольвентні ZI , конволютні $ZN1\ldots ZN3$, нелінійчасті $ZK1\ldots ZK4$ та $ZT1$ і $ZT2$, які, відповідно, в торцевому перерізі мають профіль архімедової спіралі (*of archimedian spiral*), евольвенти, подовженої або укороченої евольвенти, огинаючої твірною конуса під час його гвинтового руху відносно черв'яка з віссю гвинтового руху, яка збігається з віссю черв'яка та огинаючої частини зовнішньої (внутрішньої)

поверхні твірного тора під час його гвинтового руху відносно черв'яка з віссю гвинтового руху, яка збігається з віссю черв'яка. Черв'яки типу ZT мають в осьовому перерізі увігнутий профіль, що підвищує несучу здатність черв'ячних передач на 30...60% більше порівняно з черв'ячними передачами, що мають звичайні циліндричні черв'яки типу ZA, ZI, ZN.

Глобoidні черв'ячні передачі, в яких ділильна поверхня черв'яка утворена обертанням відрізка дуги ділильного кола парного черв'ячного колеса, яка лежить в площині його торцевого перерізу, що містить міжосьову лінію черв'ячної передачі, яка ділить відрізок дуги ділильного кола колеса навпіл. Ділильна поверхня черв'ячного колеса – циліндрична. Внаслідок такої конструкції черв'яка та колеса збільшується довжина контактних ліній між витками черв'яка та зубцями колеса і кути між вектором швидкості ковзання і контактними лініями, що покращує умови утворення мастильного шару між витками черв'яка та зубцями колеса і підвищує несучу здатність глобoidних передач в 1,5 рази порівняно зі звичайними.

Найбільш технологічними є черв'ячні передачі з циліндричними евольвентними черв'яками (*involute worms*), що й обумовлює їх широке використання в техніці.

Черв'ячні передачі з архімедовими черв'яками (*archimedian worms*), незважаючи на простоту їх виготовлення (тут черв'як – звичайний гвинт з трапецеїдалною нарізкою), використовують за малих швидкостей і навантажень через значні технологічні труднощі шліфування таких черв'яків, яке можливе тільки кругами, що мають складний криволінійний профіль в осьовому перерізі. Торцеві профілі (*end profiles*) архімедового та евольвентного черв'яків показані на рисунку 20.

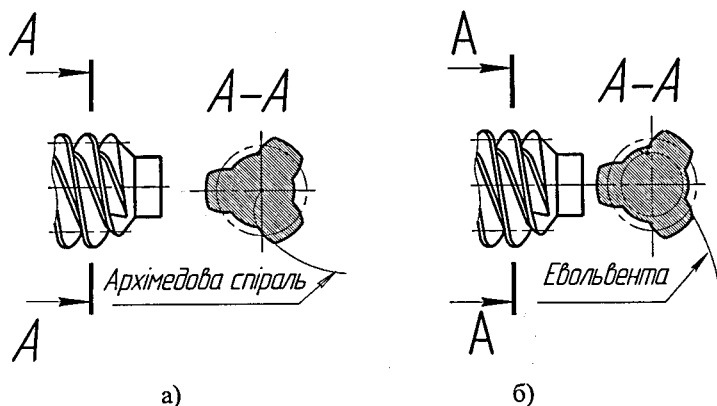


Рисунок 20 – Торцеві профілі архімедового та евольвентного черв'яків

2.4.1 Розрахунок геометричних параметрів черв'яка та черв'ячного колеса

В черв'ячних передачах з циліндричними черв'яками, як і в циліндричних зубчастих передачах, всі поверхні – циліндри. На відміну від циліндричних зубчастих передач початкові поверхні черв'яка та черв'ячного колеса обточуються з великим тертям, що спричиняє значне тепловиділення в передачі і є причиною більш низького к.к.д. (0,7...0,9) порівняно із зубчастими циліндричними та конічними передачами.

Як і в зубчастих циліндричних і конічних передачах, кут профілю зуба черв'ячного колеса та витка черв'яка згідно з ГОСТ 19036–81 дорівнює 20° , причому для архімедових черв'яків цей кут визначають в осьовому перерізі (α_x), у евольвентних – в нормальному перерізі косозубої рейки, що знаходиться в зачепленні з черв'яком, у конволютних – в перерізі площиною нормального до лінії витка черв'яка, а в нелінійчастих – це кут профілю конічної твірної поверхні.

Стандартний модуль черв'ячної передачі $m = m_{x1} = m_{12} = \frac{p_{x1}}{\pi} = \frac{p_{12}}{\pi}$, де, відповідно, m_{x1} та m_{12} – осьовий і торцевий модулі, а p_{x1} та p_{12} – осьовий і торцевий кроки черв'яка та черв'ячного колеса.

З метою зменшення номенклатури зуборізного інструмента, ділильний діаметр черв'яка $d_1 = m q$, де q – коефіцієнт діаметра черв'яка – стандартна величина, яка вибирається узгоджено з модулем m за ГОСТ 2144–76, а ряд їх значень установлює ГОСТ 19672–74 (таблиця 4).

Таблиця 4 – Значення модулів m залежно від коефіцієнтів q діаметра черв'яка для $z_1 = 1, 2, 4$

$m, \text{мм}$	q	$m, \text{мм}$	q
2	8;10;(12);12,5;16;20	(7)	(12)
2,5	8;10;(12);12,5;16;20	8	8;10;12,5;16;20
(3)	(10);(12)	10	8;10;12,5;16;20
3,15	8;10;12,5;16;20	(12)	(10**)
(3,5)	(10);(12*);(14*)	12,5	8;10;12,5;16;20
4	8;(9);10;(12*);12,5;16;20	(14)	(8***)
5	8;10;12,5;16;20	16	8;10;12,5;16
(6)	(9);(10)	20	8;10
(6,3)	8;10;12,5;14;16;20		

Примітки: значення не в дужках () є переважними тільки для: * $z_1=1$; ** $z_1=1$ та 2; *** $z_1=2$.

Оптимальне значення коефіцієнта діаметра черв'яка $q_{\text{опт}} = 0,25z_2$, де z_2 – число зубців черв'ячного колеса, а мінімальне $q_{\text{мін}} = 0,212z_2$. Такі вузькі

межі для q обумовлені тим, що його збільшення призводить до зменшення к.к.д. передачі, а зменшення — до зниження згинальної жорсткості черв'яка.

Основні геометричні параметри черв'яка розраховуються за формулами, наведеними в таблиці 5.

Таблиця 5 – Основні геометричні параметри черв'яка

Позначення	Назва параметра	Розрахункова формула
z_1	Число заходів	—
m	Модуль	—
q	Коефіцієнт діаметра черв'яка	—
x	Коефіцієнт зміщення	$x = \frac{a_w}{m} - 0,5(q+z_2),$ $-1 \leq x \leq 1$
h_{a1}	Висота головки витка черв'яка	$h_{a1} = h_{a1}^* m, (h_{a1}^* = 1 - \text{коефіцієнт висоти головки})$
h_f	Висота ніжки витка черв'яка	$h_f = h_f^* m, (h_f^* = 1, 2 - \text{для архімедових, конволютних і нелінійчастих черв'яків};$ $h_f^* = 1 + 2 \cos \gamma - \text{для евольвентних})$
h_1	Висота витка черв'яка	$h_1 = h_{a1} + h_f$
γ	Дільний кут підйому гвинтової лінії черв'яка	$\gamma = \arctg(z_1/q)$
γ_w	Початковий кут підйому гвинтової лінії черв'яка	$\gamma_w = \arctg[z_1/(q+2x)]$
d_1	Дільний діаметр	$d_1 = mq$
d_{w1}	Початковий діаметр	$d_{w1} = m(q+2x)$
d_{a1}	Діаметр вершин витків черв'яка	$d_{a1} = d_1 + 2h_{a1} = m(q+2)$
d_f	Діаметр западин витків черв'яка	$d_f = d_1 - 2h_f$
H_1	Хід черв'яка (worm travel)	$H_1 = P_{x1} \cdot z_1 = \pi m z_1$
B_1	Довжина нарізаної частини черв'яка *)	$B_1 \geq (C_1 + C_2 z_2) m, (\text{для } x=0, \text{ та: } z_1=1 \text{ і } 2, C_2=0,06$ $z_1=4, C_1=12,5; C_2=0,09)$

*) Примітка. Для черв'яків, які шліфуються та фрезеруються, довжину B_1 збільшують залежно від модуля: $m < 10$ мм на 25 мм, $m = 10 \dots 16$ мм на 35...40 мм; $m > 16$ мм на 50 мм.

Конструктивно черв'як виготовляють заодно з валом. Таку деталь називають вал-черв'як. Насадні черв'яки виготовляють рідко, зазвичай для $z_1=4$.

З метою вписування черв'ячної передачі в стандартну міжосьову відстань і полегшення уніфікації корпусних деталей черв'ячні передачі можуть виконуватись із зміщенням черв'яка (висотна корекція). Коефіцієнт зміщення $-1 \leq x \leq 1$. Перевагу надають додатному зміщенню, яке підвищує міцність зубців черв'ячного колеса. Зміщення не впливає на параметри витка черв'яка, окрім довжини нарізаної частини черв'яка, а для колеса змінюються діаметри виступів d_{a2} і западин d_{f2} . Також змінюється міжосьова відстань передачі $a_n = 0,5(d_{w1} + d_2) = 0,5m(q + 2x + z_2)$, де $d_{w1} = m(q + 2x)$ і $d_2 = mz_2$, відповідно, початковий і ділильний діаметри черв'яка та черв'ячного колеса.

2.4.2 Виконання робочих креслеників циліндричних черв'яків і черв'ячних коліс

Кресленики циліндричних черв'яків видів ZA, ZJ, ZN1, ZN2 та ZK і спряжених з ними черв'ячних коліс черв'ячних передач з кутовим схрещуванням осей їх валів, що дорівнюють 90° , виконують за вимогами міждержавного стандарту ГОСТ 2.406–76.

На зображенні циліндричного черв'яка повинні бути вказані такі основні розміри: діаметр вершин витка d_{a1} ; довжина нарізаної частини черв'яка l ; дані, що визначають контур нарізаної частини черв'яка, наприклад, лінійні або кутові розміри фаски та таке інше; радіус кривизни перехідної поверхні кривої витка ρ_{f1} ; радіус кривизни лінії притуплення витка ρ_{k1} або розміри фаски; шорсткість бокових поверхонь черв'яка.

На кресленіку черв'яка (рис. 21) розміщується таблиця параметрів, що складається з трьох основних частин: перша – основні дані черв'яка; друга – дані для контролю; третя – довідкові дані.

В першій частині таблиці параметрів наводяться такі дані: модуль m ; число заходів z_1 ; вид черв'яка – записом за типом: ZA, ZJ і т. д.; кут підйому гвинтової лінії витка черв'яка; основний y_b – для черв'яка виду ZJ та ділильний – для черв'яків інших видів; напрям лінії витка – записом «Правий» або «Лівий»; вихідний черв'як: стандартний – посиленням на відповідний стандарт; нестандартний – вказівками на параметри черв'яка, що наведені в ГОСТ 2.406–76. Ступінь точності та вид спряження за нормами бічного зазора за відповідним стандартом і позначення цього стандарту.

В другій частині параметрів черв'яка наводяться дані для контролю взаємного положення різноимених профілів витка черв'яка за одним з таких варіантів: ділильна товщина за хордою витка S_{a1} та висота до хорди h_{a1} ; розмір черв'яка за роликами M_1 та діаметр D вимірювального ролика

(див. ГОСТ 2475–62 та ГОСТ 19650–74), контрольний розмір $S_{a1}=0,5\pi m \cos \gamma$.

В третій частині таблиці параметрів черв'яка повинні бути обов'язково наведені дільний діаметр черв'яка d_1 та хід витка черв'яка p_{z1} , міжосьова відстань черв'ячної передачі a_w ; коефіцієнт діаметра черв'яка q ; висота витка черв'яка h_1 ; число зубців спряженого черв'ячного колеса z_2 ; основний діаметр черв'яка d_b – для черв'яків виду ZJ ; позначення спряженого черв'ячного колеса.

Приклад оформлення робочого креслення вала-черв'яка черв'ячної передачі з передаточним відношенням $u=20$, числом заходів черв'яка $z_1=2$, модулем $m=4$ мм, коефіцієнтом зміщення $x=0$ та оптимальним коефіцієнтом діаметра черв'яка $q=0,25z_2=0,25\cdot 40=10$ (тут $z_2=z_1\cdot u=2\cdot 20=40$), наведено на рисунку 21 (черв'яка виду ZA).

