

К. П. Мсаллам, Т. К. Мурадян, Н. В. Перехрест

**ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ТА ГРАФІЧНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ.
ЦИЛІНДРИЧНЕ ЗУБЧАСТЕ ЗАЧЕПЛЕННЯ**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

К. П. Мсаллам, Т. К. Мурадян, Н. В. Перехрест

**ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ТА ГРАФІЧНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ.
ЦИЛІНДРИЧНЕ ЗУБЧАСТЕ ЗАЧЕПЛЕННЯ**

Навчальний посібник

Харків «ХАІ» 2024

УДК 744 (075.8)
М60

Рецензенти: канд. техн. наук, доц. Ж. В. Дейнеко,
канд. техн. наук, доц. Б. В. Ляшенко

Мсаллам, К. П.

М60 Геометричне моделювання та графічні інформаційні технології.
Циліндричне зубчасте зачеплення [Електронний ресурс] : навч. посіб.
/ К. П. Мсаллам, Т. К. Мурадян, Н. В. Перехрест. – Харків : Нац.
аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2024. –
87 с.

Подано розрахунок геометричних параметрів зубчастих коліс типових конструкцій, циліндричного зубчастого зачеплення, порядок конструювання циліндричного зубчастого колеса з використанням САПР SolidWorks. Наведено приклади робочих креслеників зубчастих коліс і складальних креслеників зубчастих зачеплень, а також усі необхідні довідкові матеріали.

Для студентів технічних спеціальностей усіх форм навчання.

Іл. 79. Табл. 23. Бібліогр.: 7 назв

УДК 744 (075.8)

© Мсаллам К. П., Мурадян Т. К.,
Перехрест Н. В., 2024

© Національний аерокосмічний
університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», 2024

ВСТУП

У сучасних умовах глобалізації техніко-економічних систем багато країн, зокрема економічно розвинені, змушені об'єднати свої зусилля в процесі розроблення й виготовлення складної унікальної техніки, що потребує значних фінансових ресурсів.

Необхідно зазначити, що кооперація в процесі виготовлення продукції авіабудування відбуватиметься не тільки в процесі складання шляхом кооперативних поставок комплектувальних деталей, вузлів, а й на стадії технічної підготовки виробництва. Уважається, що подібна кооперація є єдиною умовою досягнення вагомих успіхів на глобальних ринках найскладніших видів продукції.

Як відомо, така підготовка виробництва охоплює розроблення як технічного ескізного, так і робочого проектування. У зв'язку з цим ставляться особливі вимоги до якості розроблення всього комплексу конструкторської документації. Отже, виникає необхідність поліпшення якості підготовки фахівців, які працюють у галузі проектування й розроблення конструкторської документації, оволодіння ними технікою конструювання складної специфічної конструкторської документації й виготовлення робочих креслеників деталей, вузлів.

Необхідно враховувати й той факт, що розвиток ринку високих технологій, чи то в межах національних, господарських продукційних систем, чи то в міжнародних масштабах, пов'язаний з прагненням України знайти своє місце в міжнародній системі поділу праці; забезпечити умови для ефективної реалізації надійного економічного потенціалу, що, як свідчить практика передових країн світу, є одним із найважливіших ресурсів їх розвитку й подолання кризових ситуацій.

Виходячи з усього викладеного вище, мета цього навчального посібника полягає в тому, щоб забезпечити студентів необхідним підручним матеріалом для освоєння теми й виконання завдання «Циліндричні зубчасті передачі. Розрахунок геометричних параметрів і моделювання». Така активізація навчального процесу скоротить час і витрати на створення інших тем і розробок. Лаконічні приклади й рекомендації дають змогу студентам засвоїти тонкощі оформлення робочих креслеників деталей зубчастих зачеплень, що є необхідним у процесі розроблення й виготовлення складної техніки, особливо в період глобалізації техніко-економічних систем. Навчальний матеріал, викладений у цьому посібнику, відповідає правилам і вимогам ДСТУ 3321:2003, а також ГОСТів, дію яких не відмінено державним стандартом.

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Триланковий механізм, у якому дві рухомі ланки є зубчастими колісними шестірнями, що утворюють із нерухомою ланкою обертальну або поступальну пару, називають **зубчастою передачею**. Зубчасті передачі призначено для передавання обертання з одного вала на інший або для перетворення обертального руху на поступальний.

Зубчасте колесо передачі, що передає рух іншому колесу, називають **ведучим**. Зубчасте колесо передачі, якому передається рух ведучим колесом, називають **веденим**.

Зубчасте колесо передачі з малою кількістю зубів називають **шестірнею**. Зубчасте колесо передачі з великою кількістю зубів називають **колесом**. При однаковій кількості зубів ведуче колесо називають шестірнею, а ведене — колесом.

Зубчасті передачі набули найбільшого поширення в машинобудуванні завдяки таким перевагам:

- а) практично необмежена передавальна потужність;
- б) малі габарити й маса;
- в) стабільне передатне відношення;
- г) високий ККД, який становить у середньому 0,97...0,98.

Недоліком зубчастих передач є шум під час роботи на високих швидкостях, який, проте, можна зменшити шляхом застосування зубів відповідної геометричної форми й поліпшення якості оброблення профілів зубів.

При великих кутових швидкостях обертання рекомендується застосовувати косозубі шестерні, зуби яких входять у зачеплення плавно, що й забезпечує відносно безшумну роботу.

Недоліком косозубих шестерень є наявність осьових зусиль, що додатково навантажують підшипники. Цей недолік можна усунути, застосувавши здвоєні шестерні з рівноспрямованими спіралями зубів або шевронні шестерні. Останні, з огляду на високу вартість й труднощі виготовлення, застосовуються порівняно рідко — зазвичай лише для унікальних передач великої потужності.

При малих кутових швидкостях обертання застосовуються конічні прямозубі шестерні, а при великих — шестерні з круговим зубом, які нині замінили конічні косозубі шестерні, що застосовувалися раніше. Конічні гіпоїдні шестерні теж мають круговий зуб, однак осі коліс у них зміщені, що створює особливо плавну й безшумну роботу. Передатне відношення в зубчастих парах змінюється в широких межах, однак зазвичай дорівнює 3...5.

У зв'язку з великою кількістю різних умов експлуатації елементи зубчастих зачеплень і конструкції передач є дуже різноманітними.

Зубчасті передачі класифікують за певними ознаками.

1. **За взаємним розташуванням осей коліс** розрізняють передачі з паралельними осями (циліндричні передачі з прямими, косими й шевронними зубами, рис. 1.1, а–г); передачі з осями, що перетинаються (конічні передачі, рис. 1.1, д, е); передачі з мимобіжними осями (черв'ячні, рис. 1.1, ж); передачі з перетворенням руху (рейкові, рис. 1.1, и).

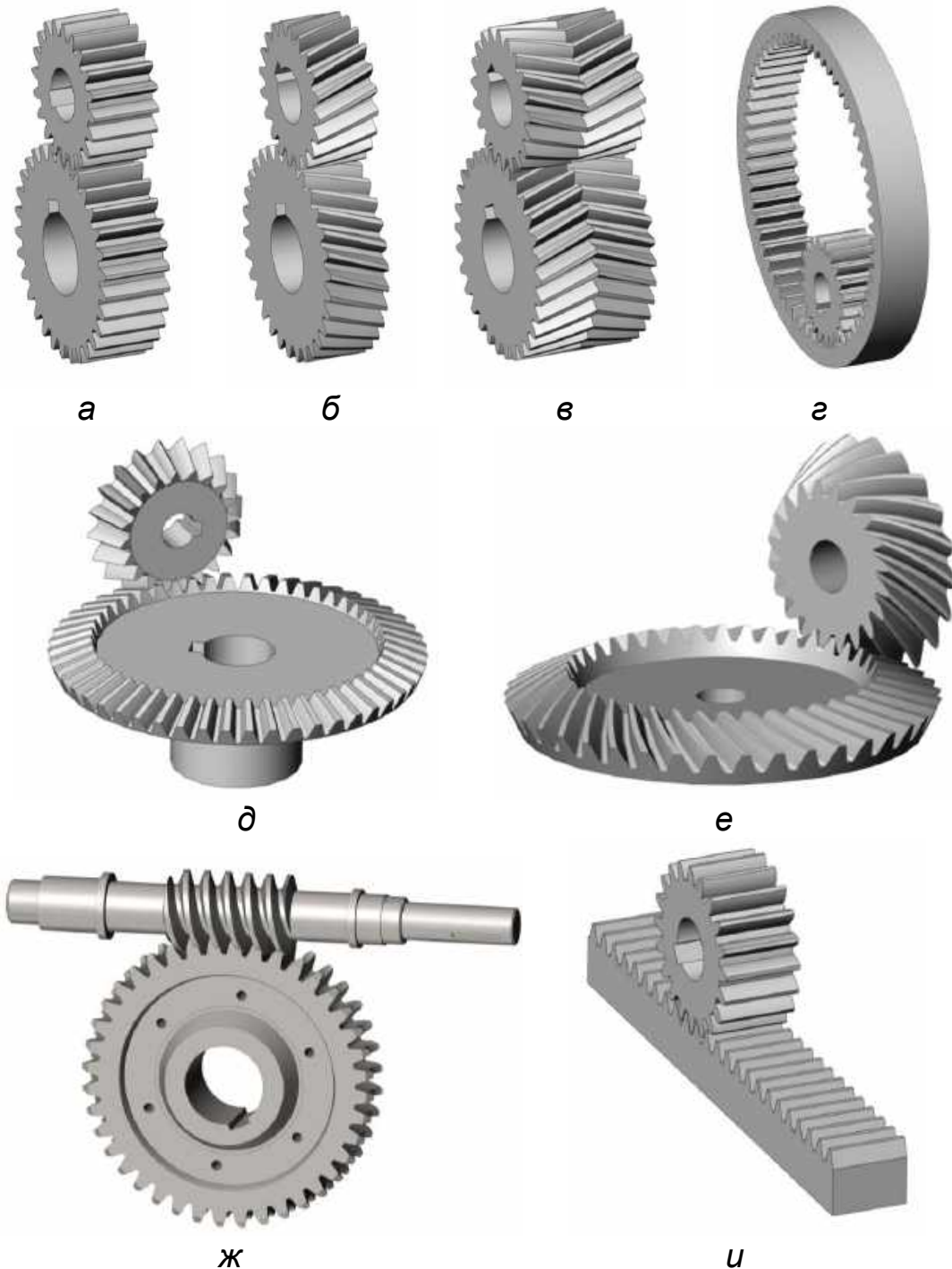


Рис. 1.1. Види зубчастих передач: а–в – циліндричні зубчасті передачі із зовнішнім зачепленням; г – циліндрична передача з внутрішнім зачепленням; д, е – конічні зубчасті передачі; ж – черв'ячна передача; и – рейкова передача

2. За розташуванням зубів у передачі та колесах розрізняють передачі із **зовнішнім** і **внутрішнім** зачепленням. У першому випадку (рис. 1.2, а) обертання коліс відбувається в протилежних напрямках, у другому (рис. 1.2, б) – в одному напрямку. Зубчасту передачу, у якій хоча б одна з осей коліс є рухомою, називають планетарною передачею (рис. 1.2, в).

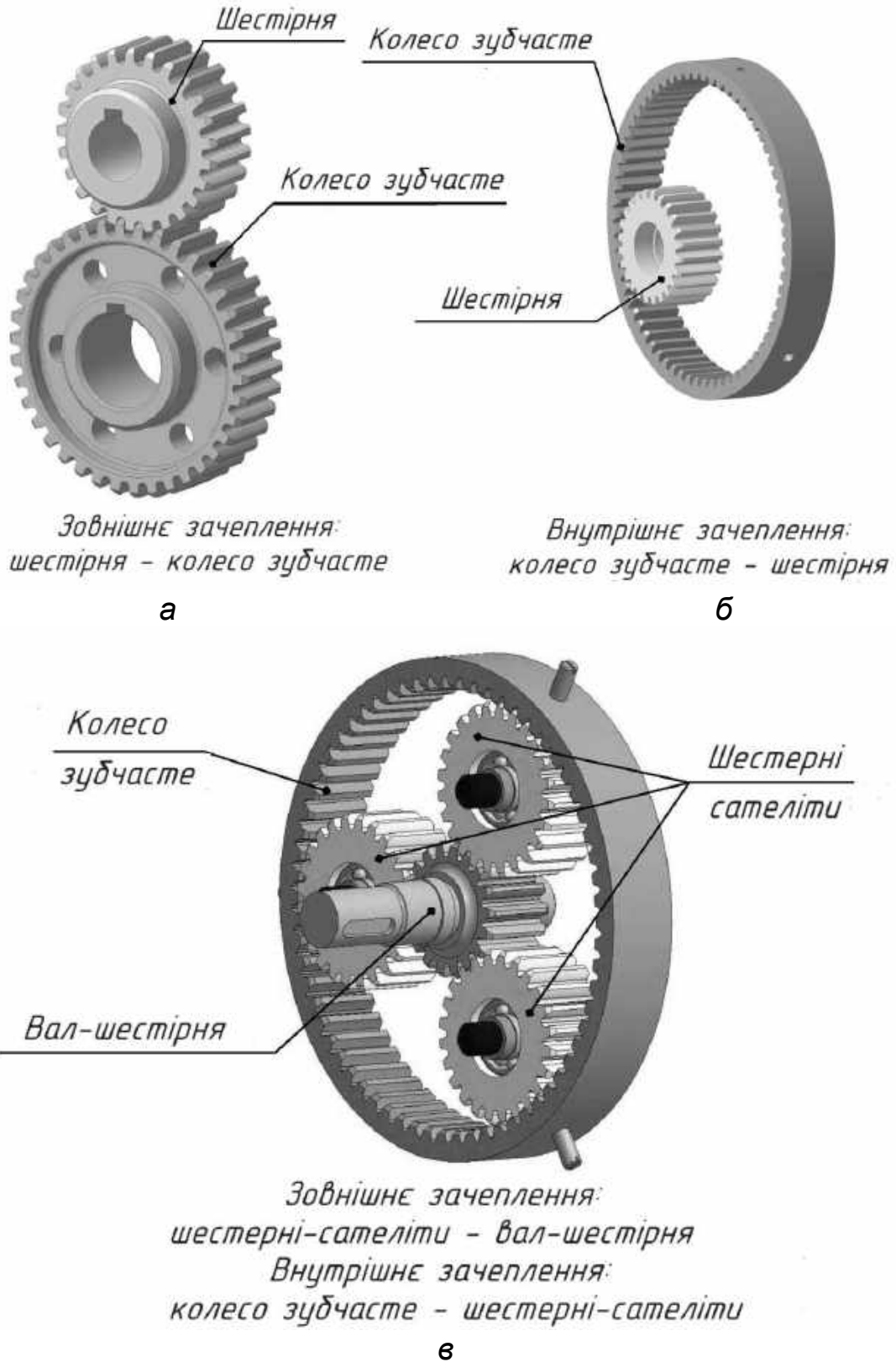


Рис. 1.2. Приклади зовнішнього та внутрішнього зачеплень

3. **За формою профілю зуба** розрізняють евольвентні (рис. 1.3) і неевольвентні (наприклад, циліндрична передача Новікова, зуби коліс якої окреслені дугами кола) передачі.

Бічні грані зубів, що стикаються одна з одною під час обертання коліс, мають спеціальну криволінійну форму, яку називають профілем зуба. Найпоширенішим у машинобудуванні є евольвентний профіль (див. рис. 1.3).

Геометрично евольвента – траєкторія точки дотичної, яка повертається під час руху точки дотику (точки 1–8, див. рис. 1.3) по іншій кривій.

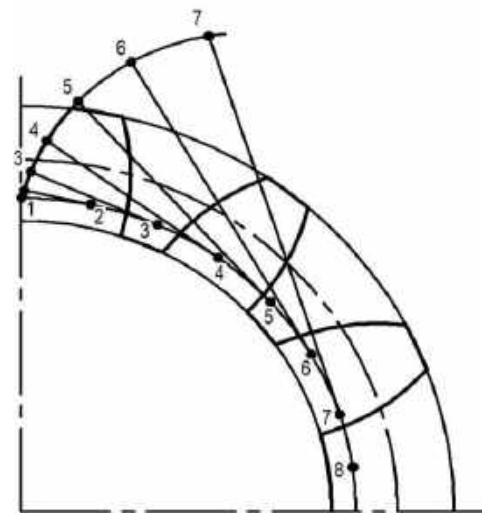


Рис. 1.3. Побудова евольвенти профілю зуба

Надання профілям зубів зубчастих зачеплень таких обрисів не є випадковістю. Евольвентний профіль зубів забезпечує в процесі роботи сталість передатного відношення.

4. **За розташуванням зубів відносно твірних коліс** розрізняють такі передачі: прямозубі (поздовжня вісь зуба є паралельною до твірної поверхні колеса (див. рис. 1.1, а)); косозубі (поздовжня вісь зуба спрямована під кутом до твірної поверхні колеса (див. рис. 1.1, б)); шевронні (зуб виконано у формі двох косозубих коліс із зустрічним нахилом осей зубів (див. рис. 1.1, в)); з круговим зубом (вісь зуба виконано по колу відносно твірної поверхні колеса).

5. **За напрямком** косозубі передачі бувають праві та ліві.

6. **За конструктивним оформленням** бувають відкриті (безкорпусні) і закриті (корпусні) передачі. Конструктивно зубчасті передачі здебільшого виконують закритими в загальному жорсткому герметичному корпусі, що забезпечує високу точність складання й захист від забруднення. Лише тихохідні передачі ($V < 3$ м/с) з колесами значних розмірів, нерідко вбудовані в конструкцію машини (наприклад, у механізмах повороту підйомних кранів, столів верстатів), виготовляють відкритими.

7. **За коловою швидкістю** зубчасті передачі класифікують так: тихохідні (до 3 м/с); для середніх швидкостей (3...15 м/с); швидкохідні (понад 15 м/с).

8. **За кількістю ступенів** розрізняють одно- і багатоступінчасті зубчасті передачі.

У цьому посібнику розглянемо такі зубчасті передачі: **циліндричні, прямозубі, евольвентні, зовнішні.**

2. ЦИЛІНДРИЧНІ ЗУБЧАСТІ КОЛЕСА ЗОВНІШНЬОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ

Зубчасту передачу з паралельними осями, поверхні коліс якої по діаметру виступів є циліндричними, називають **циліндричною**.

Циліндрична зубчаста передача здійснюється циліндричними зубчастими колесами, зуби яких розташовані на циліндричній поверхні.

Циліндричні зубчасті колеса бувають прямозубими, косозубими, з шевронними зубами (рис. 2.1).

Циліндрична зубчаста передача, яка складається з двох або декількох пар циліндричних зубчастих коліс, застосовується для передавання обертання від одного вала до іншого.