Основні параметри черв'яка розраховані за формулами таблиці 4, розміри для контролю S_{a1} і h_{a1} взаємного положення профілю витків черв'яка знайдені за формулами $S_{a1}=S^*m \cos \gamma$ та $h_{a1}=h_a^*m+0,5S_{a1}\operatorname{tg}\{0,5\arcsin[(S_{a1}\sin^2\gamma)/d_1]\}$ (тут $S^*=1,571$ – коефіцієнт розрахункової товщини витка), наведеними в ГОСТ 19650–74, а конструктивні параметри черв'яка (діаметр і довжина вихідного кінця, діаметри та довжини проміжних ділянок вала-черв'яка) визначені за проектними рекомендаціями робіт [1, 17, 27, 37]. Важливе зауваження – діаметр та довжина вихідного кінця вала-черв'яка обов'язково повинні бути приведені у відповідність з розмірами, наведеними в ГОСТ 12080–66.

Черв'ячні колеса (*worm gears*) з метою економії вартісних антифрикційних матеріалів (*antifriction materials*) з кольорових сплавів (різні марки латуней і бронз), виготовляють збірними – зубчастий вінець з антифрикційного матеріалу, а центр зі сталі або чавуну. Використовують такі типові конструкції черв'ячних коліс: бандажована конструкція (*reinforced construction*) (рис. 22, а), в якій зубчастий вінець з антифрикційного матеріалу посаджений з натягом на сталевий або чавунний центр і додатково зафіксований нарізними штифтами, установленими в стик поверхонь вінця та центра; бандажована болтова конструкція, в якій зубчастий вінець виконано з фланцем, що кріпиться до центра спеціальними болтами (рис. 22, б); біметалева (*bimetal construction*) конструкція (найбільш раціональна для серійного та масового виробництва) (рис. 22, в), у якій зубчастий вінець утворено шляхом відливання у формі з попередньо встановленим в неї підготовленим центром.

Рисунок 21 – Робочий кресленик вала-черв'яка

Повністю з антифрикційних кольорових сплавів черв'ячні колеса виготовляють з діаметром $d_{a2} \leq 100$ мм (тут d_{a2} – діаметр вершин зубців колеса).

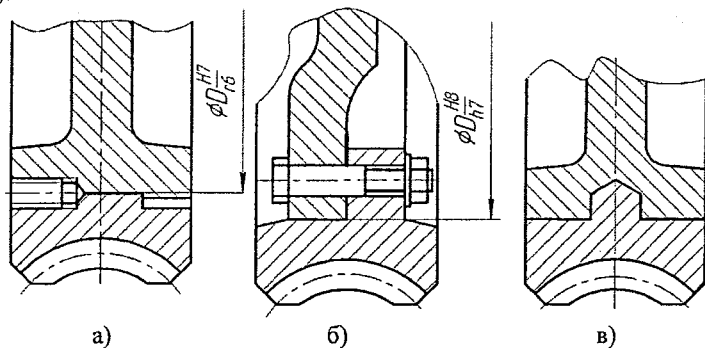


Рисунок 22 – Типові конструкції черв'ячних коліс

Геометричні параметри зубчастого вінця черв'ячного колеса розраховують за формулами згідно з вимогами ГОСТ 19650-74, наведеними в таблиці 6.

Таблиця 6 – Геометричні параметри зубчастого вінця черв'ячного колеса

Позначення	Назва параметра	Розрахункова формула
1	2	3
z_2	Число зубців черв'ячного колеса	$z_2 = uz_1$ заокруглюється до найближчого цілого числа, після чого уточнюється передаточне відношення u
a_w	Міжосьова відстань	$a_w = 0,5(d_{w1} + d_2) = 0,5(z_2 + q + 2x)m$
x	Коефіцієнт зміщення черв'яка	$x = \frac{a_w}{m} - 0,5(z_2 + q);$ $-1 \leq x \leq 1$
m	Модуль	—
h_{a2}	Висота головки зубця	$h_{a2} = h_{a2}^* \cdot m$ (тут $h^* = 1$ – коефіцієнт висоти головки)

Продовження таблиці 6

1	2	3
h_{f2}	Висота ніжки зубця	$h_{f2}=(h_{a2}^*+c^*)$, ($c^*=0,2$ – коефіцієнт радіального зазора)
h_2	Висота зубця	$h_2=h_{f2}+h_{a2}=12m$
d_2	Ділильний діаметр черв'ячного колеса	$d_2=m \cdot z_2$
d_{a2}	Діаметр вершин зубців черв'ячного колеса в середньому перерізі ширини зубчастого вінця B_2	$d_{a2}=d_2+2h_{a2}=m(z_2+2)$ – для $x=0$; $d_{a2}=m(z_2+2+2x)$ – для $x \neq 0$
d_{f2}	Діаметр западин зубців черв'ячного колеса в середньому перерізі ширини зубчастого вінця B_2	$d_{f2}=d_2-2h_{f2}=m(z_2-2,4)$ – для $x=0$; $d_{f2}=m(z_2-2,4+2x)$ – для $x \neq 0$ і передач з черв'яками ZA, ZN та ZK; $d_{f2}=m(z_2-2-0,4\cos\gamma+2x)$ – для $x \neq 0$ і передач з черв'яками ZJ
p	Ділильний крок зубців черв'ячного колеса	$p=\pi \cdot m$
σ_2	Ширина зубчастого вінця черв'ячного колеса	$\sigma_2 \leq 0,75d_{a1}$ – для $z_1=1; 2$ і $\sigma_2 \leq 0,67d_{a1}$ – для $z_1=4$
2δ	Умовний кут обхвату зубцями черв'ячного колеса черв'яка	$\delta=\arcsin\left(\frac{\sigma_2}{d_{a1}0,5m}\right)$
d_{am2}	Найбільший діаметр вершин зубців черв'ячного колеса	$d_{am2}=d_2+d_1(1-\cos\delta) \leq d_{a2} + \frac{6 \cdot m}{z_1+2}$. Якщо нерівність не виконується, то діаметр визначається за правою частиною цієї нерівності
R_{a2}	Радіус виймки поверхні вершини зубців зубчастого колеса	$R_{a2}=0,5d_1-h_{a2}$
R_{f2}	Радіус виймки поверхні западин зубців черв'ячного колеса	$R_{f2}=0,5d_1-h_{f2}$

Конструктивні параметри черв'ячних коліс, що не пов'язані безпосередньо з геометричними параметрами, визначають за

рекомендаційними формулами, аналогічними залежностям, для циліндричних і конічних зубчастих коліс, наприклад, для бандажованого колеса (рис. 23) типової схеми (рис. 22, а): діаметр маточини $d_M = (1,2 \dots 1,6) d_b$ (тут d_b – діаметр посадочної поверхні вала, на яку установлюють черв'ячне колесо); довжина маточини $l_M = (0,8 \dots 1,5) c$; $c = (1,2 \dots 1,3) S_y$ – товщина диска центра колеса; $S_y = (1,2 \dots 1,3) S$ – товщина обода центра; $S_0 \approx 25m$ – товщина обода зубчастого вінця черв'ячного колеса по дну западин зубців в середньому перерізі ширини зубчастого вінця.

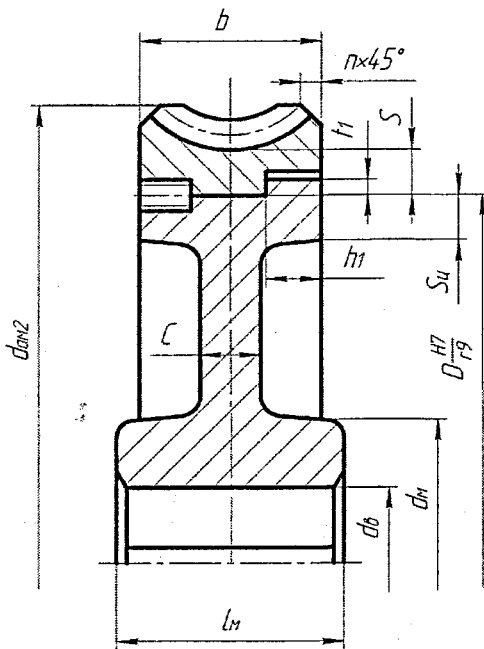


Рисунок 23 – Конструктивні параметри (*constructive parameters*) черв'ячного колеса

Під час виконання робочих креслеників черв'ячних коліс, які, залежно від типу конструкції (рис. 22), можуть виконуватись як складальні кресленики (рис. 22, а, б) або як робочі кресленики деталей (рис. 22, в). На зображенні черв'ячного колеса повинні бути вказані такі основні розміри: діаметр вершин зубців d_{a2} ; найбільший діаметр d_{aM2} ; ширина вінця B_2 ; дані, що визначають контур вінця колеса, наприклад, розміри фаски або радіус закруглення торцевих краєчок зубців, радіуси виїмки (*flute radius*) поверхні вершин зубців колеса та таке інше; відстань від базового торця до

середньої торцевої площини колеса та, у випадку необхідності, до центра виймки перехідної кривої зубця ρ_{f2} ; радіус кривизни лінії притуплення зубця ρ_{k2} або розміри фаски; шорсткість бокових поверхонь зубців.

Таблиця параметрів черв'ячного колеса, яка розміщується на його кресленнику, складається з двох частин, де в першій частині розміщують основні дані колеса, необхідні для його виготовлення, а в другій частині – довідкові дані. Ці частини таблиці розділяють основною суцільною лінією.

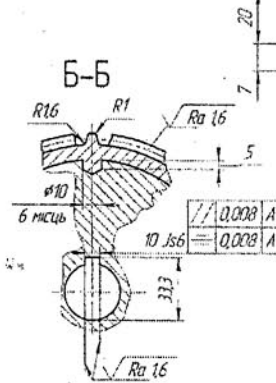
В першій частині таблиці параметрів зубчастого вінця черв'ячного колеса повинні бути наведені: модуль m , число зубців z_2 , а для зубчастого секторного черв'ячного зубчастого колеса напрям лінії зубця вказується написом «Правий» або «Лівий»; коефіцієнт зміщення черв'яка x ; вихідний твірний черв'яка: стандартний – посиланням на відповідний стандарт; нестандартний – вказівками на параметри черв'яка, що наведені в ГОСТ 2.406–76; ступінь точності та вид спряження за нормами бокового зазора за відповідним стандартом і позначення цього стандарту.

В другій частині таблиці параметрів зубчастого вінця черв'ячного колеса наводяться такі дані: міжосьова відстань a_w ; дільний діаметр черв'ячного колеса d_2 ; число зубців сектора (для секторного черв'ячного колеса); число заходів спряженого черв'яка z_1 ; позначення креслення спряженого черв'яка; за необхідності – інші довідкові дані, наприклад, міжосьову відстань a_0 в процесі оброблення колеса та таке інше.

Приклад оформлення робочого креслення черв'ячного колеса з біметалевої заготовки (див. рис. 22, в) спряженого з черв'яком, наведено на рисунку 24.

Запитання для самоконтролю

1. Як називаються основні параметри черв'яка та черв'ячного колеса?
2. За якими формулами розраховують діаметри дільного кола черв'яка та черв'ячного колеса, діаметр вершин та впадин черв'яка та черв'ячного колеса?
3. Як на кресленнях показують умовні зображення циліндричних, конічних, черв'ячних коліс, черв'яка та зубчастої рейки?
4. В яких одиницях виражається модуль зубчастого колеса (шестерні)?
5. Чи штрихують зубці шестерень (коліс) в розрізах?
6. Які зубці бувають у циліндричного зубчастого колеса, конічного колеса?
7. Якою лінією потрібно показувати зуб шестерні в місці зачеплення?



Модуль	m	4
Число зубів	Z	40
Напрямок ліній зуба	-	Лівий
Коефіцієнт зчеплення черв'яка	x	0
Висхідний буревійний черв'як	-	ГОСТ 9002-81
Ступінь точності		8-8-8 BB
Мікросхеда дієвості	av	100
Дільний діаметр черв'ячного колеса	d _z	160
Вид спряженого черв'яка	-	Z
Число білок спряженого черв'яка	Z ₂	2
Позначення креслення спряженого черв'яка		08-53HГ + КГ.03.00
	110	40 35

1. Розмір для довжки.
2. Не вказані товщини радіуси до 5 мм та цукли до 5°.
3. Матеріал зубчастого вінця БрФХД-1 ГОСТ 19005-72, центро-шайби СЧ 21 ГОСТ 1412-75, Н14, h14, ± IT4/2.

					08-53. НГ і КГ. 03.005			
Початок	Розпочаток	Закінч.	Триває		Вис.	Висота	Висота	
Висота				Колесо черв'як			11	
Висота					Висота	Висота	1	
Висота								

Рисунок 24 – Робочий кресленик черв'ячного колеса (*worm gear*)

3 ЛАНЦЮГОВІ ПЕРЕДАЧІ

Ланцюгова передача (рис. 25, а), кінематична схема (рис. 25, б) якої складається з ведучої 1 та веденої 2 зірочок (*drive et driven sprockets*), та ланок 3, ланки якого входять в зачеплення із зубцями зірочок (d_1 , d_2 — ділильні діаметри ведучої та веденої зірочок, a — міжосьова відстань).

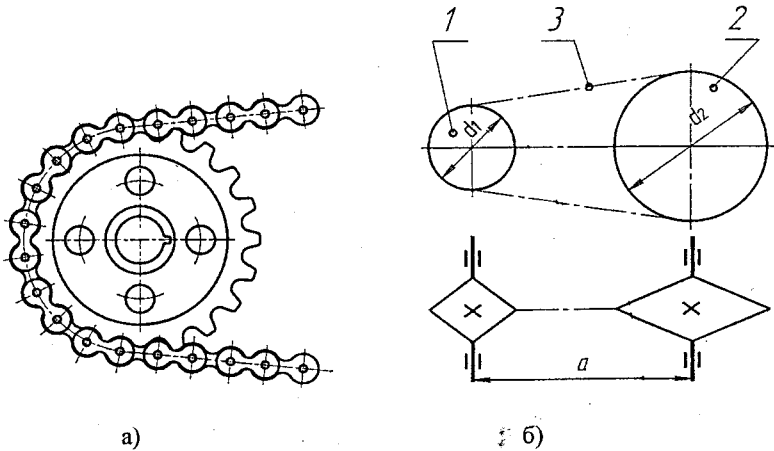


Рисунок 25 — Ланцюгова передача (*chain gear*)

Застосовують ланцюгові передачі на середніх міжосьових відстанях, на яких використання зубчастих передач потребує проміжних ступенів або паразитних зубчастих коліс, якщо ставиться жорстка вимога отримання потрібного передаточного відношення. Також ланцюгові передачі використовують замість пасових у випадках вимог до габаритів передач та роботи механізмів без проковзування.

Ланцюгові передачі широко використовуються в сільсько-господарських і підйомно-транспортних машинах, нафтобуровому обладнанні, автомобілях, мотоциклах, велосипедах тощо.

Привідні ланцюги виготовляють втулковими, роликowymi та зубчастими. Основними геометричними характеристиками ланцюгів є крок, кратний одному дюйму, і ширина, а головною силовою характеристикою — руйнівне навантаження, яке установлюють дослідним шляхом. Роликові та зубчасті ланцюги стандартизовані. Їх виготовляють, відповідно, роликові за ГОСТ 13568—75, а зубчасті — за ГОСТ 13552—81.

Привідні роликові ланцюги можуть виготовлятися одно-, дво- та багаторядними. Тягова здатність багаторядних ланцюгів приблизно пропорційна числу рядів.

3.1 Розрахунок геометричних параметрів ланцюгових передач

Основні геометричні параметри ланцюгових передач з пластинчато-роликowymi та зубчастими ланцюгами залежно від кроку P_t ланцюга розраховують за формулами, наведеними в таблиці 7.

Таблиця 7 – Основні геометричні параметри ланцюгових передач

Позначення	Назва параметра	Розрахункова формула
1	2	3
z_1	Число зубців ведучої зірочки	$z_{1min}=29-2U \geq 13$ де U передаточне число передачі
z_2	Число зубців веденої зірочки	$z_2=z_1 U$
d_1	Ділильний діаметр ведучої зірочки	$d_1=P_t / \sin(\frac{180^\circ}{z_1})$
d_2	Ділильний діаметр веденої зірочки	$d_2=P_t / \sin(\frac{180^\circ}{z_2})$ або $d_2=d_1 U$
d_{a1}	Діаметр вершин зубців ведучої зірочки	$d_{a1}=P_t \left[0,5 + \operatorname{ctg}(\frac{180^\circ}{z_1}) \right]$ – для пластинчато-роликового ланцюга; $d_{a1}=P_t \operatorname{ctg}(\frac{180^\circ}{z_1})$ – для зубчастого ланцюга
d_{a2}	Діаметр вершин зубців веденої зірочки	$d_{a2}=d_{a1} U$
d_{f1}	Діаметр западин зубців ведучої зірочки	$d_{f1}=d_1 - 2r$ – для пластинчато-роликового ланцюга, де $r=0,5025d_1+0,05$ мм (тут d_1 – діаметр ролика ланцюга); $d_{f1}=d_1 - \left[2h / \cos(\frac{180^\circ}{z_1}) \right]$ – для зубчастого ланцюга, тут h – висота зуба

Продовження таблиці 7

1	2	3
d_f	Діаметр западин зубців веденої зірочки	$d_f = d_f U$
a_{onm}	Оптимальна міжосьова відстань	$a_{onm} = (30 \dots 50) P_t$
z_3	Число ланок ланцюга	$z_{3p} = \frac{2a_{onm}}{P_t} + 0,5z_{\Sigma} +$ $+ [z_{\Sigma} + \Delta z / (2\pi)]^2 \cdot P_t / a_{onm},$ де $z_{\Sigma} = z_1 + z_2$; $\Delta z = z_2 - z_1$ – знайдене значення z_{3p}, зазвичай, заокруглюють до найближчого парного числа за умовою $z_{3p} \geq z_3$ (індекс «р» означає «розрахункове»)
a_y	Уточнена міжосьова відстань	$a_y = 0,25 P_t [z_3 - 0,5z_{\Sigma}] +$ $+ \sqrt{\left[(z_3 - 0,5z_{\Sigma})^2 - 8 \left(\frac{\Delta z}{2\pi} \right)^2 \right]}$

Приклад робочого кресленика зірочки з пластинчасто-роликівим ланцюгом ПР–19,05–3180 ГОСТ 13568–75 наведено на рисунку 26.

Запитання для самоконтролю

1. Які різновиди передач Вам відомі?
2. З якою метою застосовують зубчасті циліндричні, конічні, черв'ячні та ланцюгові передачі?
3. Які бувають зачеплення зубців у зубчастих передачах?
4. Які торцеві профілі черв'яків Вам відомі?
5. Дайте назви геометричним елементам ланцюгових передач.

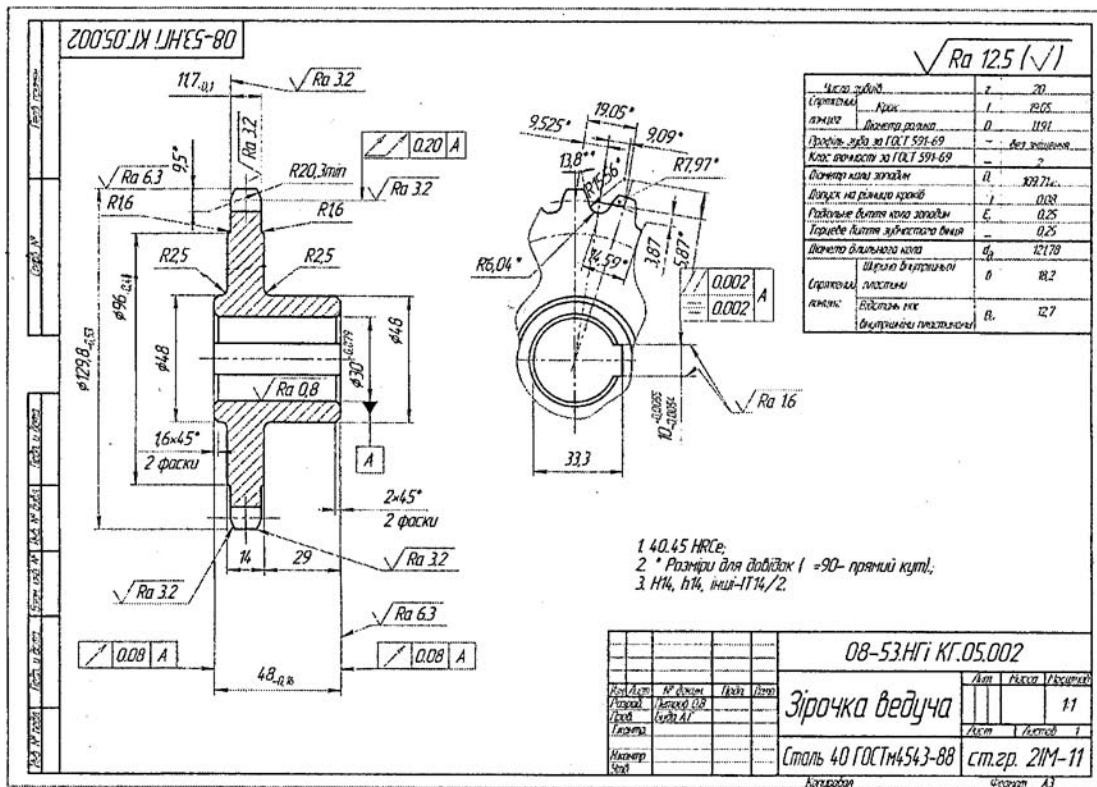


Рисунок 26 – Робочий кресленник ведучої зірочки з пластинчасто-роликковим ланцюгом

4 СПОСОБИ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА МАТЕРІАЛИ КОЛІС ЗУБЧАСТИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ, КОНІЧНИХ І ЧЕРВ'ЯЧНИХ ПЕРЕДАЧ

Нарізування зубців зубчастих коліс циліндричних, конічних і черв'ячних передач, залежно від потрібного ступеня точності передачі, виконують методом копіювання або обкатування (обгинання).

За методом копіювання утворюється западина між зубцями інструментом, ріжуча частина якого має форму профілю западини відповідного розміру. Реалізується метод копіювання різними способами: модульними, дисковими та пальцевими фрезами, спеціальними протяжками; спеціальними шліфувальними кругами. Заготовка колеса установлюється в пристосуванні, оснащеному білильною головкою, яка, після утворення западини повертає заготовку на потрібний кутовий крок.

Методом копіювання виготовляють зубчасті колеса для передач низьких ступенів точності, в основному в умовах ремонтних майстерень, а також нарізають великі модульні шевронні зубчасті колеса. Суттєвим недоліком методу копіювання також є необхідність мати великий комплекс інструментів кожного модуля (8...26 шт.) для виготовлення коліс з різним числом зубців.

Зубчасті та черв'ячні колеса високих ступенів точності (1...9) виготовляють методом обкатування (обгинання): Під час обкатування інструмент і заготовка рухаються як колеса в передачі. Цей рух забезпечується кінематикою зуборізного верстата, яка також надає інструменту додаткове переміщення, під час якого і відбувається процес різання. Зубчасті та черв'ячні колеса за методом обгинання нарізають за допомогою черв'ячних фрез, рейки-гребінки і шестерні-довбача та інше.

За методом обгинання процес нарізання зубців є неперервним, що забезпечує більш високу точність і продуктивність порівняно з методом копіювання, а також перевагою методу обгинання є можливість використання для нарізання зубців коліс і довбачів (*joints*) рейкового інструмента з прямолінійним профілем зубців, які профілюють по контуру твірної (інструментальної) рейки.

На рисунку 27 показані приклади способів виготовлення: а) пальцевою фрезою (*worm cutter*); б) довбачем (*jointer*); в) черв'ячною фрезою (*worm mill*); г) рейкою (*rack*). Ці методи належать до найбільш продуктивних методів обкатки.

Зубці коліс циліндричних та конічних передач можуть виготовлятися також за методом накатування (оброблення тиском), за якого міцність зубців підвищується внаслідок наклепу на 15...20% [17, 27, 30].

Зубці точних циліндричних і конічних зубчастих коліс шліфують і притирають.

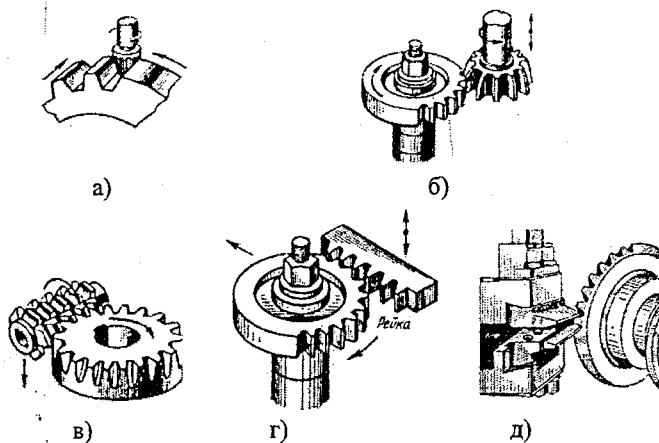


Рисунок 27 – Способи виготовлення (*ways of producing*) зубчастих коліс

Щоб зубчасті колеса могли зберігати роботоздатність протягом заданого терміну служби, матеріали, з яких виготовлені колеса, повинні забезпечувати міцність зубців на згин, контактне викришування їх поверхневих шарів і опір заїдання (молекулярне зчеплення). Основними матеріалами в машинобудуванні для виготовлення зубчастих коліс циліндричних і конічних передач є конструкційні вуглецеві та леговані термічно оброблені сталі. Це обумовлено тим, що допустимі контактні напруження в зубцях коліс є пропорційними твердості їх матеріалу, а несуча здатність передач за контактною міцністю (витривалістю) пропорційна квадрату твердості [17, 27, 30]. Потрібна твердість поверхонь зубців сталевих коліс забезпечується відповідною ТО (термічною) чи ХТО (хіміко-термічною обробкою).