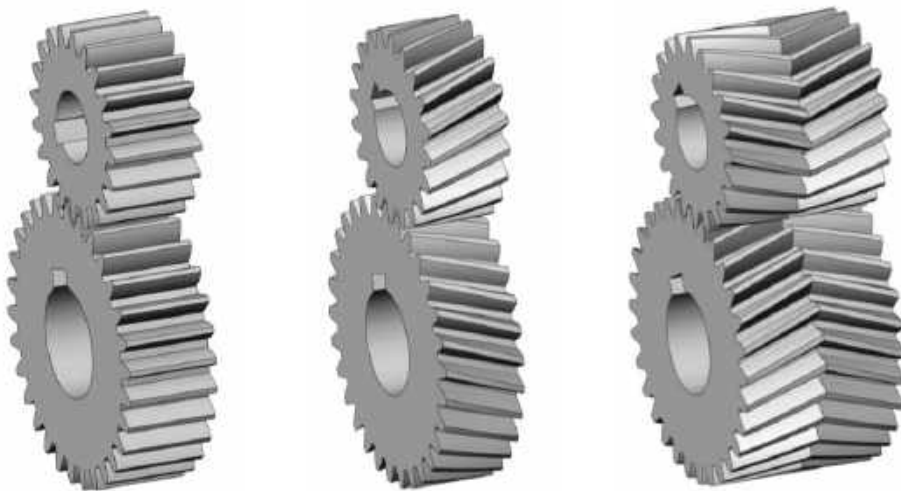


Рис. 2.1. Циліндричні зубчасті колеса

При всій конструктивній різноманітності (рис. 2.2) усі шестірні (зубчасті колеса) мають стандартний зубчастий вінець, геометричні параметри якого (висота й товщина зубів, діаметри вершин і западин тощо) розраховуються за стандартними формулами. Таким чином, досягається їх взаємозамінність.

2.1. Основні геометричні параметри зубчастих коліс

Основним елементом зубчастих коліс є зуби, а основним параметром зубчастих коліс є модуль. *Модуль* — це довжина діаметра ділильного кола, яка припадає на один зуб колеса. У стандартах визначено ряд чисел модулів. Витяг з ДСТУ ISO 54–2001 наведено в додатку (див. табл. Д.1).

Під час розрахунку зубчастої передачі конструктор визначає основні параметри коліс (рис. 2.3): *модуль m* і *кількість зубів z* , за якими розраховує розміри зубчастих вінців (табл. 2.1).

Розміри інших конструктивних елементів зубчастих коліс можна визначити за співвідношеннями, виведеними під час розрахунку й конструювання зубчастих коліс.

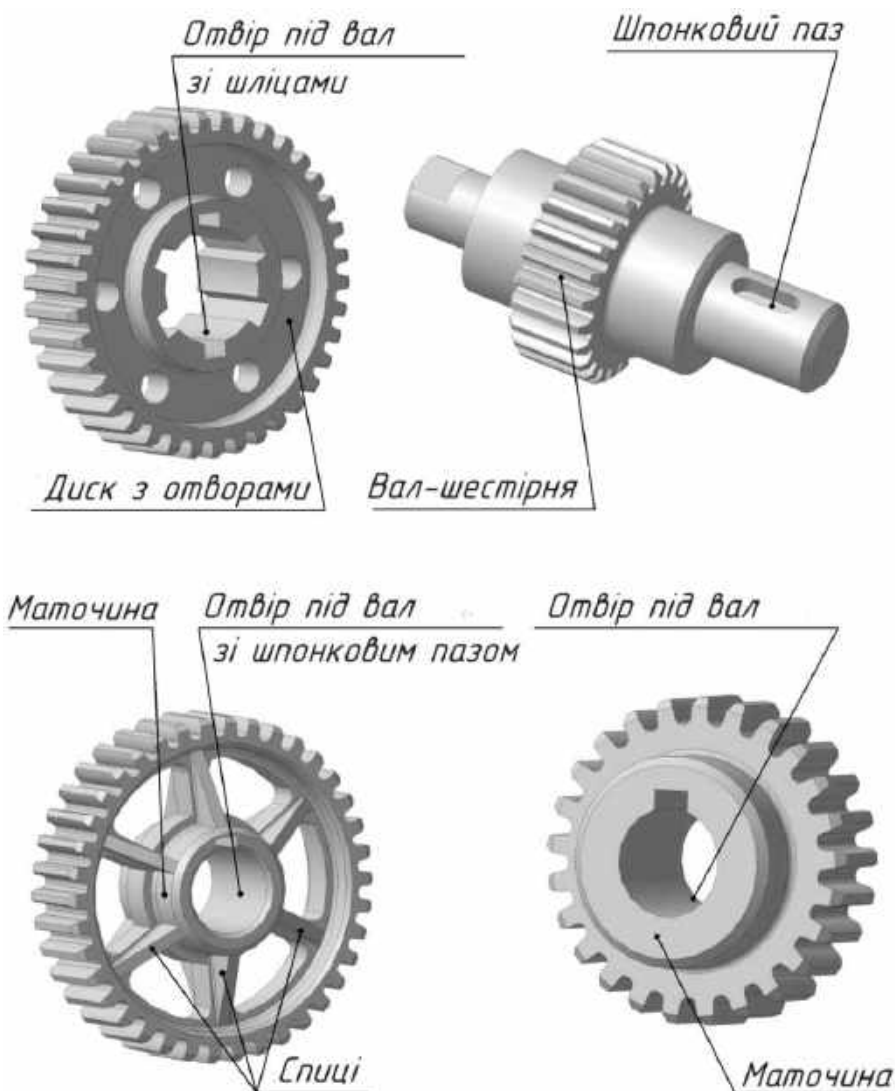


Рис. 2.2. Типові конструкції зубчастих коліс

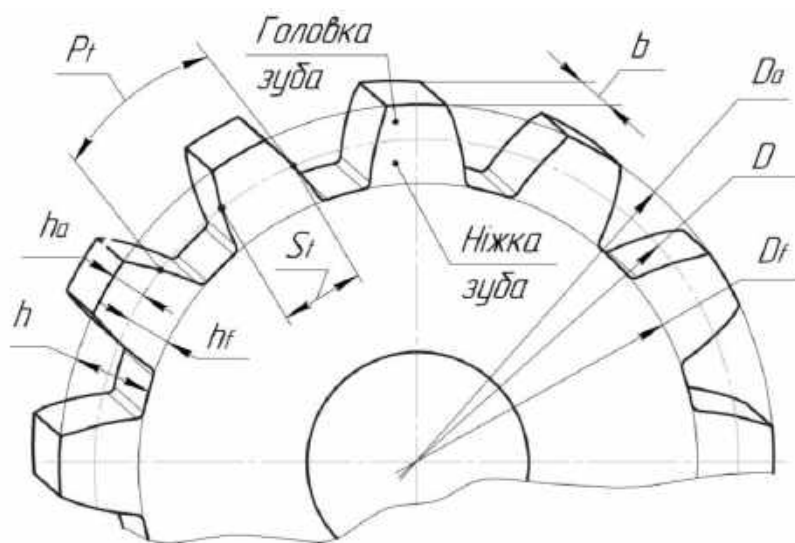


Рис. 2.3. Основні геометричні параметри зубчастих коліс

Основні геометричні параметри зубчастих коліс

Найменування	Позначення	Формула
Кількість зубів	z	–
Модуль	m	$m = D_a / (z + 2); m = D / z$
Ділильний діаметр	D	$D = mz$
Висота головки зуба	h_a	$h_a = m$
Висота ніжки зуба	h_f	$h_f = 1,25m$
Діаметр виступів (вершин) зубів	D_a	$D_a = D + 2h_a = m(z + 2)$
Діаметр западин зубів	D_f	$D_f = D - 2h_f = m(z - 2,5)$
Ділильний коловий крок зубів	P_t	$P_t = m\pi$
Колова товщина зуба	S_t	$S_t = 0,5 P_t = 0,5\pi m$
Ширина вінця	b	$b = (6 \dots 8)m$

Ділильними колами d пари зубчастих коліс називають дотичні кола, які котяться одне по одному без ковзання. У зачепленні (у передачі) ці кола є сплученими.

Коловий крок зубів P_t , мм, – відстань між однойменними профільними поверхнями сусідніх зубів.

Відношення P_t / π називають *модулем зубчастого зачеплення m* . Діаметр ділильного кола можна виразити через модуль і кількість зубів: $d = mz$. Звідси $m = d / z$.

Значення модулів для всіх передач – величини стандартизовані (ГОСТ 9563–80).

Висота головки зуба h_a – відстань між ділильним колом колеса й колом вершин зубів.

Висота ніжки зуба h_f – відстань між ділильним колом колеса та колом западин.

Висота зуба h – відстань між колами вершин зубів і западин циліндричного зубчастого колеса: $h = h_a + h_f$.

Діаметр кола вершин зубів d_a – діаметр кола, що обмежує вершини головок зубів.

Діаметр кола западин зубів d_f – діаметр кола, що проходить через основи западин зубів.

Під час конструювання механізму конструктор розраховує величину модуля m для зубчастої передачі і, округливши її, підбирає модуль за таблицею стандартизованих величин. Потім він визначає величини інших геометричних елементів зубчастого колеса.

2.2. Додаткові геометричні параметри зубчастих коліс

Циліндричне зубчасте колесо малого діаметра зазвичай має форму суцільного циліндра з отвором для встановлення на вал. При більшому діаметрі конструкції масивними виконуються тільки обід і маточина (втулка) з отвором для вала. Інша частина колеса являє собою тонкий диск з отворами (або без отворів). Диск може виконуватися з ребрами жорсткості (рис. 2.4, табл. 2.2).

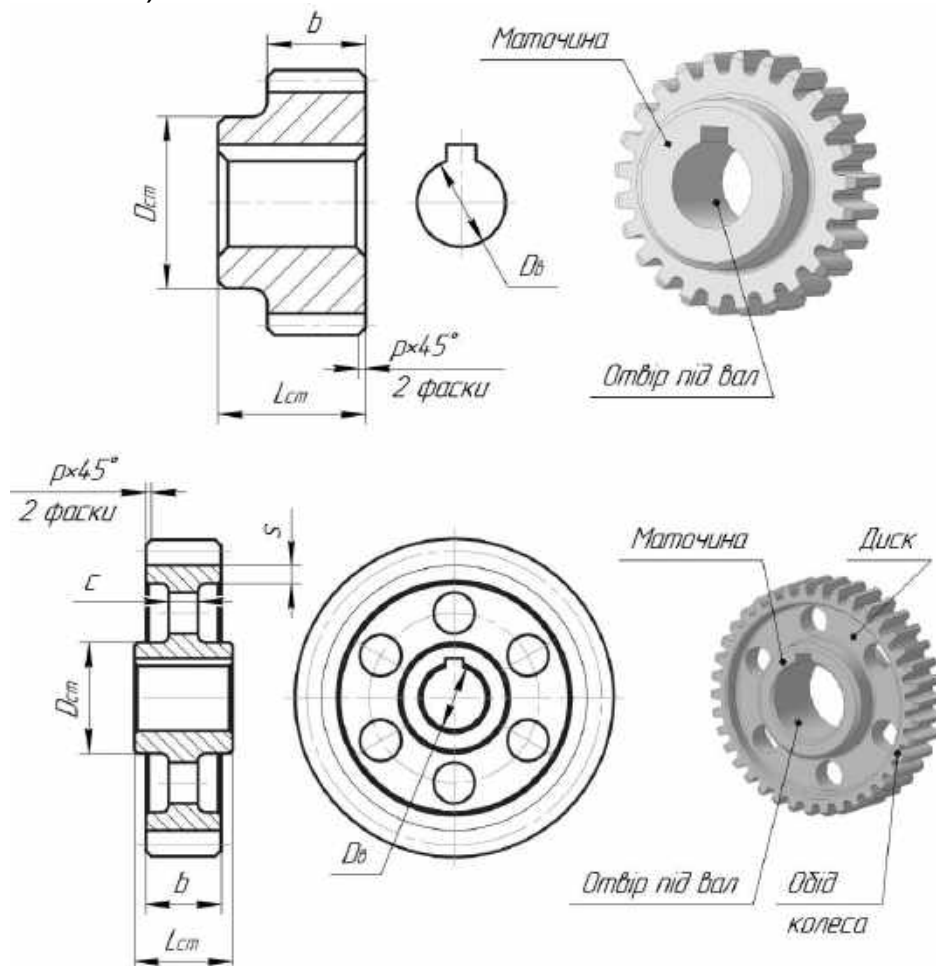


Рис. 2.4. Додаткові геометричні параметри зубчастих коліс

Таблица 2.2

Додаткові геометричні параметри зубчастих коліс

Найменування	Позначення	Формула
Діаметр вала	D_b	$D_b = D_a / 3$
Довжина маточини	L_{cm}	$L_{cm} = (1,5 \dots 1,2) D_b$
Діаметр маточини	D_{cm}	$D_{cm} = (1,5 \dots 1,7) D_b$
Ширина торців зубчастого вінця	S	$S = 2,2m + 0,05b$
Товщина диска	c	$c = (0,25 \dots 0,4)b$
Діаметр, який визначає розташування отворів у диску	b	$b = (6 \dots 8)m$
Діаметр отворів у диску	p	$p = 0,5m$

Приклади робочих креслеників зубчастих коліс типових конструкцій показано на рис. 2.5, 2.6.

2.3. Приклад розрахунку параметрів циліндричного прямозубого колеса

Параметри прямозубого колеса (табл. 2.3) розраховувалися за такими вихідними даними:

- 1) модуль колеса: $m = 2$ мм;
- 2) кількість зубів колеса: $z = 25$.

Таблиця 2.3

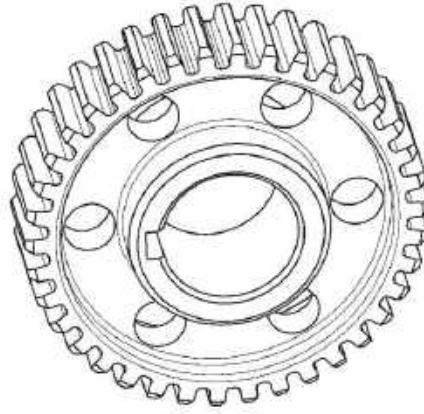
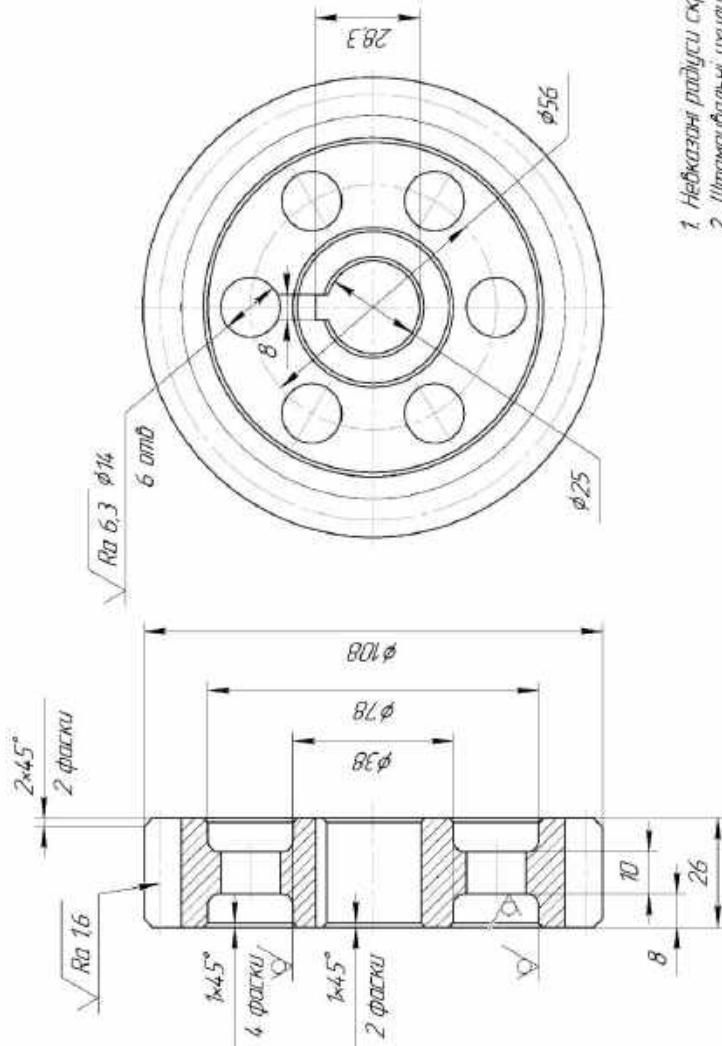
Розрахунок параметрів циліндричного прямозубого колеса

Найменування	Позначення	Формула	Приклад розрахунку
Кількість зубів	z	—	25
Модуль	m	m	2
Ділильний діаметр	D	$D = mz$	50
Висота зуба	h	$h = 2,25m$	4,5
Висота головки зуба	h_a	$h_a = m$	2
Висота ніжки зуба	h_f	$h_f = 1,25m$	2,5
Діаметр виступів (вершин) зубів	D_a	$D_a = m(z + 2)$	54
Діаметр западин зубів	D_f	$D_f = m(z - 2,5)$	45
Ділильний коловий крок зубів	P_t	$P_t = m\pi$	6,28
Колова товщина зуба	S_t	$S_t = 0,5P_t$	3,14
Ширина западин	e	$e = 0,5P_t$	3,14
Ширина вінця	b	$b = (6...8)m$	$6 * 2 = 12$
Діаметр вала	D_δ	$D_\delta = D_a/3$	18
Діаметр маточини	D_{cm}	$D_{cm} = (1,6...1,8)D_\delta$	$1,6 * 18 \approx 29$
Довжина маточини	L_{cm}	$L_{cm} = 1,5D_\delta$	$1,5 * 18 = 27$
Товщина вінця	δ_1	$\delta_1 = (2,5...4)m$	5
Товщина диска	δ_2	$\delta_2 = (3...3,5)m$	7
Діаметр, який визначає розташування отворів у диску	D_1	$D_1 = 0,5(D_k + D_{cm})$ $D_k = D_f - 2\delta_1$	32 35
Діаметр отворів у диску	D_0	$D_0 = D_k - D_{cm}/3$	2

406060100001

$\sqrt{Ra\ 3,2}$

Модуль	<i>m</i>	4
Кількість зубів	<i>z</i>	25
Діаметр діаметр	<i>D</i>	100
Колода	<i>Si</i>	6.28
Позначення креслення сполученого колеса		406.06.0100.02



- Невказані радіуси скруглень 2...4 мм.
- Штампувальні ухили 7°.