Залежно від навантаження і вимог до габаритів зубчастих циліндричних і конічних передач зі сталевими колесами застосовують такі види термічної чи хіміко-термічної обробки та матеріали:

- нормалізацію (Н), яка використовується для коліс малонавантажених передач. Нормалізовані колеса виготовляють із конструкційних вуглецевих сталей 40, 45, 50, 40X та інші;

- поліпшення (П), яке застосовується для коліс передач, що виготовляють в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва за відсутності жорстких умов до габаритів передач. Основні матеріали – це такі 40, 45, 40X, 50Г, 30ХГ та інші. Твердість поверхонь зубців (200...320НВ);

- об'ємне гартування, яке використовується для коліс середньо-навантажених передач. Такі колеса виготовляють із сталей 45, 40X, 40ХН,

зубці яких гартують до твердості 45...50 HRCe. Нині цей вид ТО використовують рідко, оскільки об'ємне гартування не зберігає в'язкої серцевини зубця, що суттєво зменшує його міцність на згинання;

- поверхнєве гартування струмом високої частоти (СВЧ), яке широко використовується для коліс середньонавантажених передач у верстатах. Основні матеріали – сталі 40Х, 40ХН, 58, 45РІІ та інші, які піддають ТО та СВЧ. Твердість загартованого шару товщиною 0,5...1,5 мм, зазвичай, 50...55 HRCe;

- цементацію – ХТО, яка полягає в насиченні поверхні зубця вуглецем з наступним гартуванням і низьким відпуском. Цей вид ХТО застосовується для коліс важконавантажених, передач, що працюють в умовах змінних і ударних навантажень. Цементовані колеса виготовляють із сталей 20Х, 12ХН3А, 20ХНМ, 18Х2М4МА, 18ГТ, 25ХГТ, 15ХФ та інше. Твердість поверхонь зубців після цементації 58...64 HRCe;

- нітроцементацію (ціанування), що полягає в одночасному насиченні поверхонь зубців сталевих коліс вуглецем та азотом в газовому середовищі з наступним гартуванням і низьким відпуском, яка забезпечує зубцям високу міцність, зносостійкість і опір заїданню; використовують такі ж сталі, що й під час цементації. Твердість поверхонь зубців – 60...64 HRCe;

- азотування – ХТО шляхом насичення поверхні зубців азотом, під час якої забезпечується особливо висока твердість і зносостійкість поверхонь зубців. Недоліком азотування є мала товщина зміцненого шару, не більше 0,2...0,5 мм, яка виключає шліфування поверхонь зубців і роботу азотованих коліс в умовах ударних навантажень через небезпеку розтріскування зміцненого шару та під час інтенсивного зношування внаслідок швидкого стирання азотованого шару. Твердість поверхонь зубців – 550...750 НV. Найкраще азотування мають леговані сталі, в складі яких є алюміній, наприклад 38Х2КЮА, також зараз використовують і безалюмінієві сталі марок 40ХФА, 40Х, 40ХНА, які азотуються до меншої твердості, але більшої в'язкості;

- лазерне гартування, яке забезпечує для нелегованих сталей твердість поверхонь зубців до 64 HRCe. Переваги цього виду ТО – поверхнєве зміцнення, відсутність короблення, високий ступінь автоматизації процесу. Недолік лазерного гартування – повільність.

З метою запобігання заїданню, що характерне для високонавантажених передач, зубчасті колеса таких передач виготовляють з теплостійких сталей марок ХЗНВМ2Ф, 20ХЗНВФА, 16ХЗНВФМБ та інше. Такі передачі також змащують мастилами з протизадирними присадками.

Зубчасті колеса великих діаметрів часто виготовляють литтям із сталі 35Л...50Л, 40ХЛ, 30ХГСЛ, 50Г2 та інші, які переважно піддають ТО та нормалізації. Колеса великогабаритних, відкритих циліндричних і конічних передач виготовляють з чавуну марок СЧ20... СЧ35, а також використовують високоміцні магнієві чавуни з кулевидним графітом.

Пластмасові зубчасті колеса в парі з металевими застосовують в малонавантажених передачах з метою безшумності, самозмащування або хімічної стійкості. Основні матеріали – текстоліт марок ПТ і ПТК, деревостружкові пластики марки ДСП-Г із зіркоподібних на 25 °С...30 °С, поліформальдегідні смоли, капролон і фенілон тощо.

Черв'ячні передачі, як уже відмічалось в розділі 2, є комбінованим видом передачі, яка працює з великим тепловиділенням, що потребує виготовлення однієї з ланок цієї передачі з антифрикційних матеріалів. В силових черв'ячних передачах, зазвичай, з антифрикційного матеріалу виготовляють зубчастий вінець черв'ячного колеса, а черв'яки – з термічно оброблених до значної твердості конструкційних вуглецевих і легованих сталей марок 40Х, 40ХН, 35ХГСА, 20Х, 18ХГТ, 12ХНЗА, 38Х2МЮА, 38Х2Ю та інших, які піддають, залежно від навантаження і умов експлуатації, різним видам ТО та ХТО.

Антифрикційний матеріал зубчастого вінця черв'ячного колеса вибирають залежно від швидкості ковзання в передачі V_s . На початку проектування черв'ячної передачі орієнтовану швидкість ковзання визначають за формулою [17, 27, 30]:

$$V_s = 4 \cdot 10^{-4} n_1^3 \sqrt{T_2}, \text{ м/с},$$

де n_1 – частота обертання черв'яка, хв^{-1} ;

T_2 – обертальний момент на валу черв'ячного колеса, $\text{Н}\cdot\text{м}$.

Черв'ячні колеса тихохідних черв'ячних силових передач виготовляються повністю з чавуну марок СЧ15 та СЧ20 ($V_s \leq 8 \text{ м/с}$).

За швидкості ковзання $V_s \geq 4 \text{ м/с}$ зубчастий вінець черв'ячних коліс виготовляють з різних марок латуней і бронз, який з'єднують з центром, виготовленим з чавуну чи сталі, різними способами (див. рис. 27). Для виготовлення вінців використовують такі марки бронзи: Бр А9ЖЗЛ та БрАЮЖЧН4Л ($V_s \leq 5 \text{ м/с}$); Бр07Ц7С7 ($V_s \leq 8 \text{ м/с}$); Бр010Ø1 ($V_s \leq 12 \text{ м/с}$); Бр 010Н1Ø1 ($V_s \leq 25 \text{ м/с}$).

4.1 Шорсткість поверхонь зубців

Знаки шорсткості наносять безпосередньо на похилі, вертикальні лінії зображень поверхні в тих випадках, коли вістря знака показано зверху та на лініях-виносках (рис. 28).

Шорсткість бічних поверхонь зубців (профілю кожного) показують на лінії, що відповідає діаметру ділячного кола (рис. 29). Значення параметра Ra профілю зубців повинно відповідати значенням 1,6 чи 0,8.

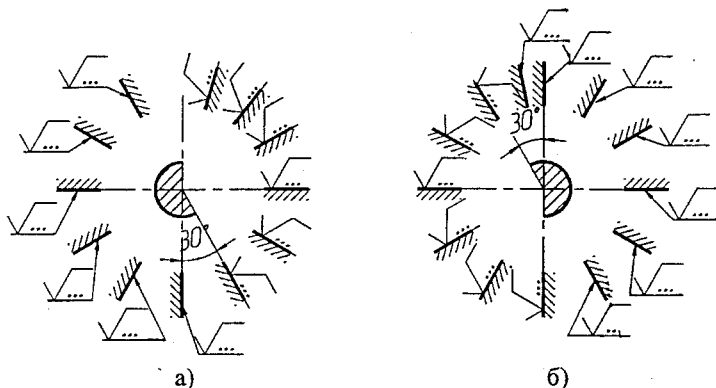


Рисунок 28 – Нанесення знаків шорсткості на поверхнях деталі згідно із змінами стандарту

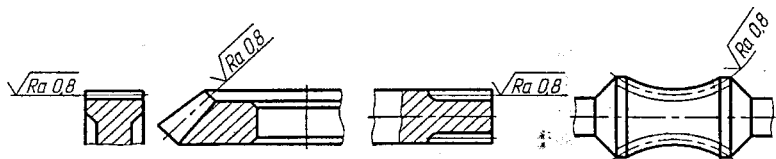


Рисунок 29 – Позначення шорсткості зубців шестерень

5 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНИХ ЗАВДАНЬ

Згідно з програмою курсу та робочого плану студенти при вивченні теми «Передачі» повинні виконати: розрахунки геометричних параметрів зубчастої передачі та побудови одного із різновидів зубчастої передачі.

Згідно з робочими планами дисципліни «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка» студенти вивчають такі різновиди передач: циліндрична, конічна та черв'ячна зубчасті передачі. Тому у варіанті завдань закладена одна із зазначених вище передач.

Вихідними даними для подальшого виконання слугують:

1. Один із різновидів зубчастої передачі (додатки А – В).
2. Значення модуля m , числа зубців шестерні та зубчастого колеса, відповідно, z_1 та z_2 ; числові значення діаметрів валів, на які насаджені шестерня та зубчасте колесо (додатки А – В).
3. Варіант конструктивної форми шестерні та колеса (додаток Г).

5.1 Розрахунок геометричних параметрів та зображення циліндричної передачі

Наприклад, згідно з варіантом студент отримав варіант різновиду передачі – циліндрична зубчаста (додаток А). В таблиці 1 наведені формули для розрахунку головних параметрів зубчастих коліс. Позначення на рисунку 30 пояснюють відповідні формули таблиці 7.

Послідовність виконання така.

1. З врахуванням вихідних значень модуля m та числа зубців шестерні z_1 та зубчастого колеса z_2 проводять розрахунки ділільних діаметрів шестерні $d_1 = mz_1$ та зубчастого колеса $d_2 = mz_2$. Визначають міжосьову відстань $a_w = 0,5(d_1 + d_2)$.

2. В тонких лініях за проєкційним зв'язком в двох проєкціях (головний вигляд та вигляд зліва) починають креслити контури шестерні та зубчастого колеса, що знаходяться в зачепленні. При цьому враховують всі елементи (див. таблицю 7): діаметри вершин та западин шестерні та колеса (d_{a1} , d_{a2} та d_{f1} , d_{f2}); діаметри d_{m1} , d_{m2} та довжину маточини l_{m1} , l_{m2} відповідно; внутрішні діаметри ободів d_{o1} , d_{o2} ; товщини ободів δ_1 , δ_2 та диска.

3. Залежно від діаметрів валів (для шестерні та колеса) підбирають розміри для шпонок: ширину b та висоту h шпонок (для вала шестерні та вала колеса); розміри t_1 та t_2 для шпонкових пазів (додаток Д).

Розрахункову довжину шпонки $l_{\text{шт}}$ конструктивно обирають залежно від довжини маточини шестерні та зубчастого колеса:

$$l_{\text{шт}} = l_m - 5 \dots 6 \text{ мм.}$$

Далі порівнюють розрахункову довжину шпонки $l_{\text{шт}}$ зі стандартним значенням довжини шпонок $l_{\text{шт}}^m$ (рекомендований ряд наведений нижче) та вибирають найближче значення із стандартного ряду:

$$l_{\text{шт}} \approx l_{\text{шт}}^m.$$

Довжина призматичної шпонки $l_{\text{шт}}^m$ вибирається із ряду в мм:

6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90.

Приклад виконання графічного завдання до циліндричної зубчастої передачі

Врахуємо формули для розрахунку головних і конструктивних параметрів циліндричної зубчастої передачі, що беруть із таблиць 1, 7.

Вихідні дані: модуль $m = 4$ мм; число зубців шестерні $z_1 = 14$, число зубців зубчастого колеса $z_2 = 28$; діаметри валів, відповідно шестерні $d_{s1} = 18$ мм та зубчастого колеса $d_{s2} = 22$ мм.

Проводять розрахунок головних та конструктивних параметрів шестерні та зубчастого колеса, що наведені в таблицях 8, 9.

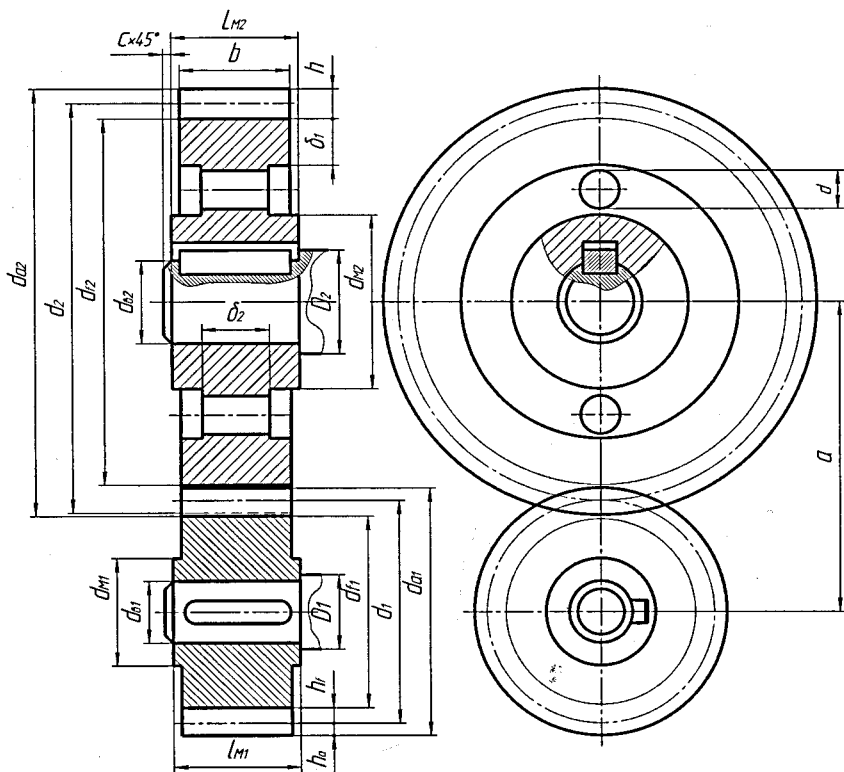


Рисунок 30 – Загальний рисунок для розрахунку геометричних параметрів циліндричної зубчастої передачі

Таблиця 8 – Формули для розрахунку головних параметрів

Елемент передачі		Шестерня	Колесо
Назва	Формула		
Висота зуба	$h=2,25m$	$h=9 \text{ мм}$	
Висота головки зуба	$h_a=m$	$h_a=4 \text{ мм}$	
Висота ніжки зуба	$h_f=1,25m$	$h_f=5 \text{ мм}$	
Ділильний діаметр	$d=mz$	$d_1=mz_1=56 \text{ мм}$	$d_2=mz_2=112 \text{ мм}$
Діаметр вершин зубців	$d_a=d+2h_a$	$d_{a1}=64 \text{ мм}$	$d_{a2}=120 \text{ мм}$
Діаметр западин зубців	$d_f=d-2h_f$	$d_{f1}=46 \text{ мм}$	$d_{f2}=92 \text{ мм}$

Таблиця 9 – Формули для розрахунку конструктивних параметрів

Елемент передачі		Шестерня	Колесо
Назва	Формула		
Діаметр маточини	$d_m=1,6d_s$	$d_{m1}=29\text{ мм}$	$d_{m2}=35\text{ мм}$
Довжина маточини	$l_m=1,2b$	$l_{m1}=22\text{ мм}$	$l_{m2}=27\text{ мм}$
Ширина зубчастого вінця	$b=6...7m$	$b=6m=24\text{ мм}$	
Розміри шпонкового паза	За ГОСТ 23360–78		
Міжосьова відстань	$a_w=0,5(d_1+d_2)=84\text{ мм}$		
Розміри фасок	$c=2\text{ мм}$		

Примітка: зубчастий вінець суцільний, тобто не містить диска та обода.

Отже, на підставі вихідних даних студент виконує певні розрахунки, а потім – графічні побудови.

Як кінцевий результат виконання графічної роботи студент подає до перевірки свій графічний варіант зубчастої передачі (рис. 31), специфікацію (рис. 32) та розрахунки.

5.2 Розрахунок геометричних параметрів та зображення конічної передачі

На підставі вихідних даних студент повинен: використати таблиці 3 та 8, що враховують розрахунки *геометричних параметрів та конструктивні особливості шестерні та зубчастого колеса*; загальний рисунок (рис. 33) для конічної передачі.

Послідовність виконання така.

1. З врахуванням вихідних значень модуля m та числа зубців шестерні z_1 та зубчастого колеса z_2 проводять розрахунки ділительних діаметрів шестерні $d_1 = mz_1$ та зубчастого колеса $d_2 = mz_2$. Визначають кути ділительних конусів δ_1 та δ_2 ; зовнішні конусні відстані R_{e1} та R_{e2} ; ширину зубчастих вінців шестерні та колеса b ; зовнішню висоту головки та ніжки зуба h_{a1} , h_{f1} та h_{a2} , h_{f2} відповідно шестерні та зубчастого колеса.

2. В тонких лініях за проєкційним зв'язком в двох проєкціях починають креслити в зачепленні контури шестерні та зубчастого колеса. Враховують всі елементи: діаметри вершин та западин шестерні і колеса (d_{a1} , d_{a2} та d_{f1} , d_{f2}); діаметри d_{m1} , d_{m2} та довжину маточин l_{m1} , l_{m2} , відповідно.

3. Залежно від діаметрів валів (для шестерні та колеса) підбирають розміри для шпонок: ширину b та висоту h шпонок (для вала шестерні та вала колеса); розміри t_1 та t_2 для шпонкових пазів.

Зразок виконання графічної роботи показаний на рисунках 34, 35.

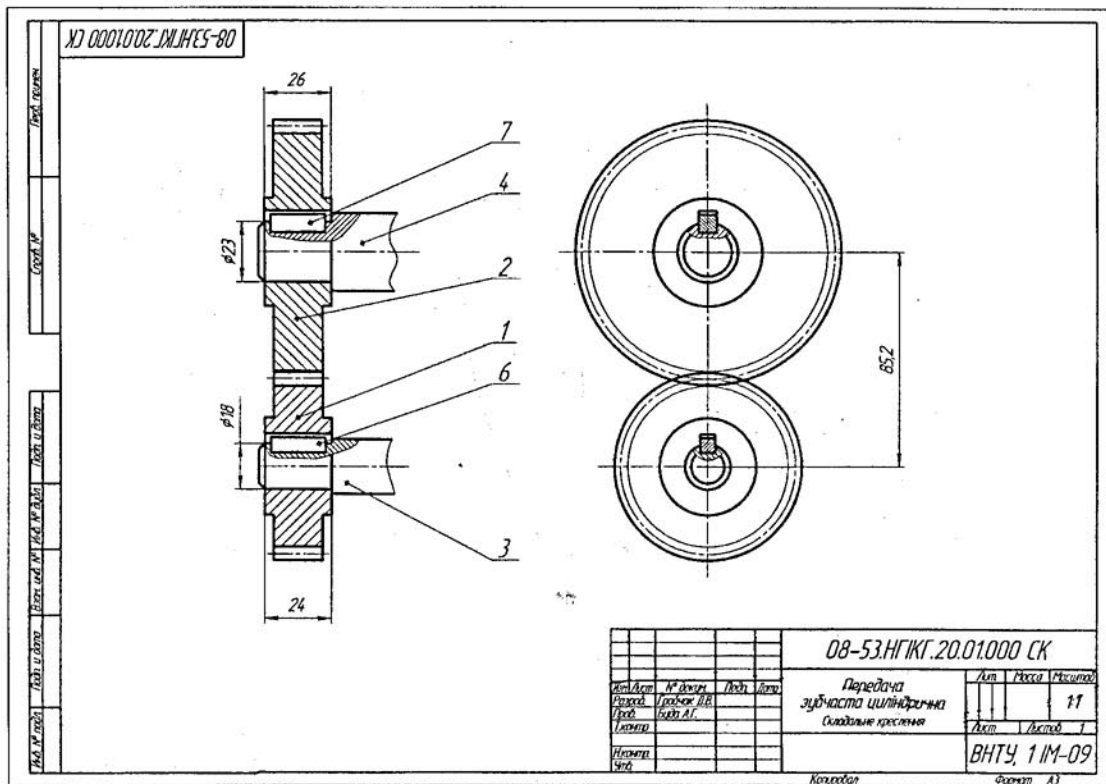


Рисунок 31 – Зразок виконання циліндричної зубчастої передачі

[illegible]

Таблиця 10 – Конструктивні параметри конічних зубчастих коліс

Елемент передачі	Позначення	Формула
Довжина маточини шестерні	$l_{м1}$	$l_{м1}=1,3d_{e1}$
Зовнішній діаметр маточини шестерні	$d_{м1}$	$d_{м1}=1,7d_1$
Діаметр вала шестерні	d_1	$d_1=1,2d_{e1}$
Довжина маточини колеса	$l_{м2}$	$l_{м2}=1,3d_{e2}$
Зовнішній діаметр маточини колеса	$d_{м2}$	$d_{м2}=1,7d_{e2}$
Діаметр вала колеса	d_2	$d_2=1,2d_{e2}$
Товщина обода зубчастого вінця	$\delta=2,5m$	
Западина	$n=2...3m$	
Радіуси скруглень	$R=2...3\text{ мм}$	
Розміри фасок	$c=2...3\text{ мм}$	
Розміри шпонкового паза	За ГОСТ 23360–78	

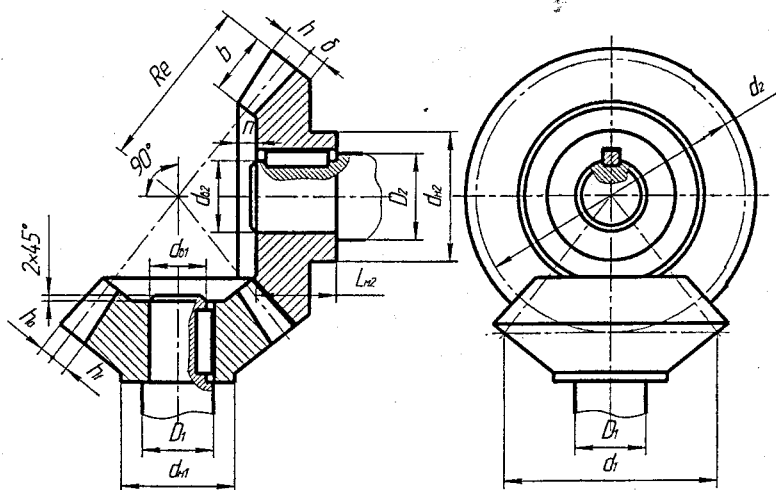


Рисунок 33 – Загальний рисунок для розрахунку геометричних параметрів конічної зубчастої передачі

Рисунок 35 – Зразок специфікації до конічної зубчастої передачі

5.3 Розрахунок геометричних параметрів та зображення черв'ячної передачі

Наприклад, згідно з варіантом студент отримав варіант різновиду передачі – черв'ячна передача та вихідні значення геометричних параметрів m , z_1 , z_2 , d_1 та d_2 (додаток В). При викреслюванні черв'ячної передачі потрібно врахувати його конструктивні особливості: наявність обода (отворів в ньому), диска, маточини (додаток Г).

На підставі наведених вище вихідних даних студент повинен:

- використати загальний рисунок (рис. 36) та ввести певні зміни щодо конструктивних особливостей для зображень черв'яка та черв'ячного колеса;
- скористатися таблицями 5, 6, що враховують геометричні розрахунки черв'яка та черв'ячного колеса, та таблицею 9, що враховує їх конструктивні особливості.

Послідовність виконання така.

1. З врахуванням вихідних значень модуля m та числа заходів черв'яка q та черв'ячного колеса z проводять розрахунки ділильних діаметрів черв'яка $d_1 = mq$ та черв'ячного колеса $d_2 = mz$. Визначають довжину нарізаної частини черв'яка та ширину зубчастого вінця черв'ячного колеса b ; зовнішню висоту головки та ніжки зуба h_{a1} , h_{f1} та h_{a2} , h_{f2} відповідно черв'яка та черв'ячного колеса.