406.06.0100.01		Литера	Маса	Максимум
Колесо зубчасте		<i>u</i>		11
Сталь 10 ДСТУ 7809:2015		Аксони	Аксони	
		ХАІ, каф. 406		
		Формат А3		

Рис. 2.5. Робочий креслений зубчастого колеса

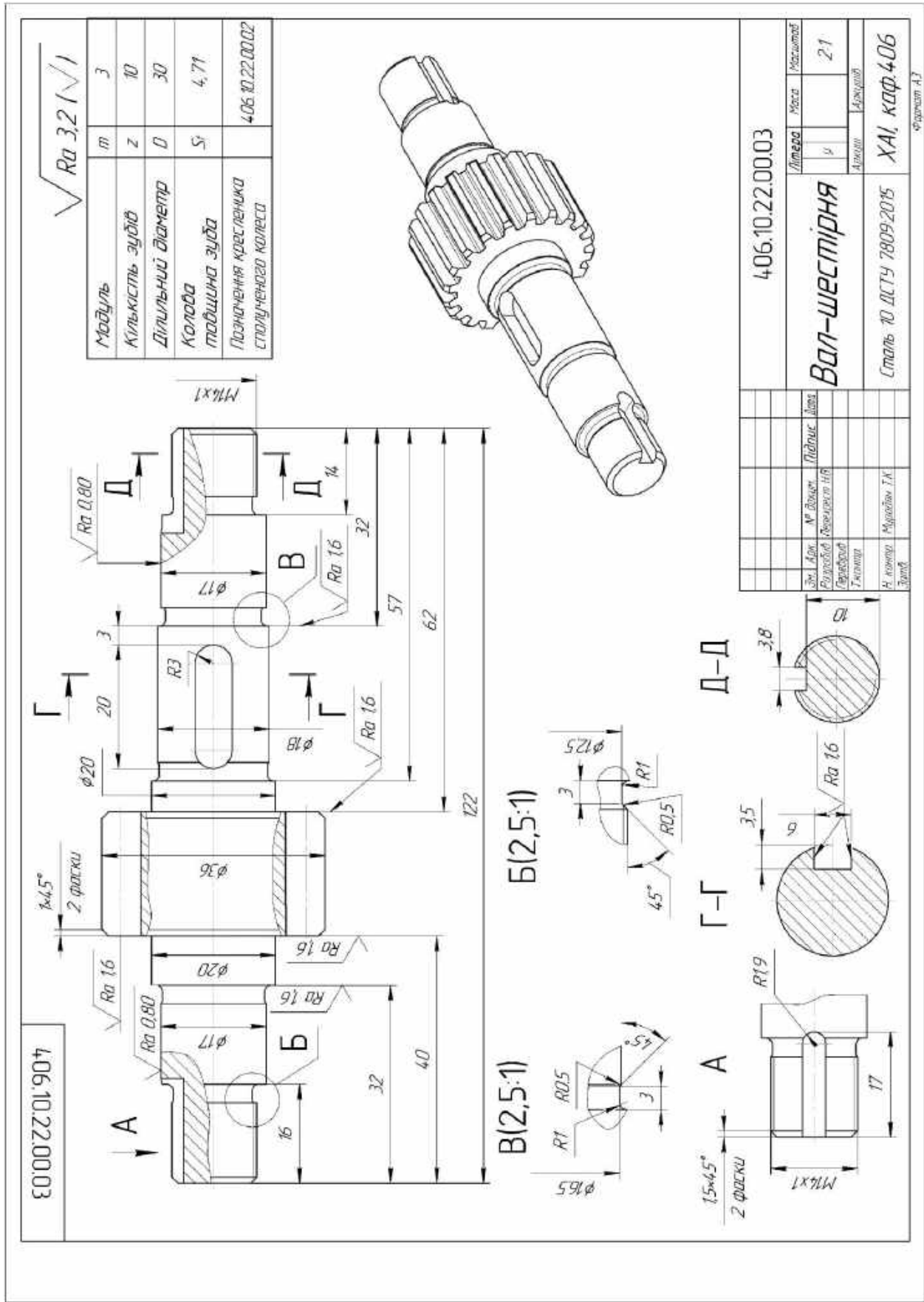


Рис. 2.6. Робочий кресленник вала-шестірні

3. ЗУБЧАСТЕ ЗАЧЕПЛЕННЯ

Циліндричну зубчасту передачу утворюють два зубчастих колеса, які перебувають у зачепленні. Менше колесо, яке звичайно є ведучим, називають шестірнею, більше – зубчастим колесом.

! Обидва колеса повинні мати однаковий модуль і однакові геометричні розміри зубів.

Щоб накреслити передачу, треба знати не тільки формули геометричного розрахунку зубчастого колеса, а й формули конструктивного розрахунку елементів колеса – маточини, обода й диска.

Основними параметрами зубчастого зачеплення (рис. 3.1) є:

- **передатне число u** , що дорівнює відношенню кількості зубів колеса до кількості зубів шестірні;
- **міжосьова відстань зачеплення a_w** , що дорівнює півсумі ділильних діаметрів шестірні та колеса.

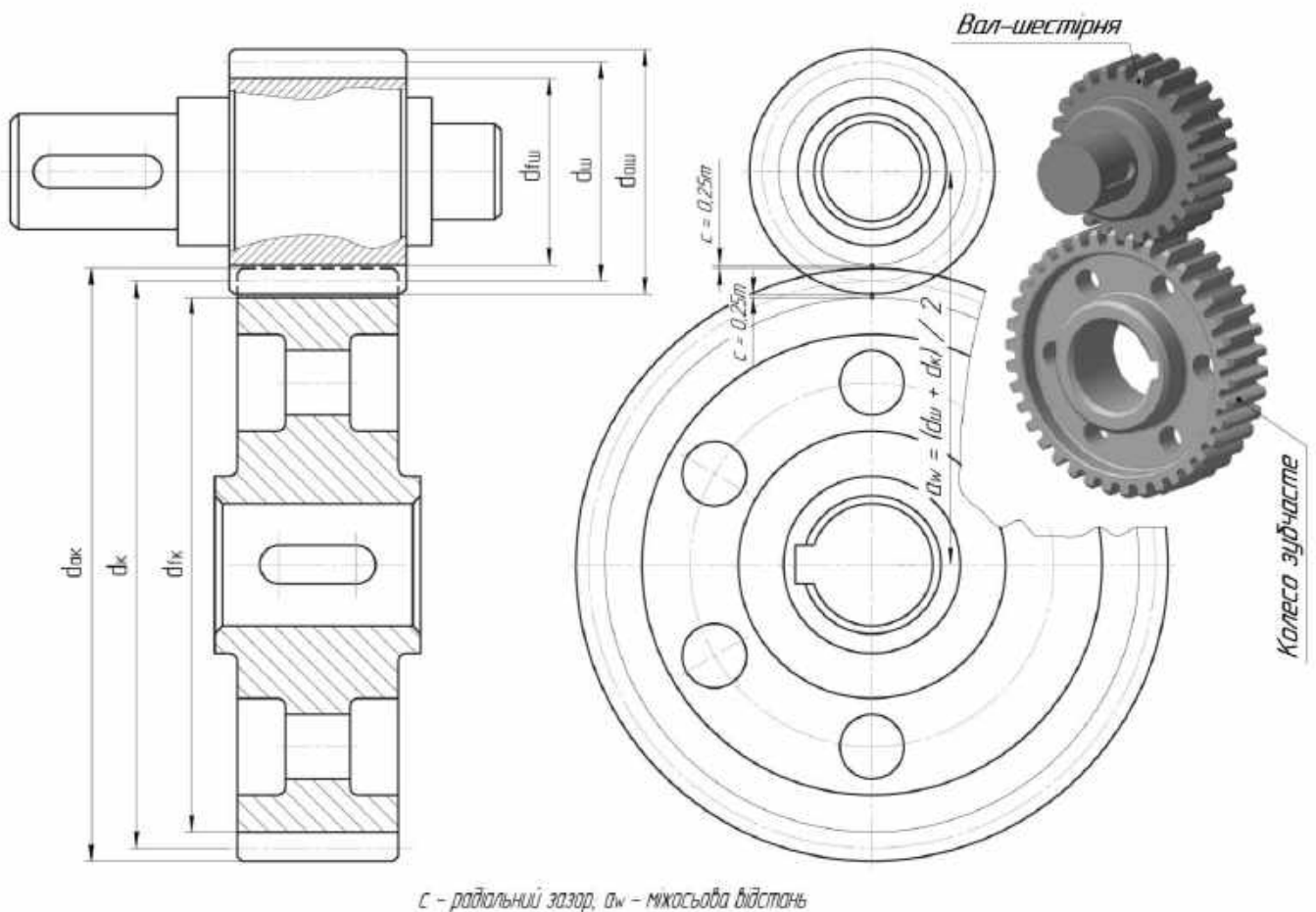


Рис. 3.1. Основні параметри зовнішнього циліндричного зубчастого зачеплення

4. ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ «ЗАЧЕПЛЕННЯ ЗУБЧАСТЕ»

4.1. Конструкторські документи

Перелік конструкторських документів:

1. Ескіз деталі «Шестірня» на папері в клітинку формату А4.
2. Робочий кресленик деталі «Шестірня» на ватмані формату А4.
3. Складальний кресленик зубчастого зачеплення на ватмані формату А3.
4. Специфікація до складального кресленика на бланку формату А4.

4.2. Опис конструкції шестірні

У цьому завданні виконується ескіз прямозубої циліндричної евольвентної шестірні (рис. 4.1).

Для збільшення площі контакту поверхонь вала і шестірні та для збільшення міцності з'єднання «вал – шестірня» у конструкції передбачено маточину.

Для передавання обертання від вала до шестірні використовується шпонка, тому в тілі шестірні виконується шпонковий паз.

З гострих кромek на зубчастому вінці, на маточині, в отворі під вал знято фаски (усього п'ять фасок). Між маточиною й диском шестірні виконано скруглення (галтель).

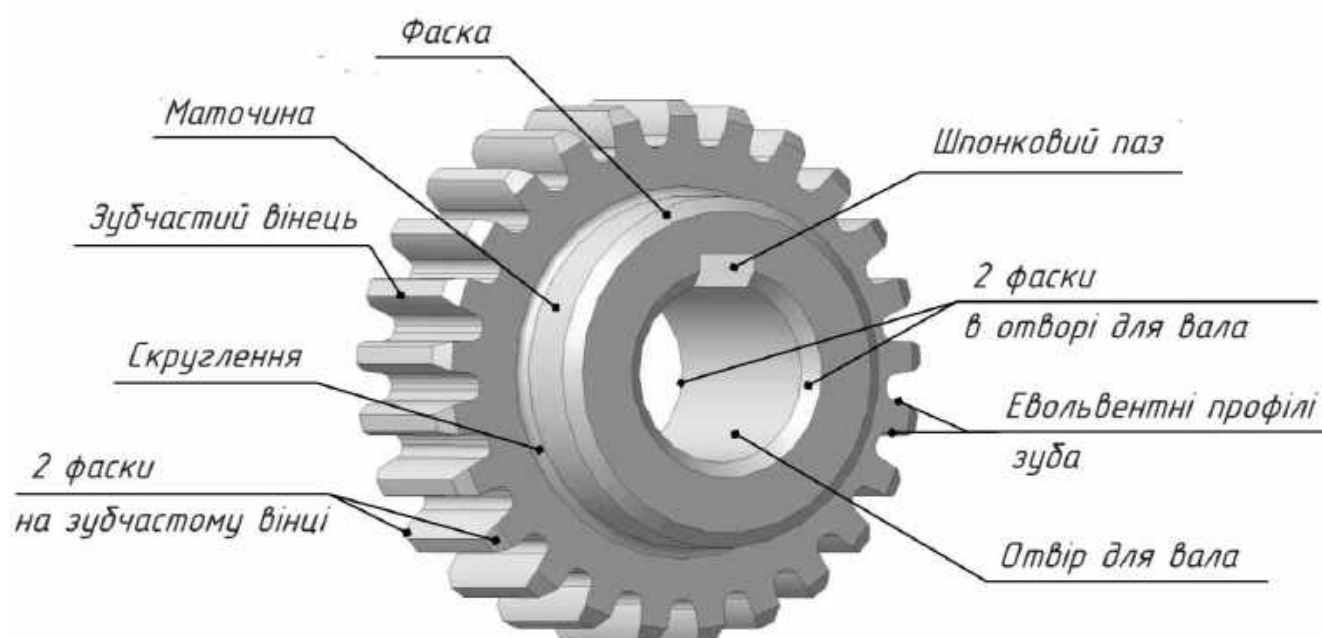


Рис. 4.1. Конструктивні елементи шестірні

Циліндричну поверхню, що відокремлює зуби від тіла зубчастого колеса, називають поверхнею западин, а поверхню, яка обмежує зуби з боку, протилежного до тіла зубчастого колеса, – поверхнею вершин.

Циліндричну поверхню зубчастого колеса, яка є базовою для визначення елементів зубів та їх розмірів, називають ділильною поверхнею.

Частина зуба між поверхнею вершин зубів і ділильною поверхнею колеса – це головка зуба, а частина зуба між ділильною поверхнею й поверхнею западин – ніжка зуба (рис. 4.2).

Розміри, які описують ці параметри: h_a – висота головки зуба; h_f – висота ніжки зуба; $h = h_a + h_f$ – висота зуба.

Відповідно до зазначених поверхонь розрізняють кола, що лежать у торцевому перерізі зубчастого колеса: ділильне коло d , коло вершин d_a , коло западин d_f .

Відстань між однойменними профілями сусідніх зубів по дузі ділильного кола називають коловим ділильним кроком P_t . Товщина зуба по ділильному колу S_t дорівнює ширині западини, а також половині ділильного кроку.

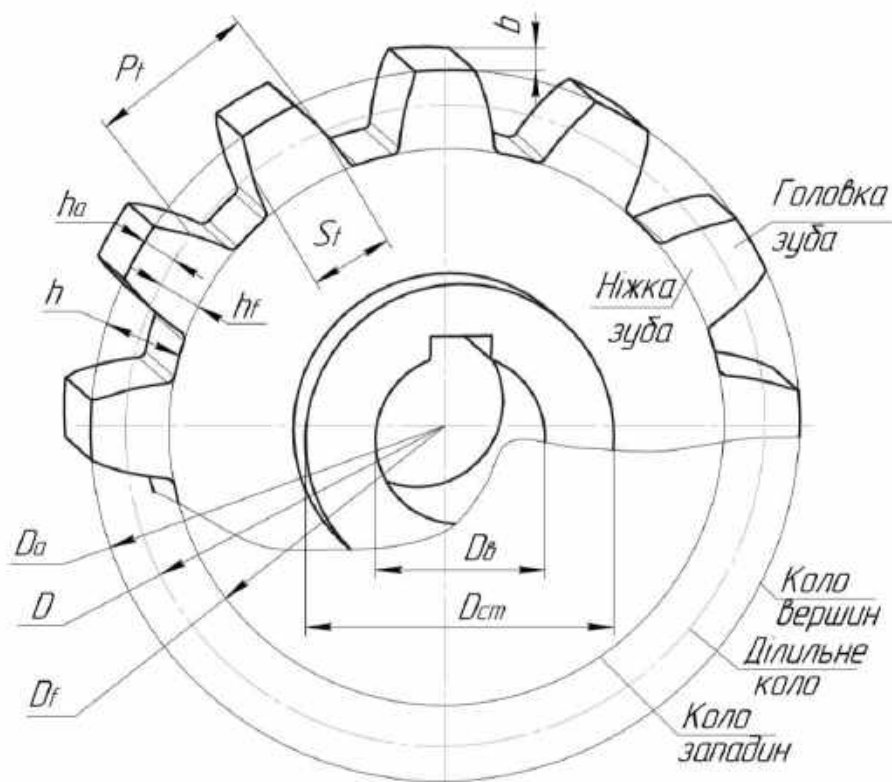


Рис. 4.2. Конструктивні елементи та геометричні параметри шестірні

4.3. Розрахунок параметрів шестірні й зубчастого колеса

Студент має розрахувати параметри типових конструктивних елементів за вихідними параметрами згідно зі своїм варіантом, виконати ескіз шестірні й проставити необхідні розміри.

Для виконання завдання необхідно вивчити положення стандарту, що встановлює загальні терміни, визначення та позначення зубчастих передач (ГОСТ 16532–70), стандарту, що встановлює правила умовних зображень зубчастих коліс і зубчастого зачеплення (ГОСТ 23360–78), а також стандарту, що встановлює розміри, позначення та правила зображення шпонкових з'єднань із призматичними шпонками (ГОСТ 23360–78).

Під час виконання ескізу циліндричного зубчастого колеса з **натури** слід виміряти зовнішній діаметр шестірні d_a та підрахувавши кількість зубів z , визначити модуль у міліметрах (мм): $m = d_a/(z+2)$.

Можливо, що отримане значення модуля дещо відрізнятиметься від стандартного (див. ГОСТ 9563–60, його можна знайти в будь-якому довіднику або підручнику з креслення) (табл. 4.1). Тоді слід вибрати найближче значення стандартного модуля й перерахувати d_a .

Інші розміри, необхідні для креслення (і виготовлення) шестірні, визначають за формулами (див. табл. 2.1–2.3). Отримані під час розрахунку вільні розміри необхідно звести до відповідності нормальним лінійним розмірам (ГОСТ 6636–69).

Таблиця 4.1

Стандартні значення модулів

Числові значення модуля m , мм	Крок змінення, мм
0,3 ; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1	0,1
1 ; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,25; 2,5; 2,75; 3	0,25
3 ; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6	0,5
6 ; 7; 8; 9; 10; 11; 12	1
12 ; 14; 16; 18; 20; 22	2
22 ; 25; 28	3

4.4. Виконання ескізу й робочого кресленника шестірні

Ескіз шестірні виконують на аркуші в клітинку стандартного формату А4 без масштабу ($n:1$) з приблизним дотриманням співвідношень розмірів.

Числові значення розмірів на ескізі (як і на креслениках, виконаних у масштабі) мають відповідати дійсним розмірам деталі.

Попередньо необхідно передбачити місце на робочому полі кресленика для основного напису, додаткової графі та таблиці параметрів зубчастого вінця в правому верхньому кутку кресленика. Розміри граф таблиці параметрів зубчастого вінця показано на рис. 4.3.

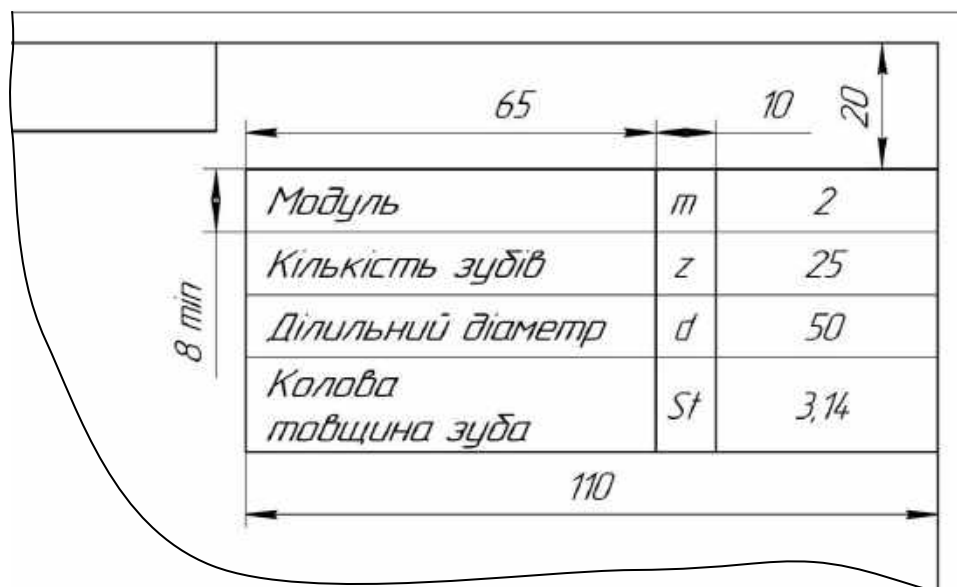


Рис. 4.3. Таблиця параметрів зубчастого вінця

На ескізі шестірню креслять у двох виглядах (головному і вигляді зліва) з деякими умовностями.

Вісь головного вигляду шестірні завжди розташовують паралельно до основного напису. На головному вигляді виконують простий фронтальний розріз. Причому незалежно від кількості зубів, що потрапили в площину розрізу, зображають два зуби та їх умовно не заштриховують.

На вигляді зліва зображують тільки контур отвору для вала зі шпонковим пазом. Кола вершин і западин зубів, ділильне коло зубів, коло маточини не показують (на відміну від складального кресленика зачеплення, де всі ці кола кресляться).

Умовне зображення циліндричних зубчастих коліс виконують за ГОСТ 2.402–68:

1. Коло і твірні поверхні вершин зубів показують суцільною основною лінією на всіх зображеннях.

2. Коло і твірні поверхні западин зубів у розрізах і перерізах показують суцільною основною лінією. На виглядах їх дозволяється показувати суцільною тонкою лінією.

3. Ділильне і початкове кола та твірні поверхонь ділильних і початкових циліндрів зображують тонкою штрих-пунктирною лінією на всіх виглядах і розрізах колеса.

4. Зуби зубчастих коліс креслять лише в осьових розрізах; на інших зображеннях показують тільки поверхню їх вершин. Коли треба показати профіль зуба, рекомендується накреслити його у вигляді виносного елемента або показати на обмеженій ділянці деталі.

Етапи створення ескізу шестірні

1-й етап (рис. 4.4):

- накреслити рамку, основний напис, додаткову графу;
- накреслити за розмірами й частково заповнити таблицю параметрів зубчастого вінця (назви параметрів і позначення);
- накреслити осі для двох виглядів (тип ліній – осьова);
- накреслити контур головного вигляду.

2-й етап (рис. 4.5):

- на головному вигляді накреслити діаметр западин зубів та осьовими лініями – ділильний діаметр;
- на головному вигляді накреслити три зовнішні фаски на зубчастому вінці й маточині та зовнішнє скруглення (галтель) на переході від маточини до зубчастого вінця;
- заповнити таблицю параметрів.

3-й етап (рис. 4.6):

- накреслити на вигляді зліва коло отвору під вал і шпонковий паз;
- накреслити на головному вигляді отвір під вал і шпонковий паз, особливо звертаючи увагу на проєкційний зв'язок з раніше накресленим виглядом зліва;
- зобразити дві внутрішні фаски в отворі під вал.

4-й етап (рис. 4.7):

- навести зображення основними лініями й заштрихувати розріз.

5-й етап (рис. 4.8):

- відповідно до раніше зроблених розрахунків параметрів шестірні (див. рис. 4.1) проставити необхідні розміри;
- проставити значення шорсткості поверхонь (за ГОСТ 2789–73);
- заповнити основний напис і додаткову графу.

Робочий кресленик шестірні виконується на ватмані аналогічно до етапів створення ескізу, але креслярським інструментом із застосуванням масштабу до зображуваної деталі.

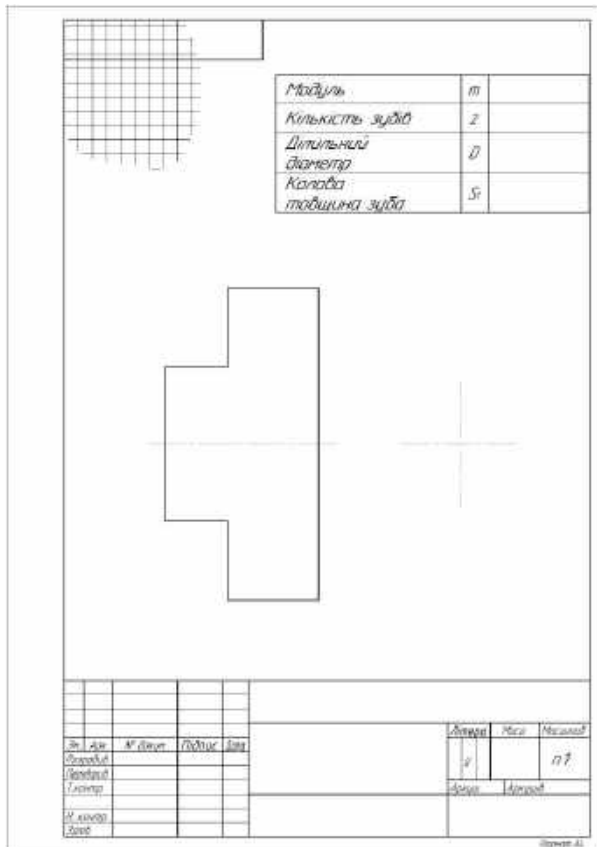


Рис. 4.4. Перший етап виконання ескізу шестірни

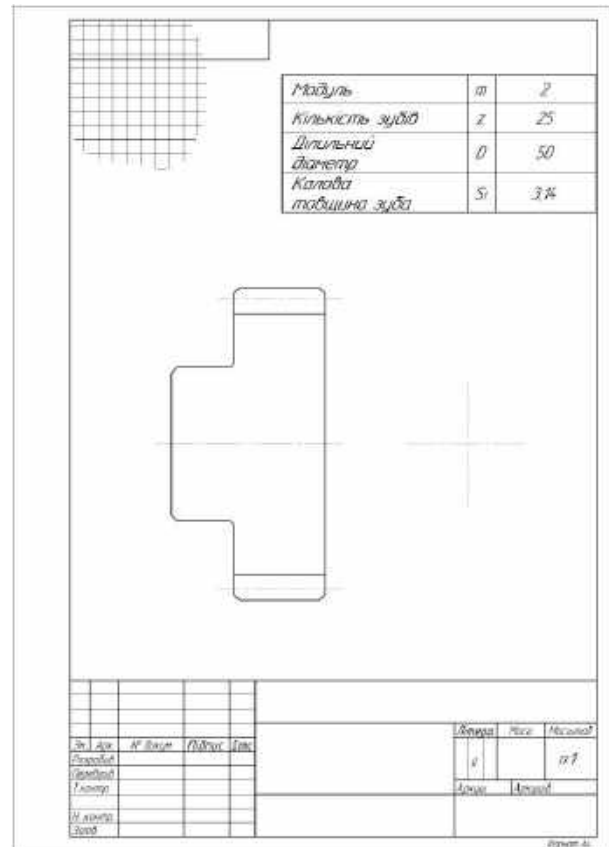


Рис. 4.5. Другий етап виконання ескізу шестірни

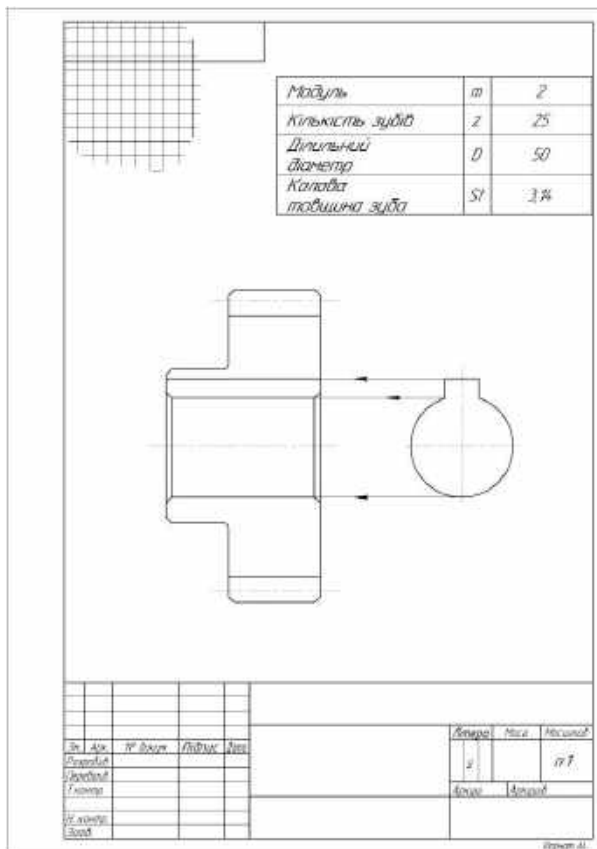


Рис. 4.6. Третій етап виконання ескізу шестірни

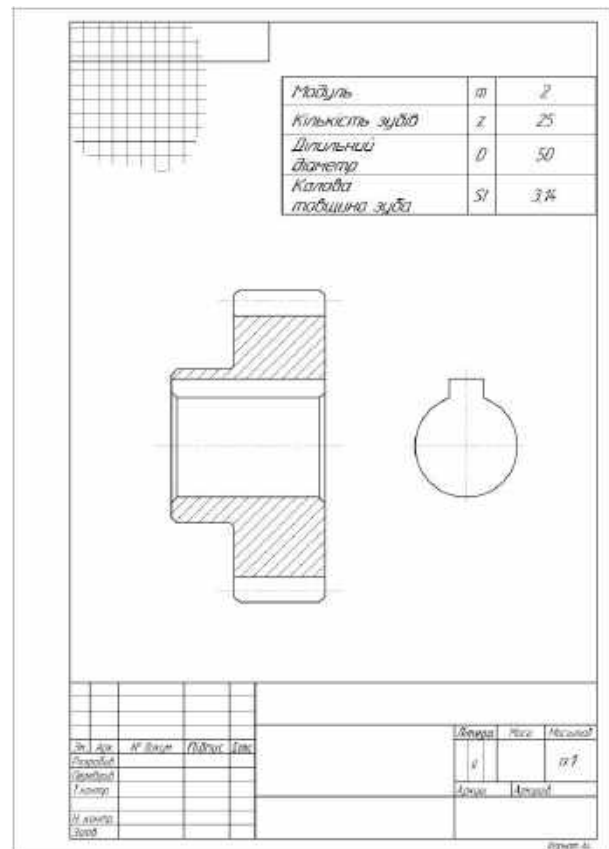
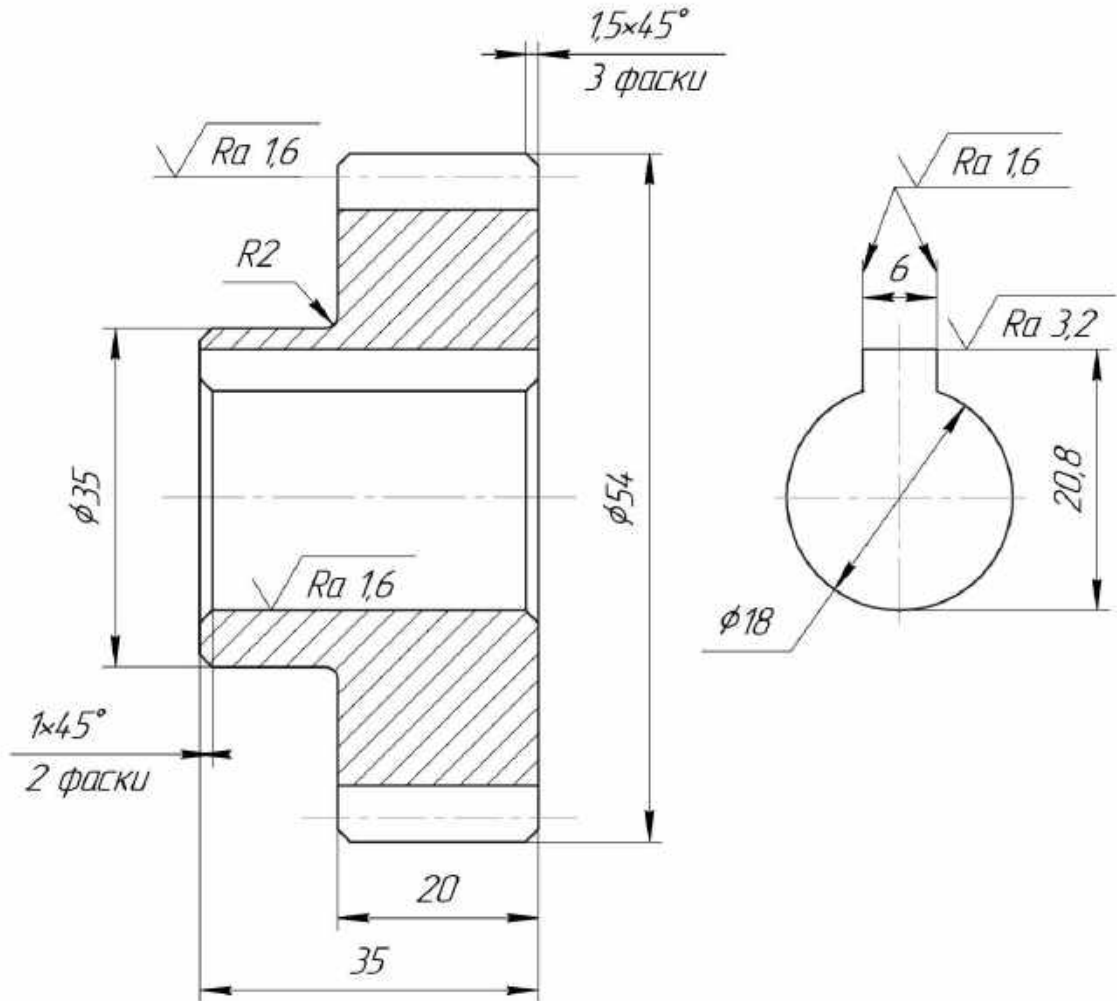


Рис. 4.7. Четвертий етап виконання ескізу шестірни

10'00'10'90'907

$\sqrt{Ra\ 6,3\ (\checkmark)}$

Модуль	<i>m</i>	2
Кількість зубів	<i>z</i>	25
Ділильний діаметр	<i>D</i>	50
Колова товщина зуба	<i>S_t</i>	3,14



					406.06.01.00.01			
Зм.	Арк.	№ вакцм.	Підпис	Дата	Шестірня	Літера	Маса	Масштаб
Розробив		Перехрест Н.В.				у		2:1
Перевірив						Аркцш	Аркцшд	
Т.контр.								
Н. контр.		Мурадян Т.К.			Сталь 10 ДСТУ 7809:2015			ХАІ, каф.406
Затв.								

Формат А4

Рис. 4.8. Ескіз шестірні

4.5. Опис конструкції зубчастого зачеплення

У цьому завданні розглядається зовнішнє циліндричне прямозубе зачеплення (рис. 4.9). Деталь з меншою кількістю зубів називають шестірнею, а з більшою – колесом зубчастим (у разі зменшення кількості обертів).

Кількість зубів зубчастого колеса визначають залежно від заданого викладачем передатного числа зачеплення.

Конструкції шестірні й колеса зубчастого в цьому завданні є практично однаковими. Відмінність полягає в розмірах пазів під шпонки, тому що з'єднання «вал – шестірня» здійснюється за допомогою призматичної шпонки, а з'єднання «вал – колесо зубчасте» – за допомогою сегментної шпонки.

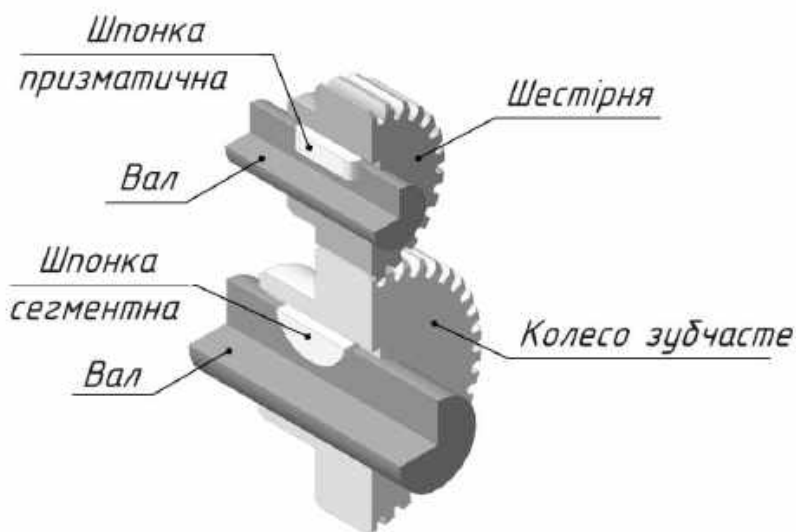


Рис. 4.9. Зовнішнє циліндричне зубчасте зачеплення

Для шестірні й зубчастого колеса абсолютно однаковими є параметри, що визначають розміри зубів (модуль, висота ніжки зуба, висота головки зуба, колова товщина зуба, ділильний коловий крок зубів).

! Ширину зубчастого вінця шестірні беруть більшою за ширину зубчастого вінця колеса на величину модуля.

4.6. Виконання складального кресленка зубчастого зачеплення з двома валами й двома шпонками (призматичною й сегментною)

Складальний кресленик виконують на ватмані формату А3, специфікацію до складального кресленка – на стандартному бланку формату А4 (ГОСТ 2.108–68).

Циліндричну передачу рекомендується показувати у двох зображеннях: поздовжній фронтальний розріз на вигляді спереду і на вигляді зліва. Розміри на кресленку слід наносити, як показано на рис. 4.17.

Насамперед визначають масштаб, у якому виконуватиметься складальний кресленик, з огляду на міжосьову відстань і значення діаметрів вершин зубів шестірні й колеса. На рис. 4.17 міжосьова відстань дорівнює 63 мм; діаметр вершин зубів шестірні – 54 мм; діаметр вершин зубів колеса – 80 мм.

Слід звернути увагу на спрощення, зроблені на складальному кресленнику: не показано фаски та скруглення на зубчастих колесах.

1-й етап (рис. 4.10):

– осьовими лініями накреслити осі шестірні й колеса, задавши міжосьову відстань;

– накреслити кола шестірні й колеса: ділильні кола – осьовими лініями, кола вершин – основними; кола западин – тонкими; особливу увагу звернути на взаємне розташування цих кіл і на графічне зображення радіального зазору;

! Ділильні кола шестірні й колеса торкаються в точці, що лежить на міжосьовій лінії. Кола вершин і западин у зоні зачеплення утворюють радіальний зазор $0,25m$ (рис. 4.11, 4.12).

! При коефіцієнті зміщення, що дорівнює нулю, початкове коло збігається з ділильним.

– на головному вигляді накреслити контури шестірні та колеса; за розмірами – довжини маточин і ширину вінця шестірні та колеса (див. рис. 4.10).