Таблиця 11 – Конструктивні параметри черв'ячної передачі

Елемент передачі	Черв'як	Колесо
Ширина зубчастого вінця	—	$b_2 = 0,75d_{a1}$
Довжина маточини	—	$l_{m2} = 1,3d_{e2}$
Зовнішній діаметр маточини	—	$d_{m2} = 1,6d_{e2}$
Діаметр вала	—	$d_2 = 1,2d_{e2}$
Довжина черв'яка	$l = 1,5d_{a1}$	—
Діаметр вала черв'яка	$D_1 = 0,9d_{f1}$	—
Міжосьова відстань	$A = 0,5(d_1 + d_2)$	

2. В тонких лініях за проєкційним зв'язком в двох проєкціях (головний вигляд та вигляд зліва) починають креслити контури черв'яка та черв'ячного колеса, що знаходяться в зачепленні. При цьому враховують всі елементи: діаметри вершин та западин черв'яка та колеса (d_{a1} , d_{a2} та d_{f1} , d_{f2}); діаметр d_{m2} та довжину маточини черв'ячного колеса l_{m2} відповідно.

3. Залежно від діаметра вала, на якому насаджено черв'ячне колесо, за ГОСТ 23360–78 підбирають розмір шпонки: ширину b та висоту h ; розміри t_1 та t_2 для шпонкового паза. Проводять розрахунок довжини шпонки, порівнюють із стандартним значенням та вибирають найближче стандартне значення l .

Як кінцевий результат виконання графічної роботи студент подає до перевірки свій графічний варіант черв'ячної передачі (рис. 37), специфікацію (рис. 38) та розрахунки.

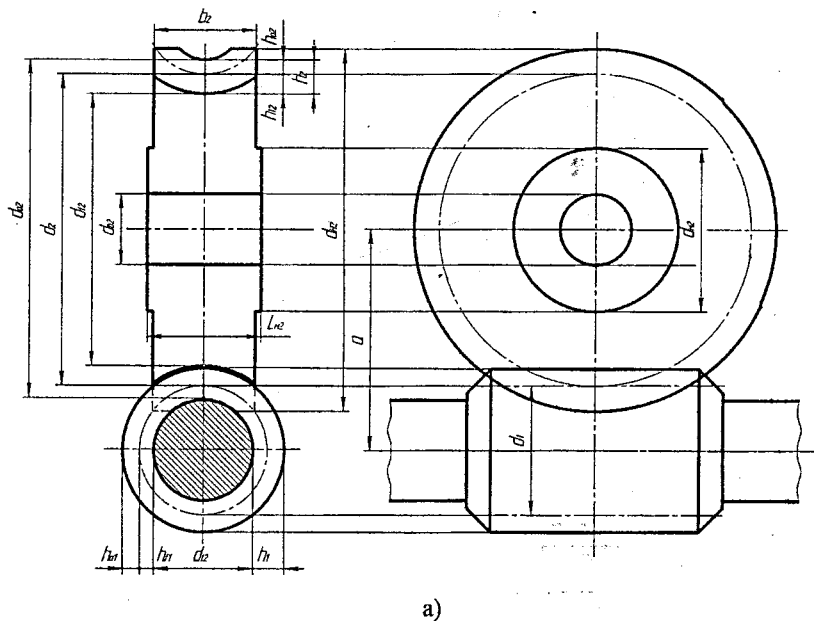


Рисунок 36 – Загальний рисунок для розрахунку геометричних параметрів черв'ячної передачі

6)

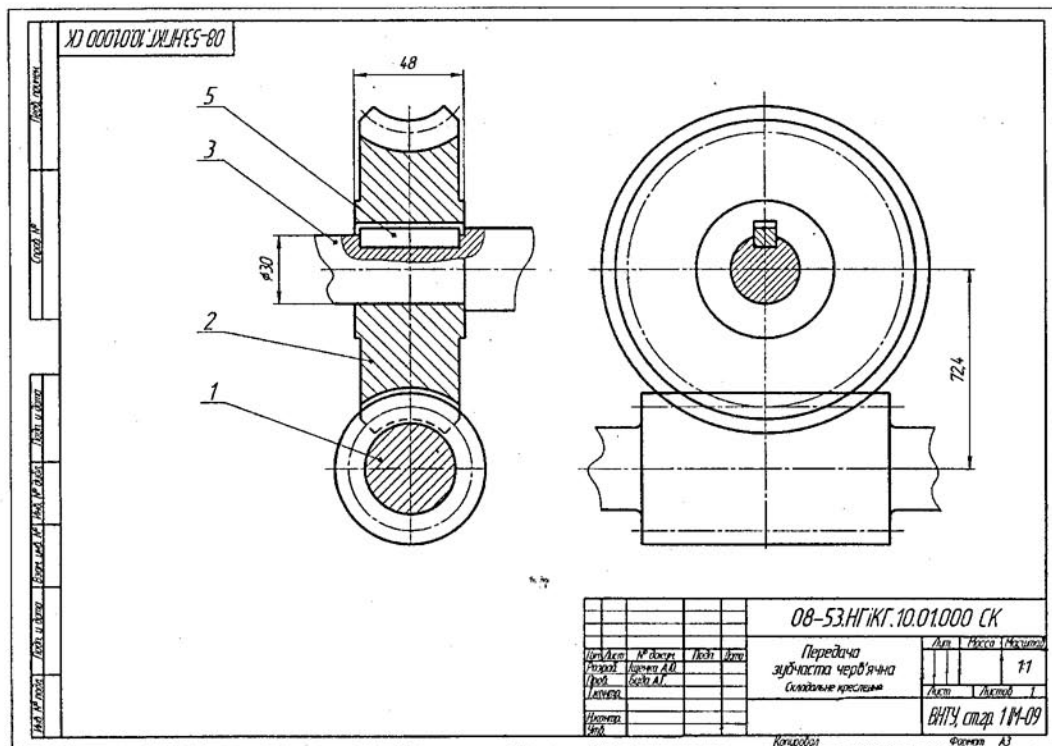


Рисунок 37 – Зразок виконання черв'ячної зубчастої передачі

6 ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ КІНЕМАТИЧНИХ СХЕМ

6.1 Типи схем

Схемою називають графічний конструкторський документ, що містить умовне графічне зображення складових частин виробу та зв'язків між ними ГОСТ 2.102–68 та ГОСТ 2.701–76.

Розробка будь-якого механізму починається з викреслювання принципової схеми, на якій умовно зображають взаємодію та послідовність дії елементів виробу. *Елементом* схеми називають складову частину схеми, яка виконує певну функцію у виробі та не може бути розділена на складові, що мають окреме функціональне призначення. Креслениками-схемами користуються при розробці всіх конструкторських документів на виріб при наладці, регулюванні, контролі, експлуатації та ремонті.

Залежно від характеру елементів та зв'язків, що входять до складу виробу, схеми поділяють на типи, які умовно позначають буквами: *К* – кінематичні; *Г* – гідравлічні; *П* – пневматичні; *Е* – електричні; *С* – комбіновані.

Схеми виконують на аркушах стандартного формату, без використання масштабу, а також без строгого відображення дійсного розташування складових частин виробу.

6.2 Кінематичні схеми

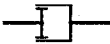
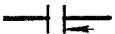
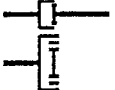
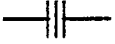
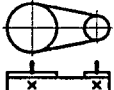
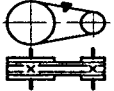
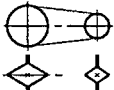
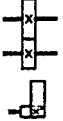
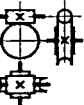
Виконують відповідно до вимог стандарту (ГОСТ 2.703–86). Елементи (ГОСТ 2.770–68), що входять до складу виробу, зображають на схемах умовними графічними знаками (таблиця 12).

До кінематичних елементів належать вали, осі, підшипники, муфти, гальма, шків, зубчасті колеса, черв'яки, зірочки, передачі та таке інше.

На кінематичних схемах (*kinematic gearing*) для зображень кінематичних елементів використовують певну товщину ліній: суцільними основними лініями товщиною s – вали, осі, стержні, шатуни, кривошини та подібне; суцільними тонкими лініями товщиною $s/2$ – елементи, зображені у вигляді контурних обрисів, зубчасті колеса, черв'яки, зірочки, шків, кулачки та подібне; суцільними тонкими лініями товщиною $s/3$ – контур виробу, в який вписана схема; штриховими лініями товщиною $s/2$ – кінематичні зв'язки між спряженими ланками пари, викресленими окремо; подвійними штриховими лініями та лініями товщиною $s/2$ – кінематичні зв'язки між елементами або між ними та джерелом руху через немеханічні (електричні) ділянки; потрійними штриховими лініями товщиною $s/2$ – розрахункові зв'язки між елементами.

Таблиця 12 – Умовні позначення на кінематичних схемах

Назва 1	Позначення 2	Назва 3	Позначення 4
Вал, вісь, стержень, шагун		З'єднання деталі з валом:	
Нерухоме закріплення осі		– вільне при обертанні	
З'єднання стержнів:		– рухоме без обертання	
– жорстке		– за допомогою витяжної шпонки	
– шарнірне		– глухе	
Підшипники ковзання та кочення:		З'єднання двох валів:	
– радіальний		– глухе	
– радіально-упорний		– еластичне	
– упорний		– шарнірне	
– упорний однобічний			
Підшипник ковзання:		Муфти зчеплення:	
– радіальний		– конусна однобічна	
– радіально-упорний		– конусна двобічна	
– радіально-упорний двобічний		– дискова однобічна	
Підшипник кочення:		– дискова двобічна	
– радіальний		– фрикційна	
– радіально-роликовий		– фрикційна з кріпленням на валу	
– упорний		– кулачкова однобічна	
– шариковий		– кулачкова двобічна	
– однобічний		– обгону однобічна	
Гальма			
– конусні			
– колодкові			
– смужкові			

1	2	3	4
Гальма дискові звичайні – електромагнітні – гідравлічні – центробіжна	  	Муфти – однобічна гідравлічна – однобічна – з колодками – з різним кільцем – двобічна	   
Гвинт, що передає рух Нерознімна гайка на гвинті Рознімна гайка на гвинті	  	Пружини – стиснення – розтягу – конічна	  
Передача: – плоским ременем – клиновим ременем – зірочкою	  	Передачі зубчасті: – циліндрична (з зовнішнім та внутрішнім зачепленням) – конічна – з циліндричним черв'яком	  

На кінематичних схемах показують:

- найменування кожної кінематичної групи елементів з врахуванням її головного функціонального призначення (привода подачі): наносять на полиці ліній-виноски, що проведена від відповідної групи;
- головні характеристики та параметри кінематичних елементів, що визначають виконавчі рухи робочих органів виробу або його складових частин.

Приблизний перелік головних характеристик та параметрів кінематичних елементів наведені в таблиці 13.

Кожному кінематичному елементу, що зображений на схемі, як правило, присвоюють порядковий номер, починаючи від джерела руху.

Вали нумеруються римськими, інші елементи – арабськими цифрами (рис. 39).

Порядковий номер елемента ставлять на полиці ліній-виноски. Під полицкою ліній-виноски вказують головні характеристики та параметри кінематичного елемента (для зубчастих коліс – число зубців).

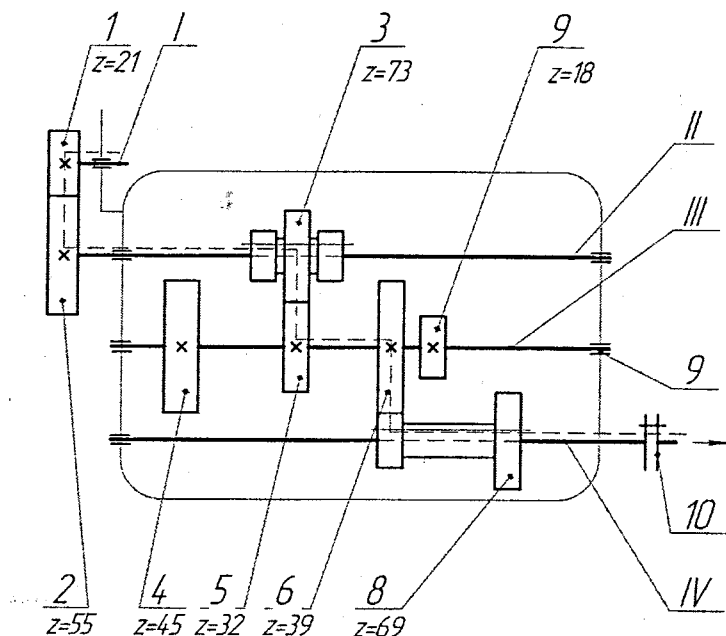


Рисунок 39 – Зображення та позначення на кінематичних схемах

Зразок (рис. 40) має навчальний характер, що не враховує наявність стандартних елементів.