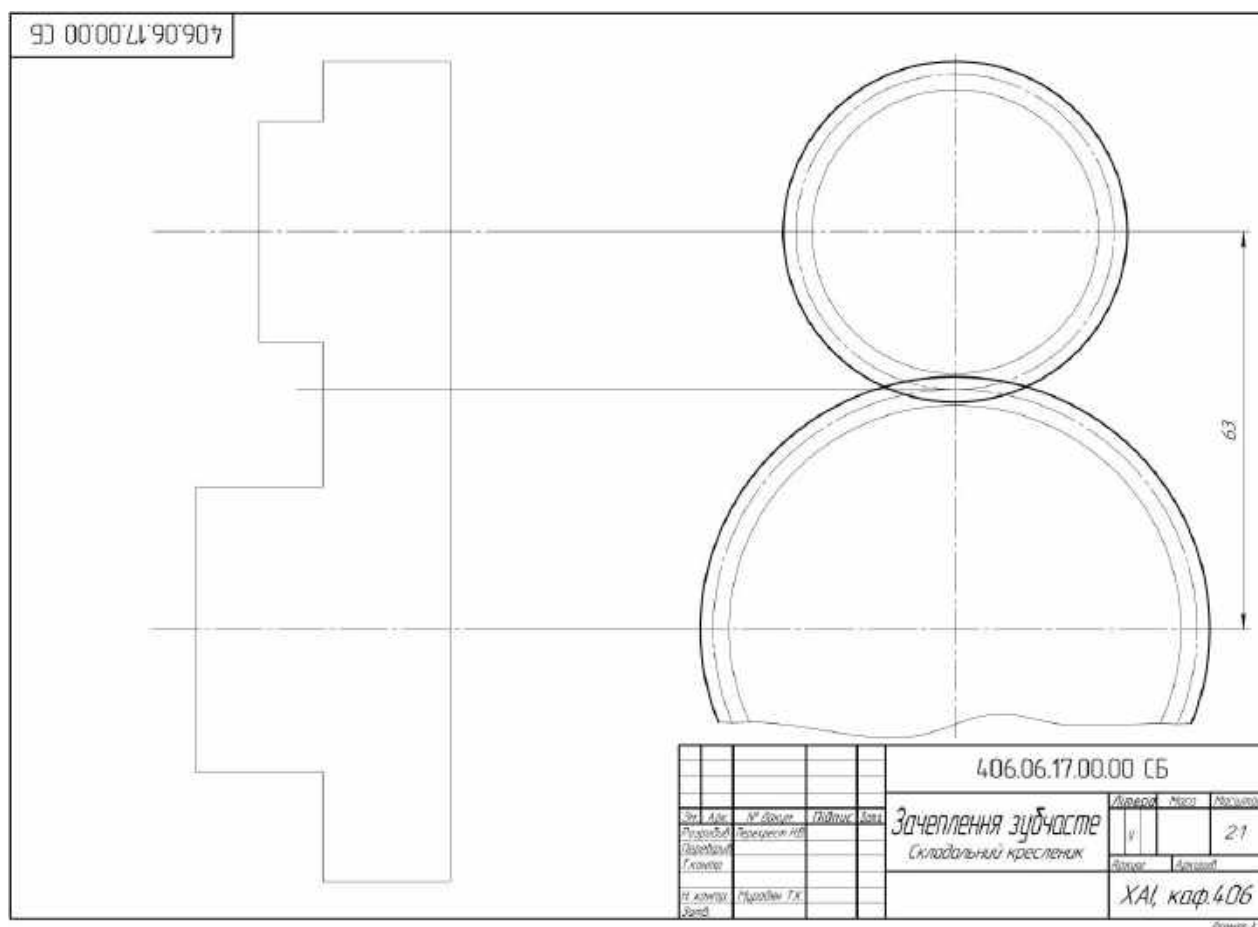


Рис. 4.10. Перший етап виконання складального кресленника зачеплення

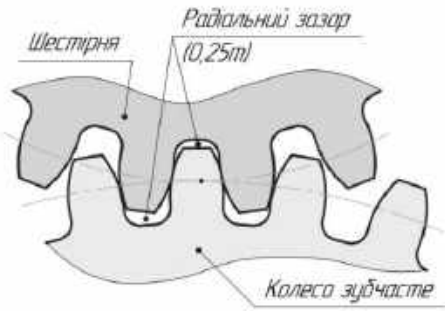


Рис. 4.11. Радіальний зазор

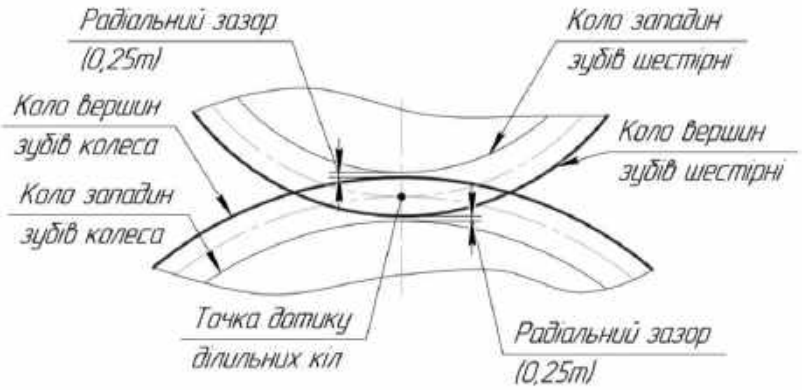


Рис. 4.12. Радіальний зазор на кресленнику (вигляд зліва)

2-й етап (рис. 4.13):

– на головному вигляді зобразити в розрізі зуби колеса й шестірни; у місці зачеплення зуб ведучого колеса зображають перед зубом веденого колеса, і тому твірну поверхню вершин меншого (ведучого) колеса наведено суцільною основною лінією, а більшого (веденого) – штриховою (рис. 4.13, 4.14);

– на обох виглядах накреслити контури валів (див. рис. 4.13).

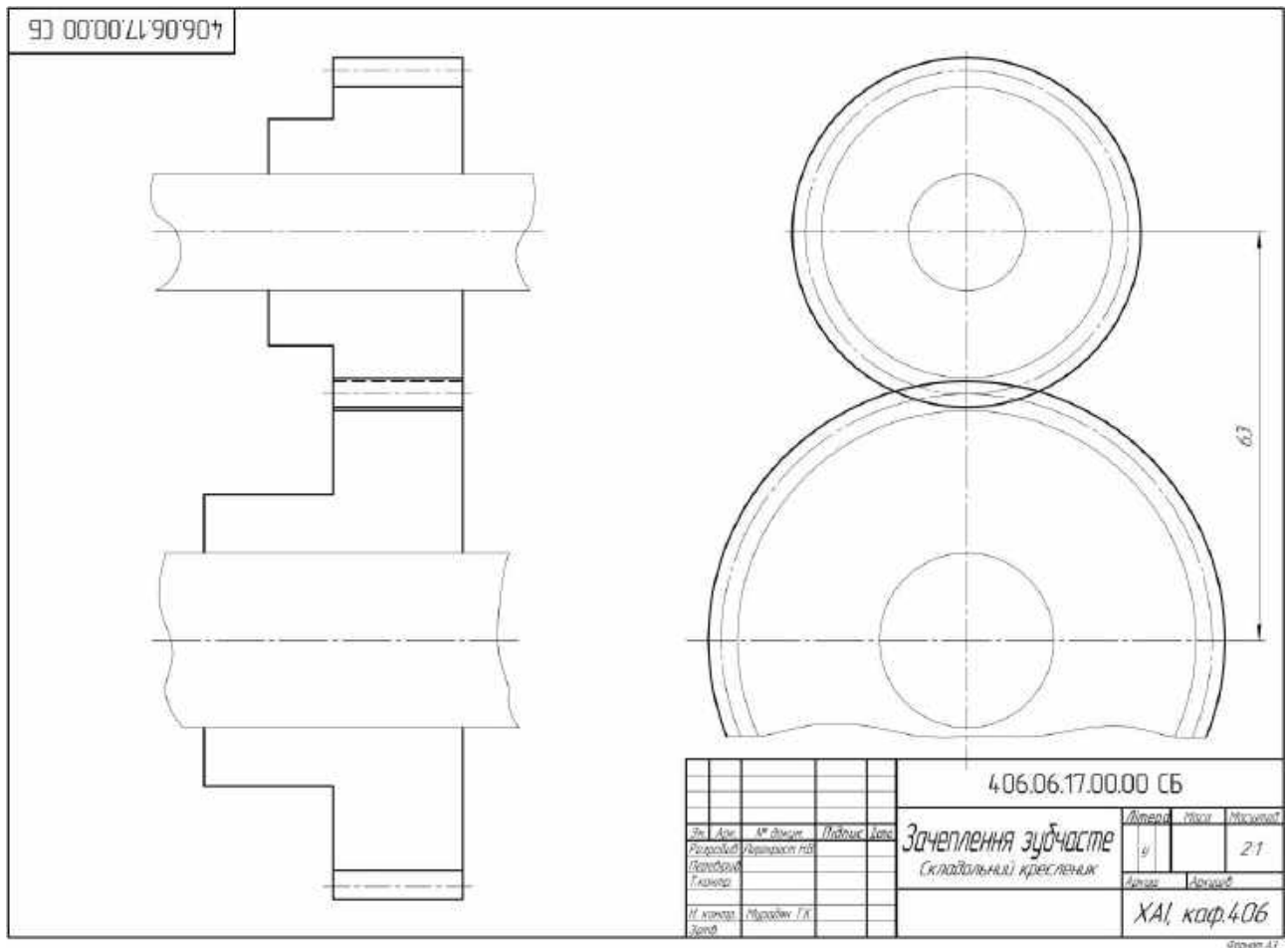


Рис. 4.13. Другий етап виконання складального креслення зачеплення

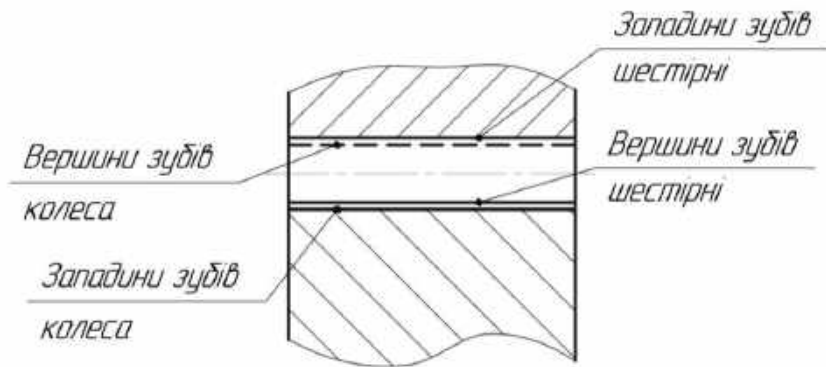


Рис. 4.14. Радіальний зазор на кресленнику (головний вигляд)

3-й етап (рис. 4.15):

- у з'єднанні «вал – шестірня» накреслити призматичну шпонку на двох виглядах (розміри за ГОСТ 23360–78);
- у з'єднанні «вал – колесо зубчасте» накреслити сегментну шпонку на двох виглядах (розміри за ГОСТ 24071–97).

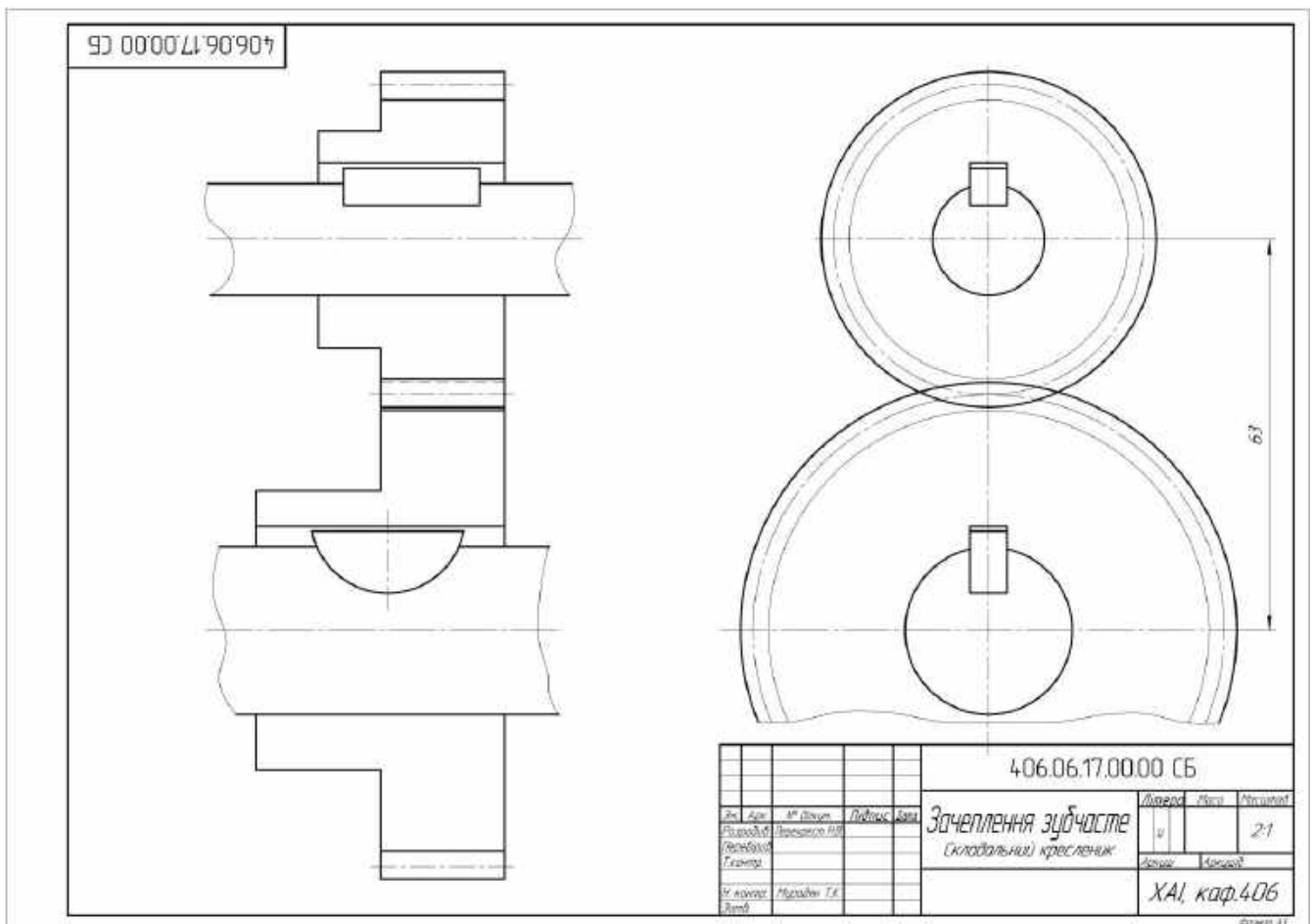


Рис. 4.15. Третій етап виконання складального кресленника зацеплення

4-й етап (рис. 4.17):

- проставити необхідні розміри;
- заштрихувати деталі;

! На кресленнику для однієї й тієї самої деталі на всіх виглядах застосовують один тип штрихування.

- заповнити бланк специфікації (рис. 4.18);
- позначити позиції (за ГОСТ 2.109–68) відповідно до специфікації;

! Номери позицій розташовують паралельно до основного напису поза контуром зображень і групують їх у рядок або колонку на одній лінії.

- заповнити основний напис.

Примітка. На вимогу викладача на складальному кресленнику зубчастого зачеплення з'єднання «вал – шестірня» виконують з призматичною шпонкою, а з'єднання «вал – колесо зубчасте» – за допомогою прямобічного шліцьового з'єднання (див. рис. 4.16). У цьому випадку на вигляді зліва виконують простий розріз. Також на полі кресленника розташовують умовне позначення шліцьового з'єднання. Якщо виконується такий варіант складального кресленника, то й на кресленнику, і в специфікації наявними є п'ять позицій (рис. 4.19, 4.20): 1 – шестірня, 2 – колесо зубчасте; 3 – вал; 4 – вал; 5 – шпонка призматична.