Перелік елементів кінематичних схем може уміщуватись над основним написом (за наявністю місця на кресленні) або виконуватись як окремий неосновний конструкторський документ (рис. 41).

Таблиця 13 – Характеристики та параметри кінематичних елементів (ГОСТ 2.703–68)

Назва	Дані, що вказані на схемі
1. Джерело руху (двигун)	Назва, тип, характеристика
2. Механізм, кінематична група	Характеристика головних виконавчих рухів, діапазон регулювання та подібне Розміри, що визначають межі переміщень: довжину переміщення чи кут повороту виконавчого органу Напрямок обертання чи переміщення елементів, від яких залежить отримання заданих виконавчих рухів та їх узгодженість
3. Кінематичні ланки:	Діаметр (для змінних шківів – відношення діаметрів ведучих шківів до діаметрів ведених шківів)
а) шків ремінної передачі	Число зубців, модуль; для косозубих коліс – напрям та кут нахилу зубців
б) зубчасте колесо	Модуль для косозубих рейок – напрям та кут нахилу зубців
в) зубчаста рейка	Модуль осьовий, число заходів, тип черв'яка, напрям витка та діаметр черв'яка
г) черв'як	Хід гвинтової лінії, число заходів, напис «лів.» – для лівих різьб
д) ходовий гвинт	Число зубців, крок ланцюга
е) зірочка ланцюгової передачі	Параметри кривих, що визначають швидкість та межі переміщення штовхача
ж) кулачок	

[illegible]

УКРАЇНСЬКО-РОСІЙСЬКО-АНГЛІЙСЬКИЙ СЛОВНИК ДЕЯКИХ ТЕРМІНІВ

Українська	Російська	Англійська
1	2	3
Антифрикційний матеріал	Антифрикционный материал	Antifriction material
Архімедовий (евольвентний) черв'як	Архимедовый (эвольвентный) червяк	Archimedian involute worm
Архімедова спіраль	Архимедовая спираль	Archimedian spiral
Бандажована (біметалева) конструкція	Бандажная (биметаллическая) конструкция	Reinforced (bimetal) construction
Виконавча (основна) ланка	Исполнительное (основное) звено	Executive (main) link
Висота (ширина) зуба	Высота (ширина) зуба	Tooth depth (width)
Гвинтова лінія	Винтовая линия	Helical line
Гвинтова передача	Винтовая передача	Screw gear
Головка (ніжка) зуба	Головка (ножка) зуба	Addendum (dedendum)
Діаметр вершин (западин) зубців	Диаметр вершин (впадин) зубьев	Tooth tip (slot) diameter
Дільний діаметр	Делительный диаметр	Reference diameter
Діаметр (довжина) маточини	Диаметр (длина) ступицы	Nave (length) Diameter
Довбач	Долбяк	Jointer
Евольвента	Эвольвента	Evolvent (involute)

1	2	3
Елементи зубчастого колеса	Элементы зубчатого колеса	Components of toothed gear
Елементи колеса	Элементы колеса	Wheel components
Зацеплення	Зацепление	Gearing
Зірочка ведуча (ведена)	Звездочка ведущая (ведомая)	Drive sprocket
З'єднання	Соединение	Junction
Зовнішня висота головки (ніжки) зуба	Внешняя высота головки (ножки) зуба	Outer tooth addendum (dedendum)
Зовнішній діаметр вершин (западин) зубців	Внешний диаметр вершин (впадин) зубьев	Outer diameter (recess) of teeth
Зовнішня (середня) конусна відстань	Внешнее (среднее) конусное расстояние	Outer (middle) cone distance
Зуб	Зуб	Tooth
Зубчаста рейка	Зубчатая рейка	Toothed rack
Зубчастий сектор	Зубчатый сектор	Toothed quadrant
Зубчаста циліндрична (конічна) передача	Зубчатая цилиндрическая (коническая) передача	Toothed conic transmission
Кінематичні схеми	Кинематические схемы	Kinematic diagram
Колесо ведуче (ведене)	Колесо ведущее (ведомое)	Driving (driven) wheel
Колесо зубчасте (черв'ячне)	Колесо зубчатое (червячное)	Gear wheel
Косозуба рейка	Косозубая рейка	Helical rack
Крок нормальний (нормований, торцевий)	Шаг нормальный (нормальный, торцевой)	Regular pitch (normalize, butt)

1	2	3
Кут діляльного конуса	Угол делительного конуса	Reference cone angle
Кут конуса вершин (западин)	Угол конуса вершин (впадин)	Tip angle(root angle)
Кут ніжки (головки) зуба	Угол ножки (головки) зуба	Dedendum angle (addendum).
Ланцюгова передача	Цепная передача	Chain gear
Матеріали	Материалы	Materials
Маточина	Ступица	Nave (hub)
Механічна передача	Механическая передача	Mechanical gear (transmission)
Міжосьова відстань	Межосевое расстояние	Axle spacing
Модуль (розрахунковий модуль)	Модуль (расчетный модуль)	Module (calculation module)
Модуль нормальний (основний)	Модуль нормальный (основной)	Main Module
Некориговане зубчасте колесо	Некорректированное зубчатое колесо	Non-adjusted toothed gear
Обертальний (поступальний) рух	Вращательное (поступательное) движение	Rotating motion
Основні геометричні (конструктивні) параметри	Основные геометрические (конструктивные) параметры	Main geometrical (design) parameters
Осьові форми	Осевые формы	Axial forms
Пасова передача	Ременная передача	Belt drive
Передача гідравлічна, електрична, механічна, пневматична	Передача гидравлическая, электрическая, механическая, пневматическая	Hydraulic, electrical, mechanical, pneumatic transmission

1	2	3
Початкові циліндри	Начальные цилиндры	Pitch cylinder
Пристрій, принцип дії	Устройство, принцип работы	Device, principle of operation
Радіус виїмки	Радиус выемки	Flute radius
Робочий кресленик	Рабочий чертеж	Working drawing
Розрахункова базова відстань	Расчетное базовое расстояние	Calculated base distance
Розрахунок геометричних параметрів	Расчет геометрических параметров	Analysis of geometrical parameters
Середня конусна відстань	Среднее конусное расстояние	Middle cone distance
Способи виготовлення	Способы изготовления	Ways of producing
Терміни, означення, позначення	Термины, определения, обозначения	Terms, definitions, symbols
Торцевий профіль	Торцевой профиль	End profile
Формули для розрахунку	Расчетные формулы	Analysis formulas
Фреза пальцева (черв'ячна)	Фреза пальцевая (червячная)	Worm cutter (mill)
Фрикційна передача	Фрикционная передача	Friction gear
Хід черв'яка	Ход червяка	Worm travel
Циліндричне прямозубе (косозубе) колесо	Цилиндрическое прямозубое (косозубое) колесо	Spur wheel (helical)
Число зубців (западин)	Число зубьев (впадин)	Amount of teeth(slots)
Черв'як, черв'ячне колесо	Червяк, червячное колесо	Worm, worm gear
Шестерня	Шестерня	Gear

ЛІТЕРАТУРА

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т. 2 / Анурьев В. И. ; под ред. И. Н. Жестоковой. – [8-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Машиностроение, 2001. – 912 с.
2. Аскарин П. В. Чертежи для детализирования : учеб. пособ. для сред. спец. уч. зав. / Аскарин П. В. – М. : Машиностроение, 1978. – 59 с.
3. Боголюбов С. К. Индивидуальные задания по курсу черчения / Боголюбов С. К. – М. : Высш. шк., 1989. – 368 с.
4. Боголюбов С. К. Черчение: уч. для сред. спец. учеб. заведений / Боголюбов С. К. – [2-е изд., испр.]. – М. : Машиностроение, 1987. – 336 с.
5. Боголюбов С. К. Черчение : учеб. для машиностр. спец. сред. спец. учеб. зав. / Боголюбов С. К. – М. : Машиностроение, 1985. – 336 с.
6. Буда А. Г. Інженерна графіка. Зварні з'єднання : навчальний посібник / А. Г. Буда, О. В. Король. – Вінниця : ВДТУ, 1998. – 84 с.
7. Буда А. Г. Проекційне креслення. Вигляди, розрізи, перерізи: навчальний посібник / А. Г. Буда, О. В. Король. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 109 с.
8. Буда А. Г. Проектування форм технічних деталей та аксонометричні проєкції : навчальний посібник / Буда А. Г., Король О. В., Пашенко В. Н. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 92 с.
9. Ванін В. В. Оформлення конструкторської документації : навчальний посібник / Ванін В. В., Блюк А. В., Гнітецька Г. О. – [3-є вид.]. – К. : Каравела, 2003. – 160 с.
10. Ванін В. В. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD / Ванін В. В., Перевертун В. В., Надкернична Т. О. – К. : Каравела, 2005. – 288 с.
11. Вербицька В. А. Читання креслень : навчальний посібник / Вербицька В. А. – К. : Техніка, 1969. – 126 с.
12. Вышнепольский И. С. Техническое черчение : учеб. для проф. учеб. зав. / Вышнепольский И. С. – [5-е изд., перераб.]. – М. : Высш. шк., 2001. – 224 с.
13. Дунаев П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин : учебн. пособие для машиностроит. спец. вузов. / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – [4-е изд. перераб. и доп.]. – М. : Высш. шк., 1985. – 416 с.
14. Богданов В. М. Інженерна графіка : довідник / Богданов В. М., Верхола А. П., Коваленко Б. Д. ; за ред. А. П. Верхоли. – К. : Техніка, 2001. – 268 с.
15. Верхола А. П. Інженерна графіка : креслення, комп'ютерна графіка : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Верхола А. П., Коваленко Б. В., Богданов В. М. ; за ред. А. П. Верхоли. – К. : Каравела, 2005. – 304 с.
16. Иосилевич Г. Б. Детали машин: учеб. для вузов / Иосилевич Г. Б. – М. : Машиностроение, 1988. – 496 с.

17. Козловский Ю. Г. Аннотированные чертежи деталей машин : учеб. пособие для сред. проф. тех. училищ / Козловский Ю. Г., Кардаш В. Ф. – Минск : Выш. школа, 1985. – 224 с.

18. Левицкий В. С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей : учеб. для студентов вузов / Левицкий В. С. – [6-е изд., пер. и доп.]. – М. : Высш. шк., 2004. – 435 с.

19. Левицкий В. С. Машиностроительное черчение: учеб. для вузов / Левицкий В. С. – М. : Высш. шк., 1988. – 351 с.

20. Мерзон Э. Д. Задачник по машиностроительному черчению: учеб. пособ. для машиностроит. спец. вузов / Э. Д. Мерзон, И. Э. Мерзон. – [6-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Высш. шк., 1990. – 288 с.

21. Мерзон Э. Д. Машиностроительное черчение : учеб. пособие / Мерзон Э. Д., Мерзон И. Э., Медведковская Н. В. – М. : Высш. шк., 1987. – 335 с.

22. Миронов Б. Г. Черчение : учеб. пособие для машиностр. специальностей сред. спец. учеб. завед. / Б. Г. Миронов, Р. С. Миронова. – М. : Машиностроение, 1991. – 288 с.

23. Михайленко В. Є. Інженерна графіка : навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти 1-2 рівнів акредитації / Михайленко В. Є., Ванін В. В., Ковальов С. М. – К. : Каравела, 2002. – 284 с.

24. Михайленко В. Є. Інженерна графіка : підручник / Михайленко В. Є., Ванін В. В., Ковальов С. М. – [3-є вид.]. – К. : Каравела, 2003. – 288 с.

25. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин / Павлице В. Т. – Львів : Афіша, 2004. – 578 с.

26. Попова Г. Н. Машиностроительное черчение : справочник / Г. Н. Попова, С. Ю. Алексеев. – Санкт-Петербург : Политехника, 1994. – 447 с.

27. Решетов Д. Н. Детали машин : учеб. для вузов / Решетов Д. Н. – М. : Машиностроение, 1989. – 496 с.

28. Сидоренко В. К. Выполнение и чтение рабочих чертежей деталей / Сидоренко В. К. – К. : Вища школа, 1986. – 93 с.

29. Хаскин А. М. Черчение : учебник для техникумов / Хаскин А. М. – [6-е изд., перераб.]. – К. : Вища школа, 1988. – 446 с.