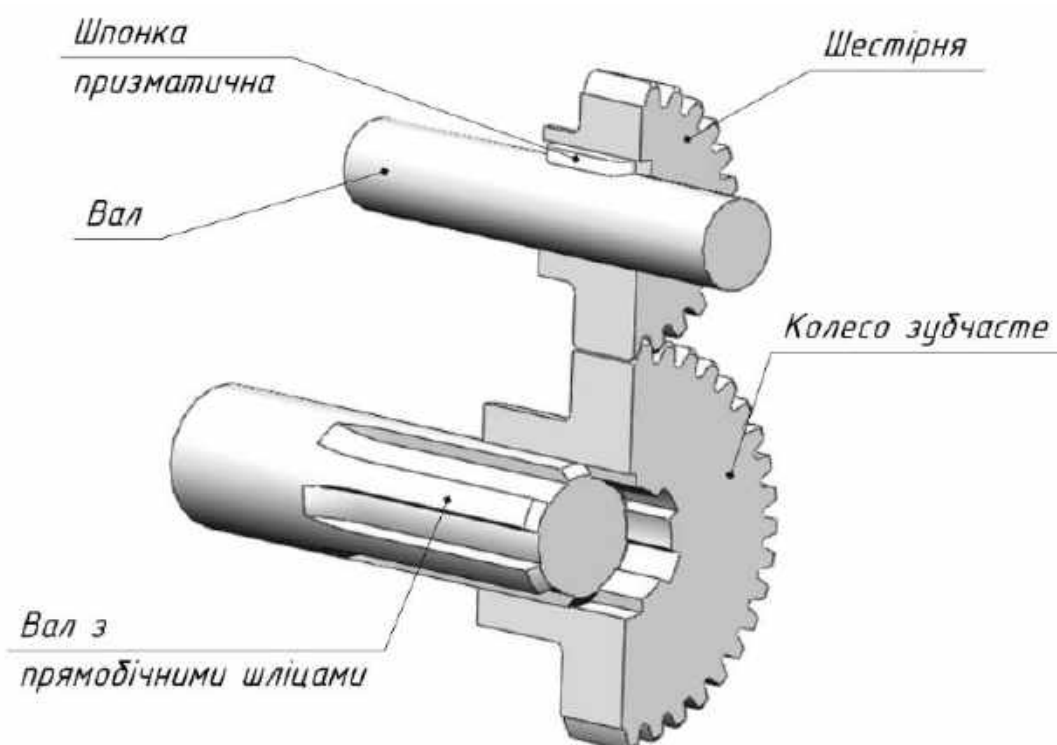


Рис. 4.16. Зовнішнє циліндричне зубчасте зачеплення з прямобічними шліцями

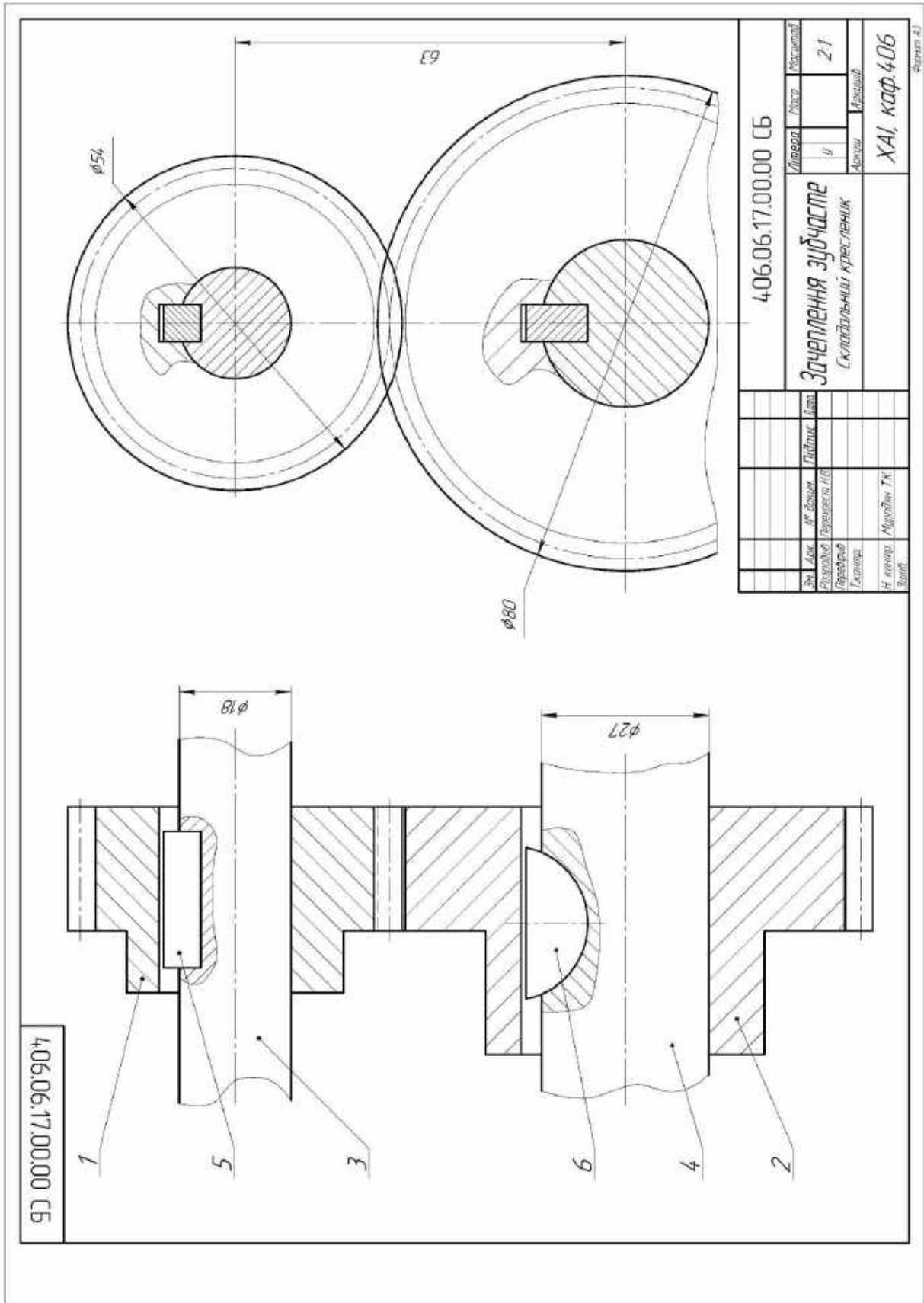


Рис. 4.17. Складальний кресленник зубчастого зачеплення зі шпонковими з'єднаннями

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A3			406.06.17.00.00 СБ	Складальний кресленик		
				<u>Деталі</u>		
A4	1		406.06.17.00.01	Шестірня	1	m=2, z=25
	2		406.06.17.00.02	Колесо зубчасте	1	m=2, z=38
	3		406.06.17.00.03	Вал	1	φ18
	4		406.06.17.00.04	Вал	1	φ27
				<u>Стандартні вироби</u>		
	5			Шпонка 6×6×22 ГОСТ 23360-78	1	
	6			Шпонка 6×10 ГОСТ 24071-97	1	
			406.06.17.00.00			
Зм. Арк.	Докум. №	Підпис	Дата	Зачеплення зубчасте		
Розроб.	Перехрест Н.В.					
Перевір.				Літера	Аркуш	Аркшвид
Н.контр.	Мурадян Т.К.			XA1, каф.406		
Затв.						

Формат А4

Рис. 4.18. Специфікація до складального кресленика зубчастого зачеплення зі шпонковими з'єднаннями

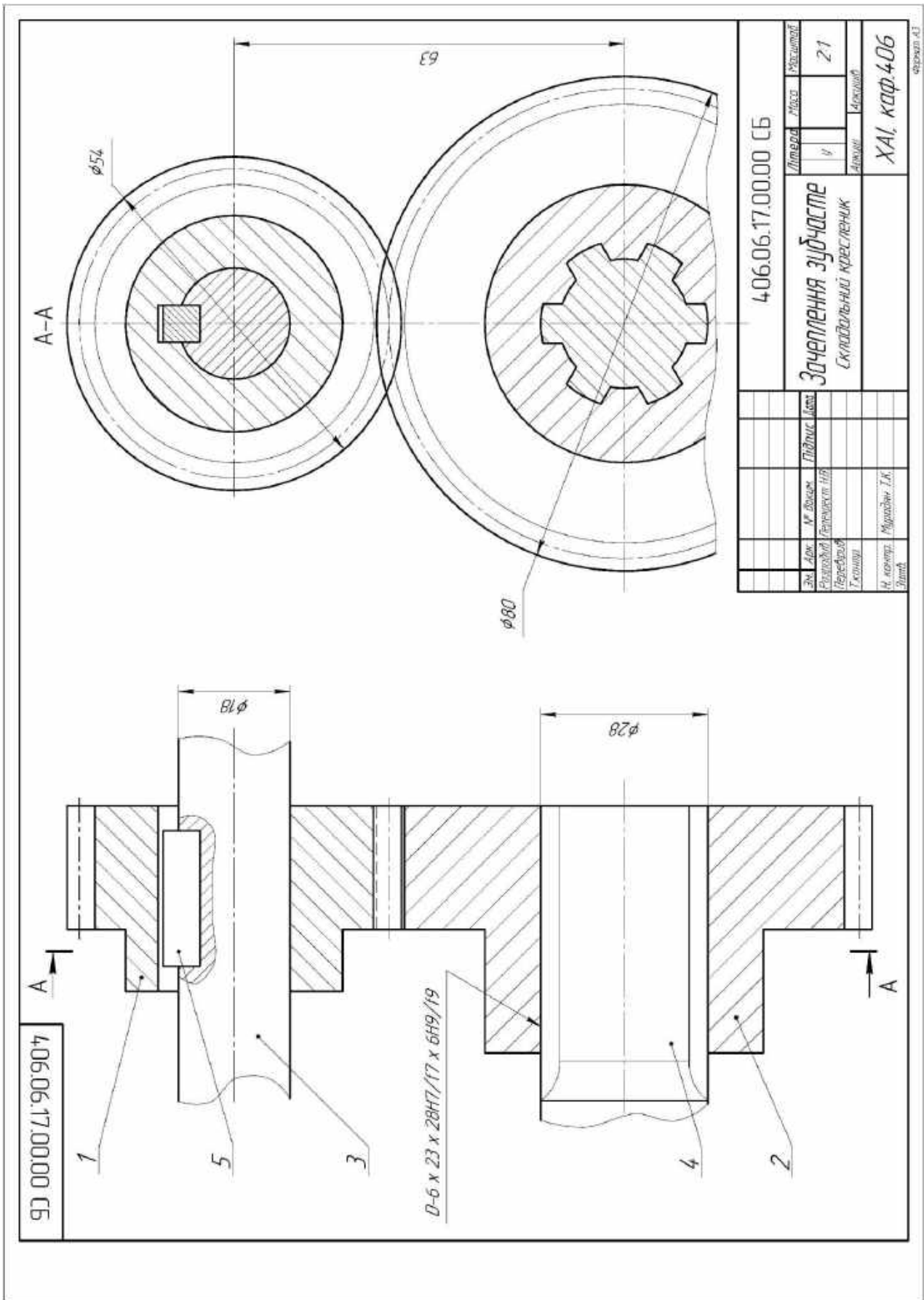


Рис. 4.19. Складальний креслений зубчастого зачеплення зі шпонковим і шліцьовим з'єднанням

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
				Документація		
A3			406.06.17.00.00 СБ	Складальний кресленик		
				Деталі		
A4	1		406.06.17.00.01	Шестірня	1	m=2, z=25
	2		406.06.17.00.02	Колесо зубчасте	1	m=2, z=38
	3		406.06.17.00.03	Вал	1	φ18
	4		406.06.17.00.04	Вал	1	φ27
				Стандартні вироби		
	5			Шпонка 6×6×22 ГОСТ 23360-78	1	
			406.06.17.00.00			
Зм. Арк.	Докум. №	Підпис	Дата	Зачеплення зубчасте		
Розроб.	Перехрест Н.В.					
Перевір.				Літера	Аркуш	Аркшвид
Н.контр.	Мурадян Т.К.			XA1, каф.406		
Затв.						

Формат А4

Рис. 4.20. Специфікація до складального кресленика зубчастого зачеплення зі шпонковим і шліцьовим з'єднаннями

4.7. Опис конструкції зубчастого зачеплення з двома валами, двома шпонками (призматичною й сегментною) і підшипниковими вузлами

Розглянутий варіант виконання складального кресленника (див. рис. 4.17) зубчастого зачеплення (наочне зображення – на рис. 4.20) можна розширити й доповнити, тобто спроектувати вали, підібрати підшипники, втулки, установити запірні або масловідбивальні кільця, передбачити ущільнення тощо (рис. 4.21).

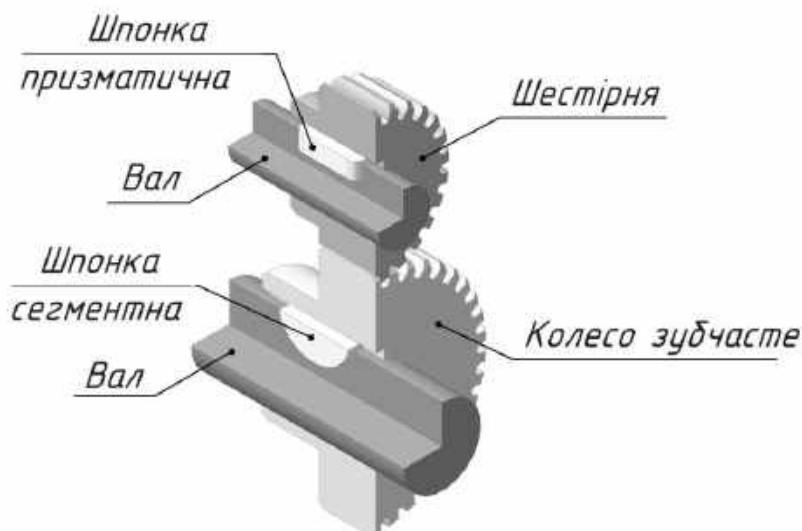


Рис. 4.20. Деталі циліндричного зубчастого зачеплення

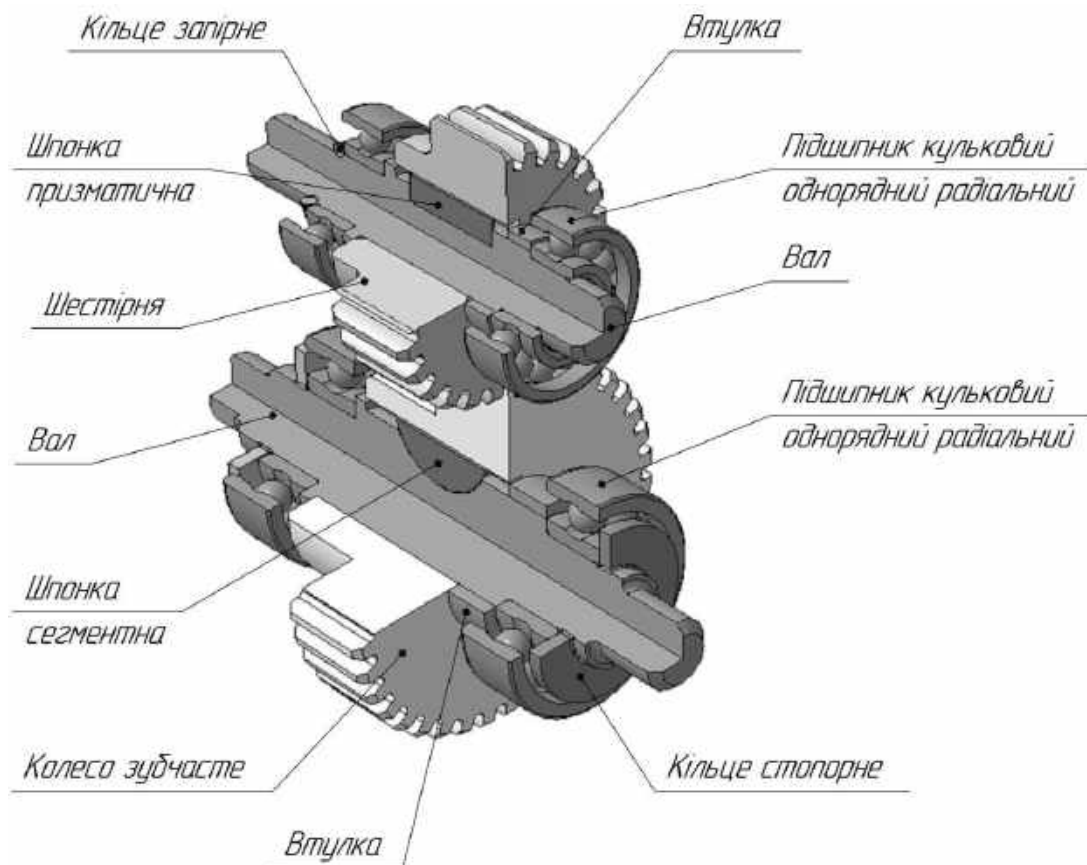


Рис. 4.21. Деталі циліндричного зубчастого з'єднання з підшипниками

Приклад кресленика доповненого зубчастого зачеплення показано на рис. 4.27, а на рис. 4.28 – специфікацію до цього кресленика.

4.8. Етапи проєктування зубчастого зачеплення з двома валами, двома шпонками (призматичною й сегментною) і підшипниковими вузлами

Оскільки зубчасті колеса вже розраховано й зображено на складальному кресленнику, підібрано шпонки та шпонкові пази для коліс та основних частин вала, необхідно спроектувати додаткові конструктивні елементи валів.

Зубчасте колесо, підшипник не мають рухатися вздовж осі вала, тому маточина зубчастого колеса і торець внутрішнього кільця підшипника мають упиратися в буртики вала або дистанційні втулки. Шпонки мають розташовуватися точно в підготовлених для них пазах.

Підшипники підбирають за довідником. На складальному кресленнику підшипники зображують спрощено.

Між підшипниками і ступенями валів можна вставити маслорозбивальні кільця або дистанційні втулки. Їх розміри – стандартизовані, існують галузеві нормалі з їх формами й величинами.

1-й етап. Виконати кресленник зубчастого зачеплення без підшипникових вузлів так, як показано в підрозд. 4.6 (див. рис. 4.16).

2-й етап. Виконати проєктування валів (рис. 4.22, див. підрозд. 5.1).

3-й етап. Підібрати втулки (рис. 4.23).

4-й етап. Підібрати підшипники (рис. 4.24).

5-й етап. Зафіксувати підшипники запірним і стопорним кільцями (рис. 4.25).

6-й етап. Зафіксувати підшипники стопорною шайбою з круглою шліцьовою гайкою (рис. 4.26).

7-й етап. Проставити номери позицій і розміри (рис. 4.27). Заповнити бланк специфікації (рис. 4.28).

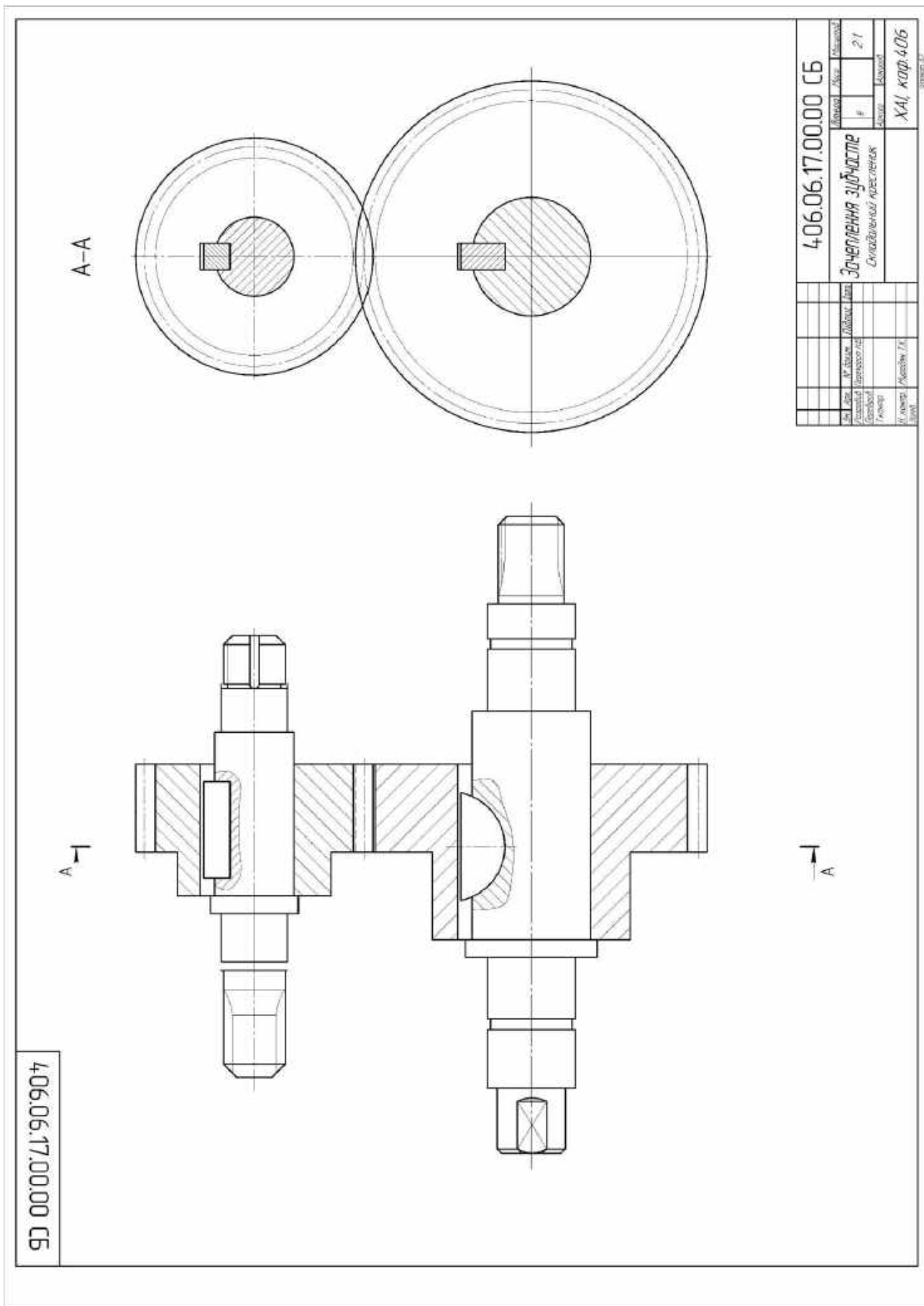
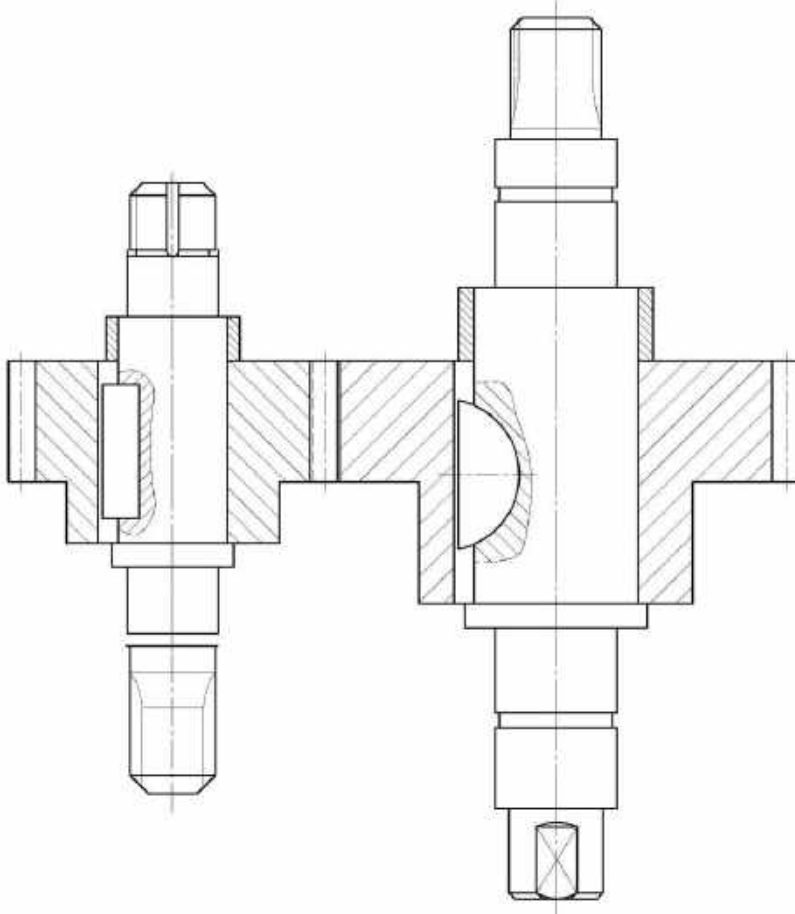


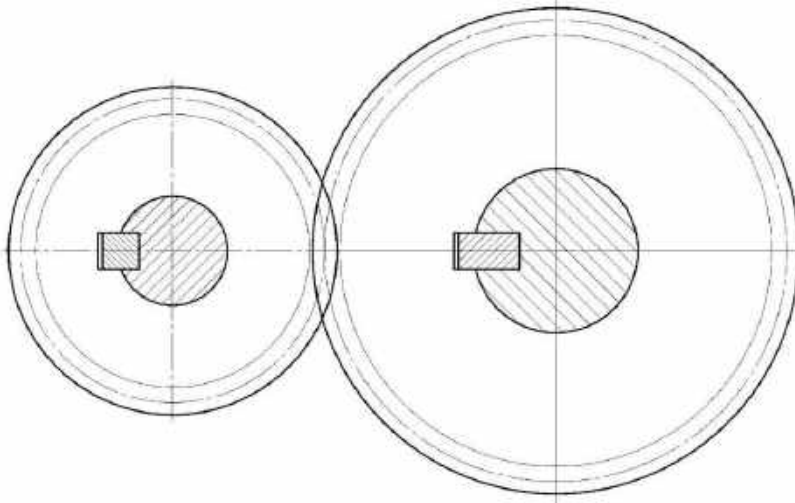
Рис. 4.22. Другий етап виконання складального креслення зубчастого зачеплення із підшипниками

406.06.17.00.00 СБ

A-A



A-A



A-A

№ док. на чл. 12	№ док. на чл. 13	№ док. на чл. 14	№ док. на чл. 15	№ док. на чл. 16	№ док. на чл. 17	№ док. на чл. 18	№ док. на чл. 19	№ док. на чл. 20	№ док. на чл. 21	№ док. на чл. 22	№ док. на чл. 23	№ док. на чл. 24	№ док. на чл. 25
406.06.17.00.00 СБ													
Зачеплення зчужасте													
Складальний кресленням													
ХАІ, код 406													
Лист 12													

Рис. 4.23. Третій етап виконання складального креслення зачеплення із підшипниками

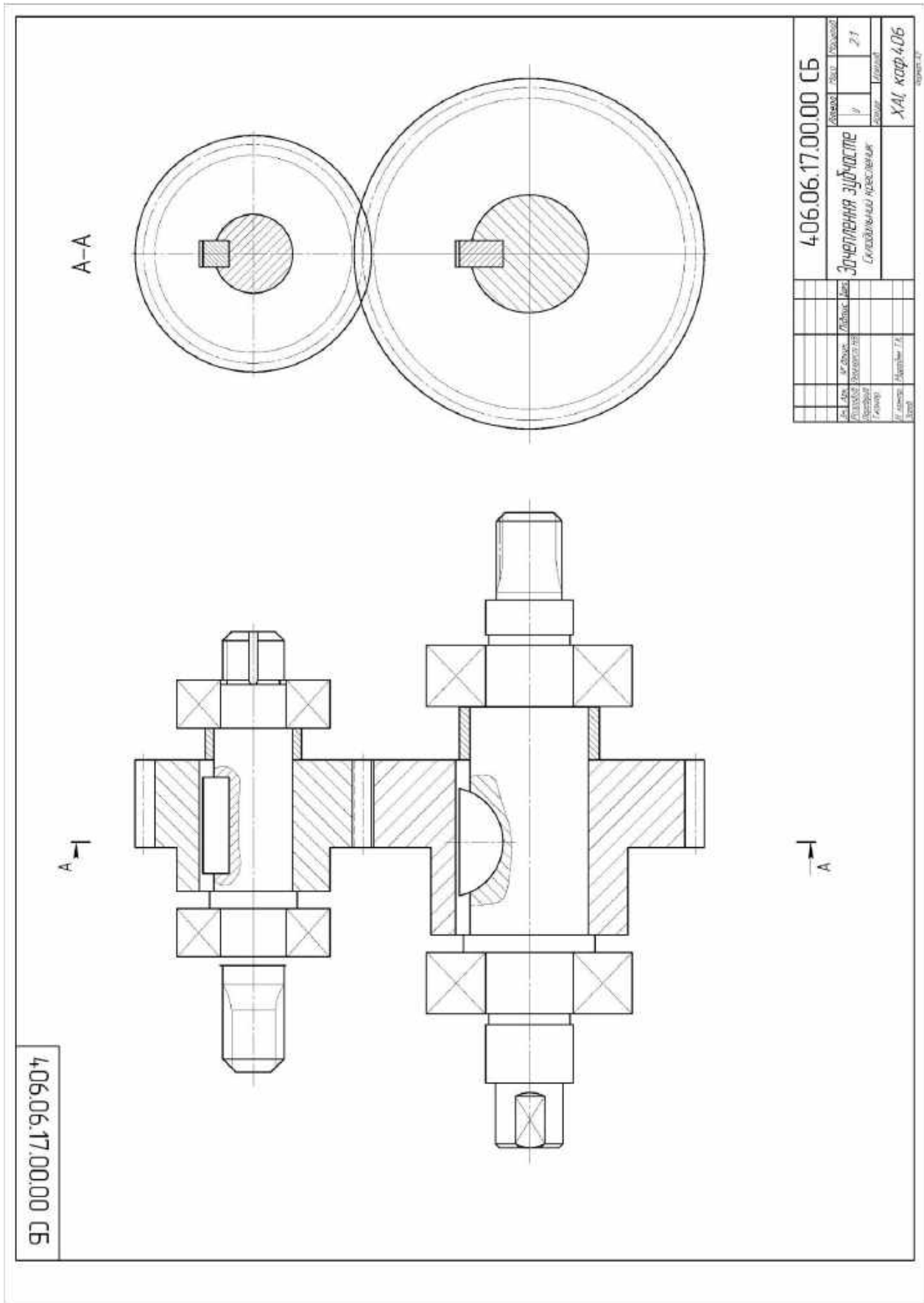


Рис. 4.24. Четвертий етап виконання складального креслення зубчастого зачеплення з підшипниками

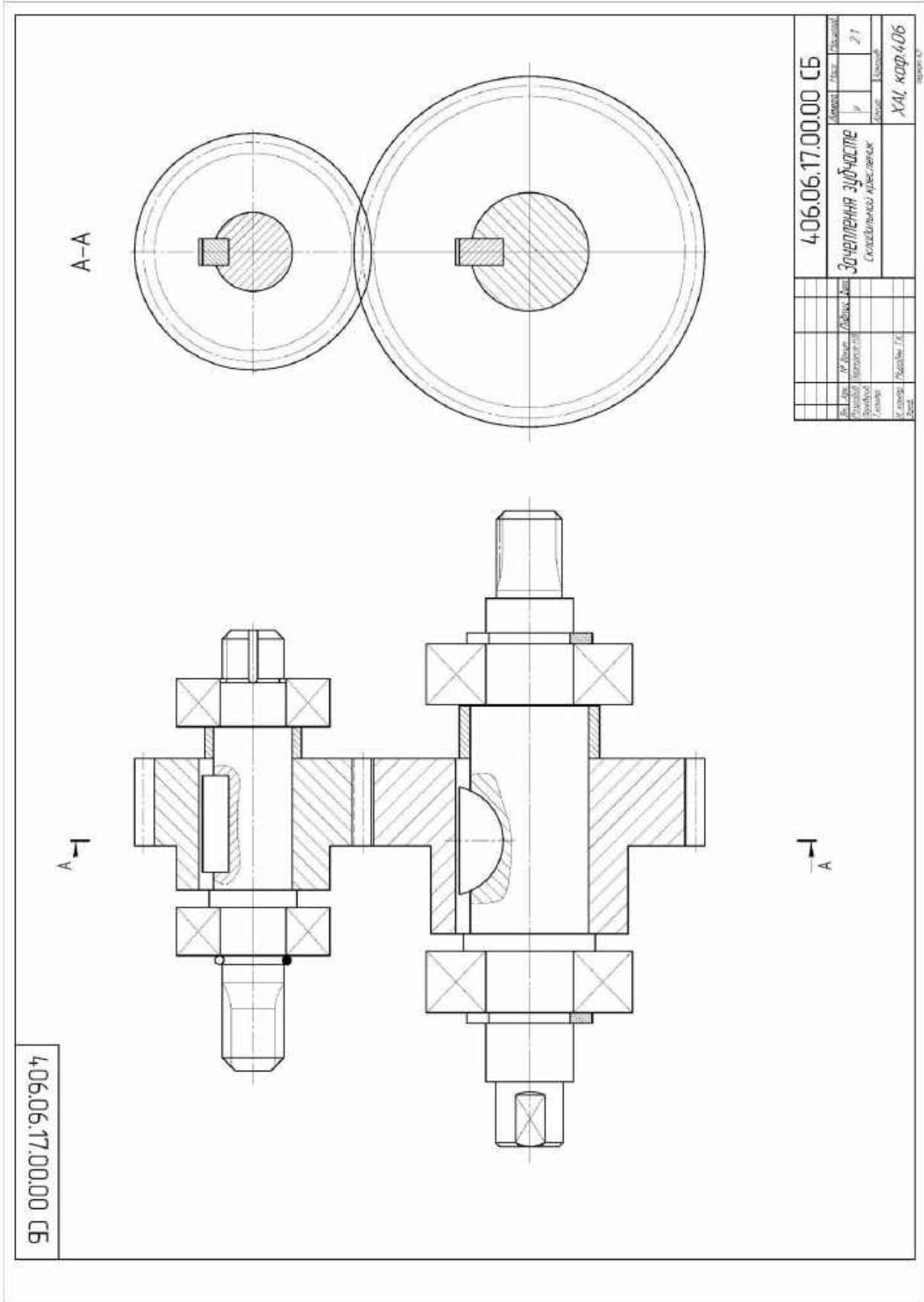


Рис. 4.25. П'ятий етап виконання складального креслення зубчастого зачеплення із підшипниками

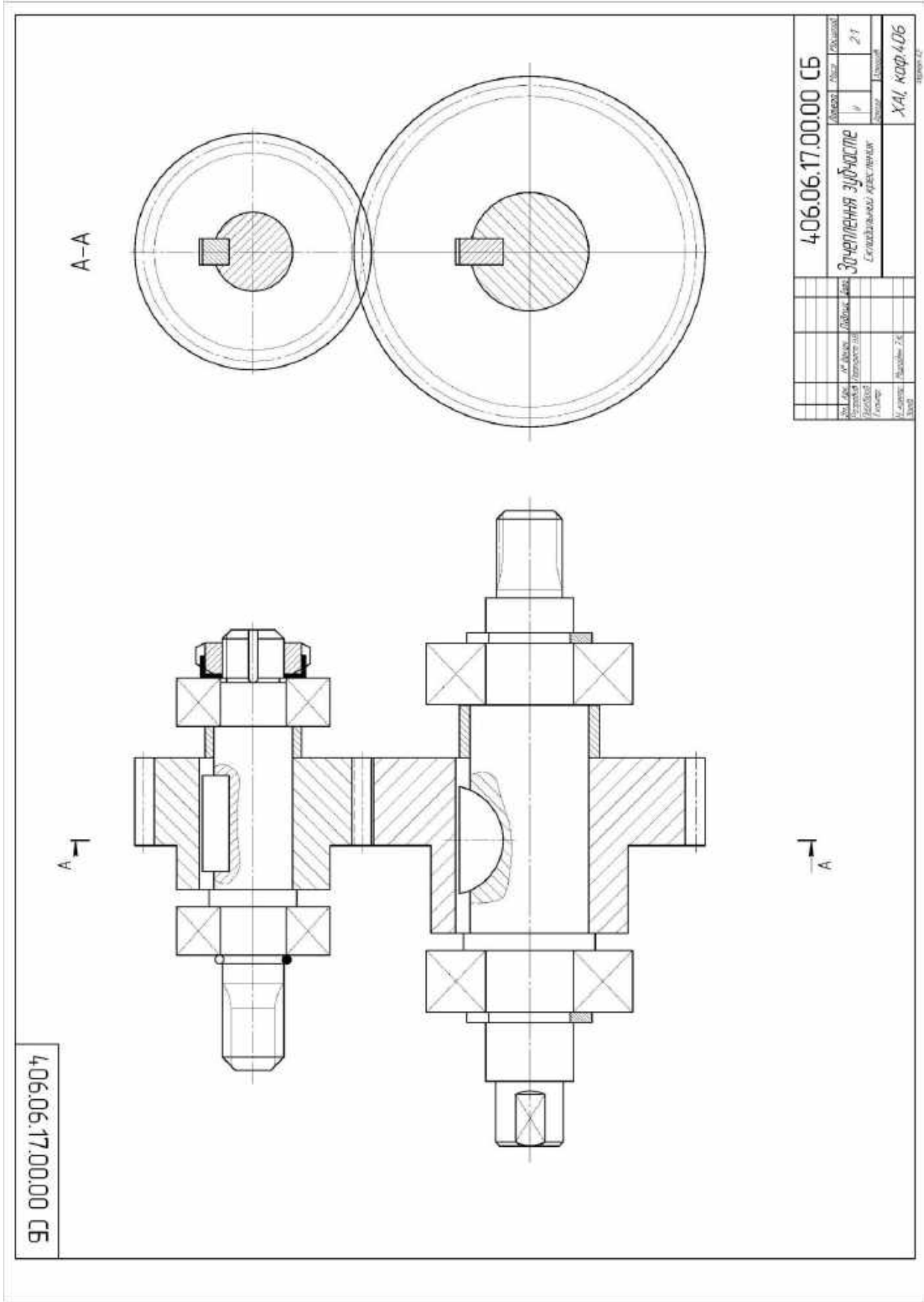


Рис. 4.26. Шостий етап виконання складального креслення зубчастого зачеплення з підшипниками