Додаток А

Графічна умова та вихідні дані до викреслювання циліндричної передачі

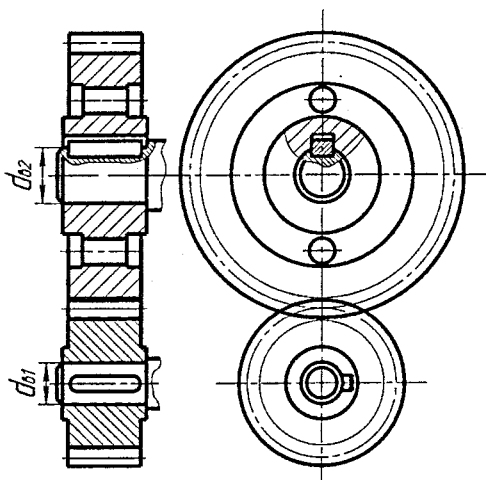


Рисунок А.1 – Графічна умова до викреслювання циліндричної передачі

Таблиця А.1 – Вихідні дані до розрахунку параметрів

№ вар.	m	z_1	z_2	d_{e1}	d_{e2}	№ вар.	m	z_1	z_2	d_{e1}	d_{e2}
1	5	20	25	25	20	16	4	18	30	22	25
2	4	20	40	25	20	17	4	20	36	22	30
3	5	15	32	25	15	18	4	15	35	20	30
4	3	25	40	20	25	19	5	16	30	25	32
5	4	25	35	25	25	20	4	20	32	22	30
6	4	20	34	22	20	21	5	16	30	25	36
7	5	18	30	25	18	22	4	15	35	20	25
8	4	15	35	20	15	23	4	18	35	24	30
9	4	20	36	25	32	24	4	20	35	25	32
10	5	16	30	25	30	25	4	18	35	20	30
11	4	20	30	20	25	26	5	18	32	25	30
12	4	20	34	20	25	27	4	25	30	20	25
13	5	16	28	25	35	28	4	20	36	20	30
14	4	22	36	25	30	29	4	18	38	20	28
15	4	20	38	22	30	30	5	18	26	25	30

Додаток Б

Графічна умова та вихідні дані до викреслювання конічної передачі

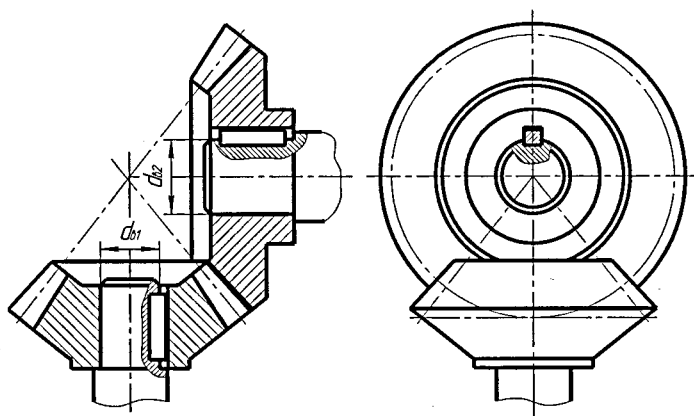


Рисунок Б.1 – Графічна умова до викреслювання конічної передачі

Таблиця Б.1 – Вихідні дані до розрахунку параметрів

№ вар.	m	z_1	z_2	d_{b1}	d_{b2}	№ вар.	m	z_1	z_2	d_{b1}	d_{b2}
1	4	20	35	26	35	16	4	20	35	30	35
2	4	18	30	25	30	17	4	16	32	25	30
3	4	24	35	30	40	18	5	15	25	25	30
4	4	18	32	25	36	19	4	18	36	25	35
5	5	16	30	25	40	20	5	16	30	26	35
6	5	15	30	30	35	21	4	16	25	20	30
7	4	20	32	25	30	22	5	15	28	25	30
8	5	18	28	30	40	23	4	20	35	30	36
9	4	18	28	25	30	24	5	20	30	30	30
10	5	20	30	30	40	25	4	20	40	30	40
11	4	20	36	25	35	26	4	16	40	25	46
12	5	15	30	25	36	27	5	16	32	30	35
13	4	16	32	25	30	28	4	15	25	20	25
14	5	18	36	30	40	29	5	15	26	25	30
15	4	20	40	30	40	30	4	18	36	25	35

Додаток В

Графічна умова та вихідні дані до викреслювання черв'ячної передачі

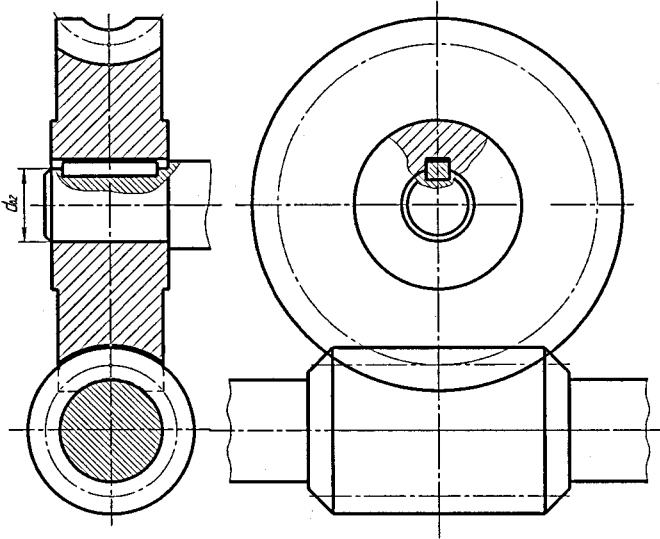


Рисунок В.1 – Графічна умова до викреслювання черв'ячної передачі

Таблиця В.1 – Вихідні дані до розрахунку параметрів

№ вар.	m	q	z	d_{e2}	№ вар.	m	q	z	d_{e2}
1	3	12	40	36	16	4	9	31	32
2	4	10	40	40	17	3,5	14	40	32
3	5	9	35	40	18	3,5	12	46	36
4	3,5	12	40	40	19	4	12	36	40
5	3	12	50	32	20	3	12	54	40
6	5	9	31	36	21	3	10	40	32
7	3	12	40	36	22	4	9	48	32
8	2,5	12	46	32	23	3	12	40	36
9	3	10	54	36	24	3	10	54	36
10	3	10	40	32	25	4	10	31	32
11	5	9	31	36	26	4	9	40	40
12	3,5	12	36	32	27	2,5	16	46	36
13	3,5	12	40	36	28	3	12	50	40
14	4	9	36	32	29	5	9	31	40
15	3	12	40	32	30	4	12	31	36

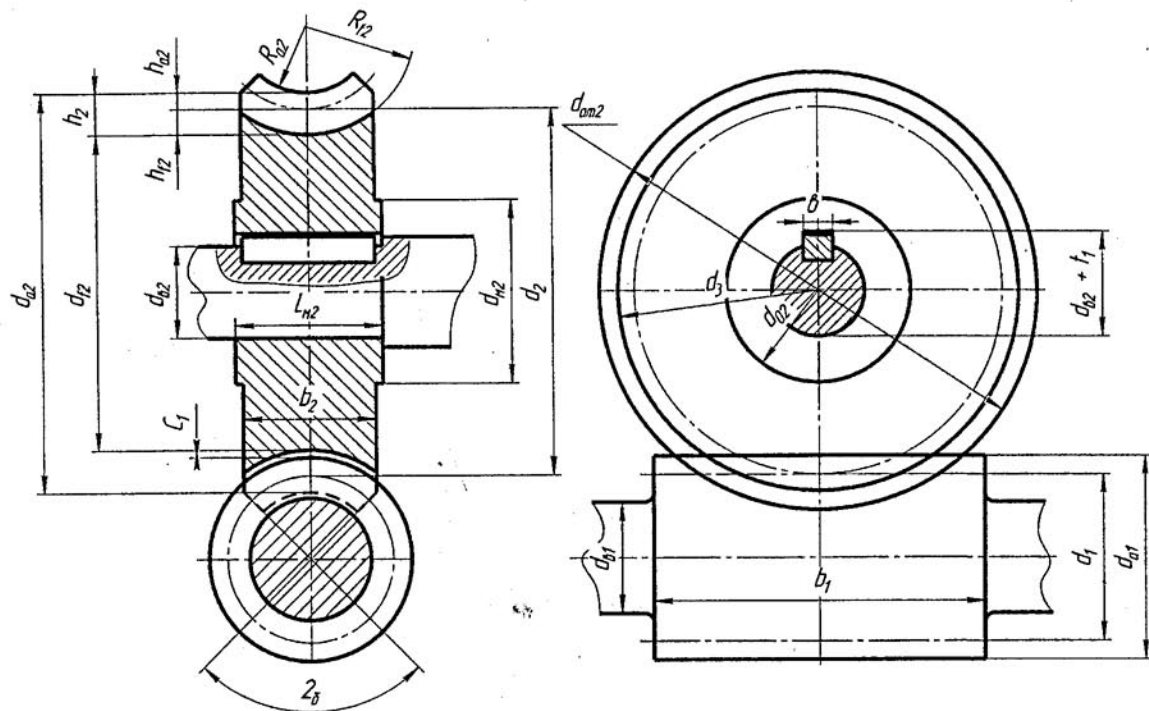


Рисунок В.2 – Конструктивні параметри черв'ячної передачі

Додаток Г
Конструктивні особливості зубчастих коліс

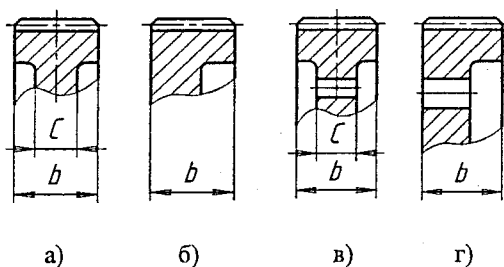


Рисунок Г.1 – Конструктивні особливості колеса

Таблиця Г.1 – Варіанти для вибору конструктивних особливостей колеса

№ вар.	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	№ вар.	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>
1	3	—	—	—	16	4	9	31	32
2	4	10	40	40	17	3,5	14	40	32
3	5	9	35	40	18	3,5	12	46	36
4	3,5	12	40	40	19	4	12	36	40
5	3	12	50	32	20	3	12	54	40
6	5	9	31	36	21	3	10	40	32
7	3	12	40	36	22	4	9	48	32
8	2,5	12	46	32	23	3	12	40	36
9	3	10	54	36	24	3	10	54	36
10	3	10	40	32	25	4	10	31	32
11	5	9	31	36	26	4	9	40	40
12	3,5	12	36	32	27	2,5	16	46	36
13	3,5	12	40	36	28	3	12	50	40
14	4	9	36	32	29	5	9	31	40
15	3	12	40	32	30	4	12	31	36

Додаток Д

Таблиця Д.1 – Шпонки призматичні (ГОСТ 23360–78)

Діаметр вала d	Розріз шпонки $b \times h$	Глибина шпонкового паза		Довжина шпонки		
		Вал t_1	Втулка t_2	від	до	Ряд довжин l
Від						
10 до 12	4×4	2,5	1,8	8	45	6, 8, 10, 12,
10 до 12	5×5	3,0	2,3	10	56	14, 16, 18,
12 до 17	6×6	3,5	2,8	14	70	20, 22, 25,
17 до 22						28, 32, 36,
22 до 30	8×7	4,0	3,3	18	90	40, 45, 50,
30 до 38	10×8	5,0	3,3	22	110	56, 63, 70,
38 до 44	12×8	5,0	3,3	28	140	80, 90, 100,
44 до 50	14×9	5,0	3,3	36	160	110, 125,
50 до 58	16×10	6,0	4,3	45	180	140, 160,
58 до 65	18×11	7,0	4,4	50	200	180, 200,
65 до 75	20×12	7,5	4,9	56	220	220, ..., 500.

Шпонки бувають трьох виконань. В умовному позначенні шпонок виконання 1 не вказують.

Запис

Шпонка 8×7×40 ГОСТ 23360–78

читається так: шпонка виконання 1, ширина $b=8$ мм, висота $h=7$ мм, довжина $l=40$ мм;

Шпонка 8×7×40 ГОСТ 23360–78

– та ж сама шпонка виконання 2.

Навчальне видання

**Буда Антоніна Героніївна
Обертюх Роман Романович
Архипчук Марія Романівна**

**РОЗРАХУНОК ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ І
ВИКОНАННЯ РОБОЧИХ КРЕСЛЕНИКІВ
ОСНОВНИХ ЛАНОК ЗУБЧАСТИХ
ЦИЛІНДРИЧНИХ, КОНІЧНИХ, ЧЕРВ'ЯЧНИХ І
ЛАНЦЮГОВИХ ПЕРЕДАЧ**

Навчальний посібник

Редактор Є. Плетньова

Оригінал-макет підготовлено А. Будую

Підписано до друку 22.07.2016 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 5,2.
Наклад 50 пр. Зам. № 2016-169.

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432) 59-87-36.
Свідомство суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-87-38.
publish.vntu.edu.ua; email: kivc.vntu@gmail.com.
Свідомство суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.