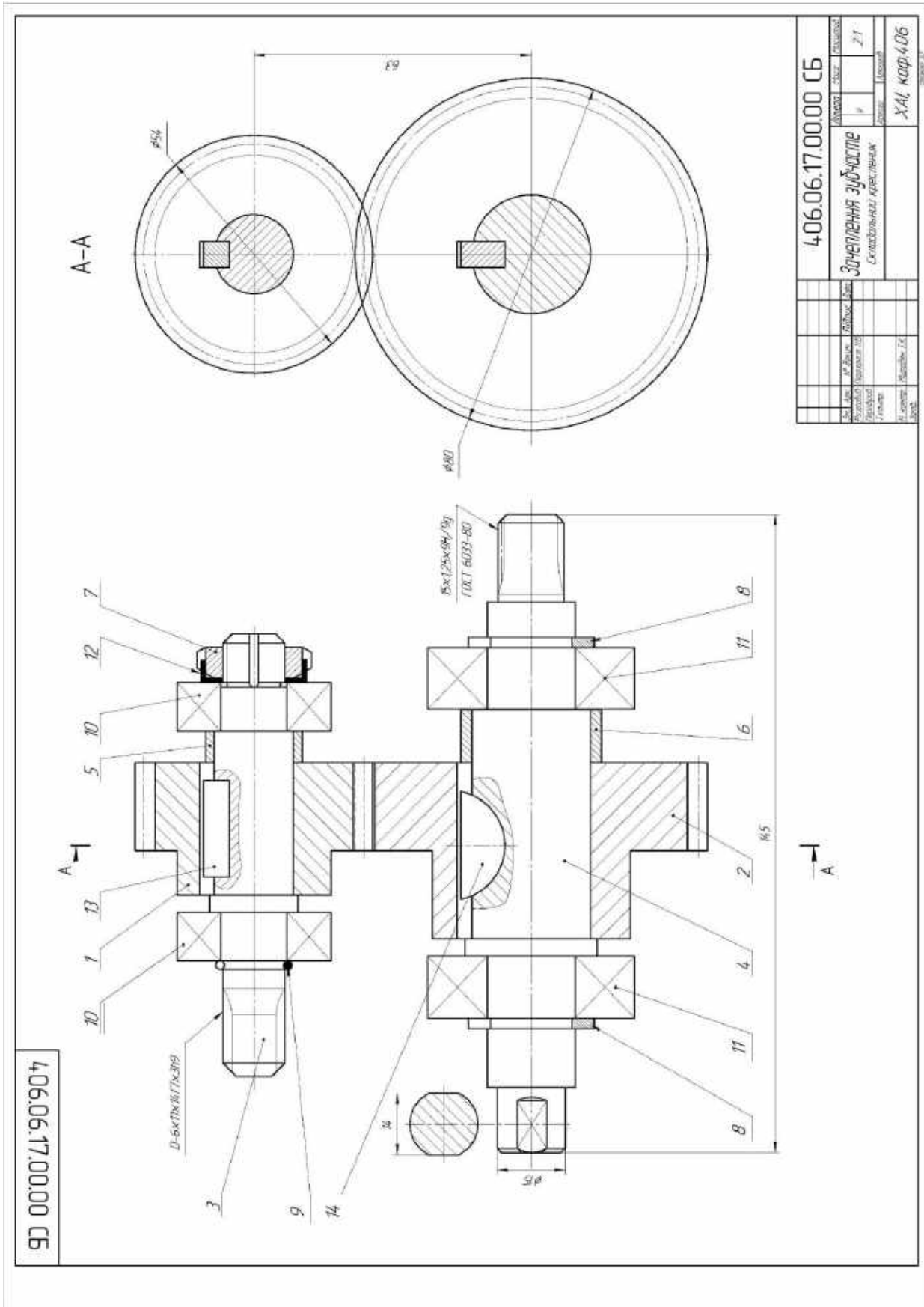


Рис. 4.27. Складальний креслений зубчастого зачеплення з підшипниками

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.	
				<u>Документація</u>			
A3			406.06.17.00.00 СБ	Складальний кресленик			
				<u>Деталі</u>			
A4	1		406.06.17.00.01	Шестірня	1	m=2, z=25	
	2		406.06.17.00.02	Колесо зубчасте	1	m=2, z=38	
	3		406.06.17.00.03	Вал	1	∅18	
	4		406.06.17.00.04	Вал	1	∅27	
	5		406.06.17.00.05	Втулка	1		
	6		406.06.17.00.06	Втулка	1		
				<u>Стандартні вироби</u>			
	7			Гайка М14-6Н ГОСТ 11871-88	1		
	8			Кільце А20 ГОСТ 13940-86	2		
	9			Кільце запірне 14 МН 470-61	1		
	10			Підшипник 50202 ГОСТ 2893-82	2		
	11			Підшипник 50204 ГОСТ 2893-82	2		
	12			Шайба Н.14 ГОСТ 11648-75	1		
	13			Шпонка 6×6×22 ГОСТ 23360-78	1		
	14			Шпонка 6×10 ГОСТ 24071-97	1		
			406.06.17.00.00				
Зм. Арк.	Докум. №	Підпис	Дата				
Розроб.	Перехрест Н.В.			Зачеплення зубчасте	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.							
Н.контр.	Мурдяк Т.К.				ХАІ, каф.406		
Затв.							

Формат А4

Рис. 4.28. Специфікація до складального кресленика зубчастого зачеплення з підшипниками

5. ОСОБЛИВОСТІ КОМПОНУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

5.1. Конструювання валів зубчастих передач

Типові конструкції валів для завдання зображено на рис. 5.1.

Під час конструювання вала діаметральні розміри ступенів визначають за посадковими отворами зубчастих коліс, внутрішніми діаметрами підшипників. Довжину ступенів вибирають за довжиною маточин зубчастих коліс і шириною підшипників. Зубчасті колеса з валами з'єднують шпонками (наприклад, шестірня з валом – призматичною шпонкою, а зубчасте колесо з валом – сегментною шпонкою) або шліцами. Вид з'єднання коліс із валами пропонується вибрати самостійно. На вихідних кінцях валів також необхідно передбачити шліци, нарізь, квадрат або шпонковий паз.

Побудову вала зазвичай починають із середньої частини – циліндричного ступеня посадкового місця під кріплення зубчастого колеса, розміри якого визначають під час розрахунку зубчастого колеса.

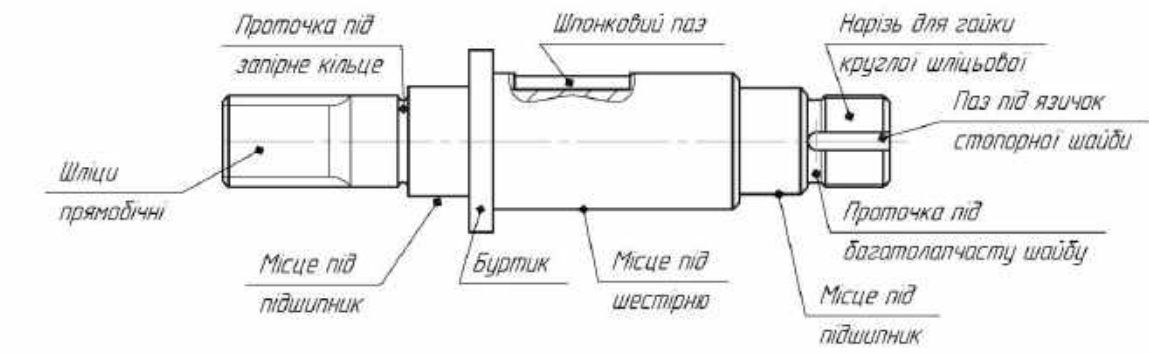
Потім з одного боку роблять ступінь з більшим діаметром – буртик, у нього упреться шестірня, а з іншого боку – ступінь з меншим діаметром, щоб можна було здіснити посадку колеса на вал під час складання.

Для кріплення зубчастих коліс на валах, а також півмуфт на вихідних кінцях валів найчастіше використовують шпонкове з'єднання. Побудову шпонкових пазів і шліців на валах виконують так само, як це вже було описано в підрозд. 4.6 цього посібника і в навчальному посібнику «Типові елементи вузлів деталей машин. Конструювання валів» (О. О. Сідаченко, Ю. Г. Андренко, Ю. А. Кузнєцова, К. П. Мсаллам, З. О. Погорєлова, Ю. В. Ковеза).

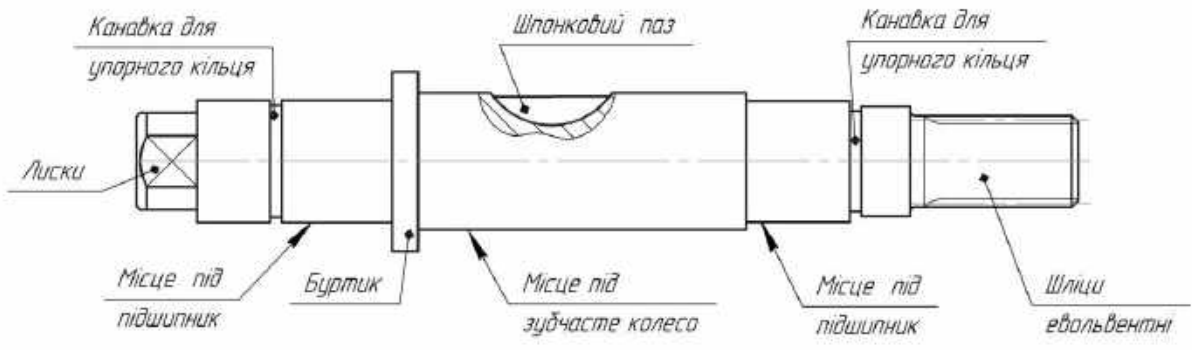
Після побудови першої пари циліндричних ступенів навколо ступеня для посадки шестірні створюють ще два ступені – посадкові місця для встановлення підшипників. Діаметри цих ступенів мають бути меншими, ніж діаметри ступенів побудованих раніше. Розміри заплічків для встановлення підшипників – стандартизовані величини, тому слід дотримуватися рекомендацій щодо підбору підшипників. Потім з боку вихідного кінця вала формують ще один ступінь – опорну поверхню для встановлення ущільнення і сам вихідний кінець вала.

Оскільки посадкові поверхні під внутрішні кільця підшипників шліфуються для забезпечення потрібного розміру із допуском і заданої шорсткості поверхні, у місцях виходу шліфувального круга (у ступені з більшим діаметром) необхідно виконати галтелі або відповідного розміру канавки (за ГОСТ 8820–69) під вихід шліфувального круга.

І отвори, і канавки, і багато інших елементів деталей циліндричної форми потрібно конструювати, використовуючи довідники.



Вал (поз.3)



Вал (поз.4)



Рис. 5.1. Конструктивні елементи валів

Фіксація деталей на валах в осьовому напрямку здійснюється різними способами. Для цього застосовують ступінчасті переходи, дистанційні втулки, торцеві упорні шайби, кільця пружинні та гайки круглі шліцьові зі стопорними шайбами. Нарізь на валу під такі гайки слід закінчувати проточкою.

Вали циліндричних передач редукторів зазвичай опираються на кулькові, рідше – на роликові радіальні підшипники.

Зазвичай внутрішні кільця підшипників безпосередньо або через масловідбивальні кільця (або дистанційні втулки) упираються в буртики вала зліва та справа від зубчастого колеса, а зовнішні кільця підшипників стискаються назустріч одне одному виступами кришок підшипникових вузлів, одна з яких – глуха, а інша – прохідна (для вихідного кінця вала).

Ступінчаста форма вала дає змогу вільно переміщувати кожен деталь уздовж вала до її посадкового місця і просто фіксувати її на цьому місці в осьовому напрямку. Діаметри посадкових місць задають згідно з ГОСТ 6636–69 на нормальні лінійні розміри. В індивідуальному й дрібносерійному виробництві заготовкою для вала є круглий прокат.

Скруглений галтельний перехід (рис. 5.2) при невеликій висоті уступу не спричиняє значних місцевих напружень. Тому такий перехід необхідно застосовувати в місцях, де запаси міцності є невеликими. Ширина плоскої частини переходу має забезпечувати відносне розташування деталей. Залежно від осьової сили, якою навантажений уступ, і від діаметра достатньо номінального значення цієї ширини від 1,5 до 2,5 мм. Для з'єднання, показаного на рис. 5.2, а, $d_1 = d + 2c_1 + (3...5)$ мм. У разі з'єднання, показаного на рис. 5.2, б, $d_1 = d + 2r_1 + 2c_2 + (3...5)$ мм.

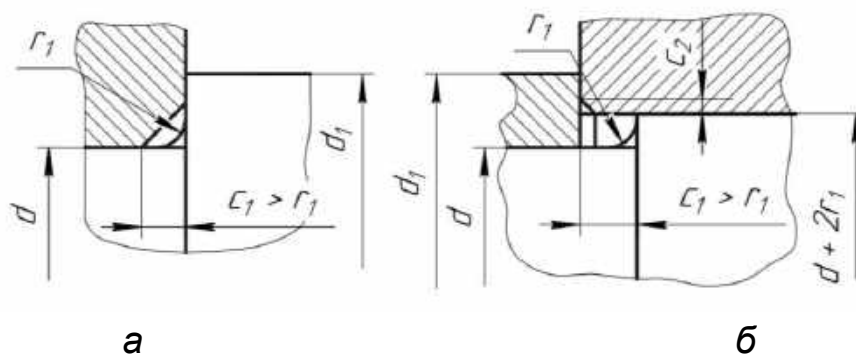


Рис. 5.2. Параметри галтельного переходу

Усі зовнішні кути деталей мають бути забезпечені фасками, внутрішні кути – галтелями. Фаски зазвичай виконують під кутом 45°. Катет фаски для циліндричних деталей загального призначення можна визначати зі

співвідношення $c = 0,1\sqrt{D}$, де D – діаметр циліндра. Значення c , отримані за цим виразом, округлюють до стандартних величин: $c = 0,2; 0,5; 0,8; 1; 1,2; 1,5; 1,8; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 5$.

На вільних, нез'єднаних поверхнях фаски роблять розміром $0,1...0,2$ мм. На відміну від конструктивних фасок, їх на кресленнику не зображують, а вказують на полі або в технічних вимогах кресленника написом на кшталт: *гострі кромки притупити*. Необхідність притуплення гострих кромки частіше вказують у загальних технічних умовах на виготовлення виробу, де обумовлюють також розміри й допустимі зміни розмірів таких фасок.

Галтелі перекривають галтелями з радіусом, більшим за діаметр галтелі деталі, що охоплюється (рис. 5.3, а), виточками (рис. 5.3, б) і фасками (найбільш технологічний спосіб) (рис. 5.3, в).

Перехід з канавкою, необхідною для вільного виходу шліфувального круга, виконується так, як показано на за рис. 5.4. Застосування такого переходу є доречним, якщо є достатній запас міцності, оскільки канавка створює більш високі місцеві напруження, ніж галтельний перехід. Якщо шліфуванню підлягає тільки циліндрична поверхня, то потребується канавка, зображена на рис. 5.4, а, якщо також і торець уступу, – канавка, зображена на рис. 5.4, б.

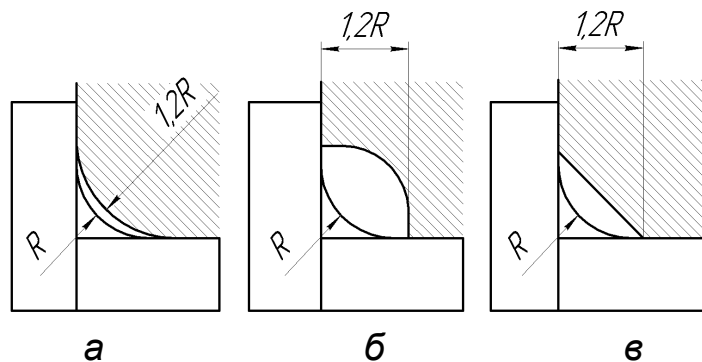


Рис. 5.3. Конструктивні рішення галтельних переходів

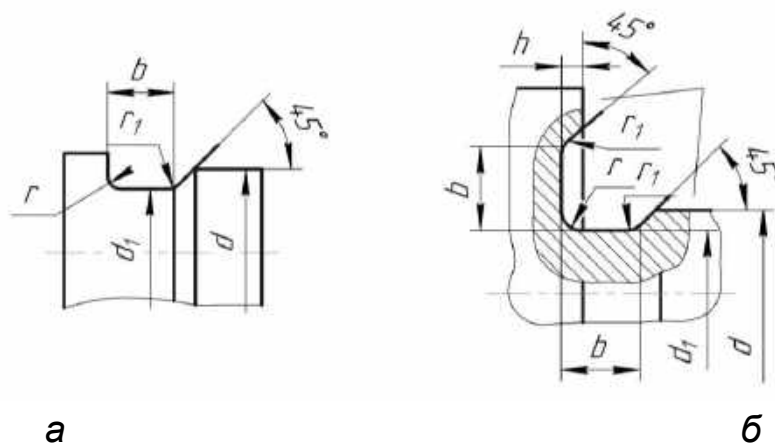


Рис. 5.4. Канавки для виходу шліфувального круга

Заплечик вала, що прилягає до кільця підшипника кочення (рис. 5.5), має бути виконаний так, щоб фаска кільця підшипника вільно розміщувалася всередині галтельного переходу вала. Розмір фаски r кільця підшипника й розміри переходу на валу вказують для кожного підшипника в стандартних таблицях (див. табл. Д.13).

Замість галтелі на валу, показаному на рис. 5.6, часто роблять канавку під вихід шліфувального круга (див. рис. 5.4, б), яка має ширину, на 1...2 мм більшу за розмір фаски r . Таку канавку виконують на валах з невеликим діаметром, тому що це простіше, ніж виконати галтель з малим радіусом.

Висота заплечика h має забезпечувати правильне положення підшипника на валу, причому задавати цю висоту значно більшою за номінальну не слід, тому що ширину t вільної частини торцевої поверхні кільця потрібно залишати достатньою, щоб під час демонтажу кільце можна було захопити лапами знімача. Таку ж вільну ширину бажано залишати, коли торець кільця опирається не на заплечик вала, а на дистанційну втулку. Так само слід задавати висоту заплечика, що прилягає до кільця підшипника, коли заплечик виконується з канавкою.

У цьому завданні пропонується один із багатьох способів фіксації підшипника на кінці вала: підшипник фіксується круглою шліцьовою гайкою зі стопорною шайбою (див. рис. 5.6).

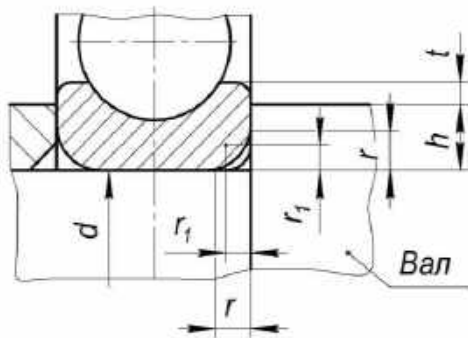


Рис. 5.5. Параметри галтельного переходу і заплечика вала

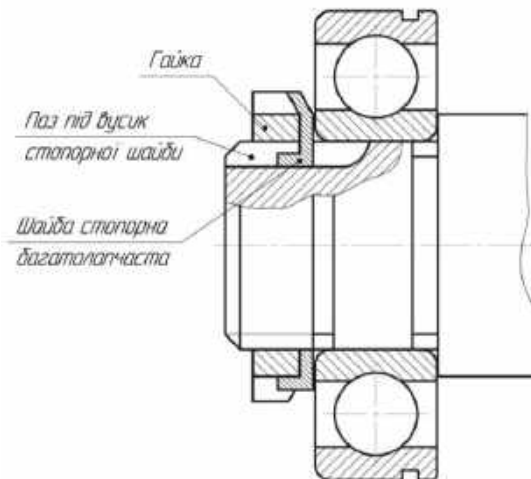


Рис. 5.6. Фіксація підшипника гайкою і стопорною шайбою

5.2. Підшипники кочення

Підшипники кочення в редукторах являють собою основний вид опор. Для опор валів циліндричних прямозубих коліс редукторів і коробок передач найчастіше застосовують кулькові радіальні однорядні підшипники

(рис. 5.7, а). Спочатку вибирають підшипники легкої серії. Якщо під час подальшого розрахунку вантажопідйомність підшипника виявиться недостатньою, то беруть підшипники середньої серії. При надмірно великих розмірах кулькових підшипників як опори валів циліндричних коліс застосовуються підшипники роликові (рис. 5.7, б). Для опор валів, що працюють в умовах значних перекосів внутрішнього й зовнішнього кілець підшипника, застосовуються кулькові радіальні дворядні сферичні підшипники (рис. 5.8, а). На рис. 5.7 показано типи підшипників, які найчастіше використовують під час виконання цього завдання.

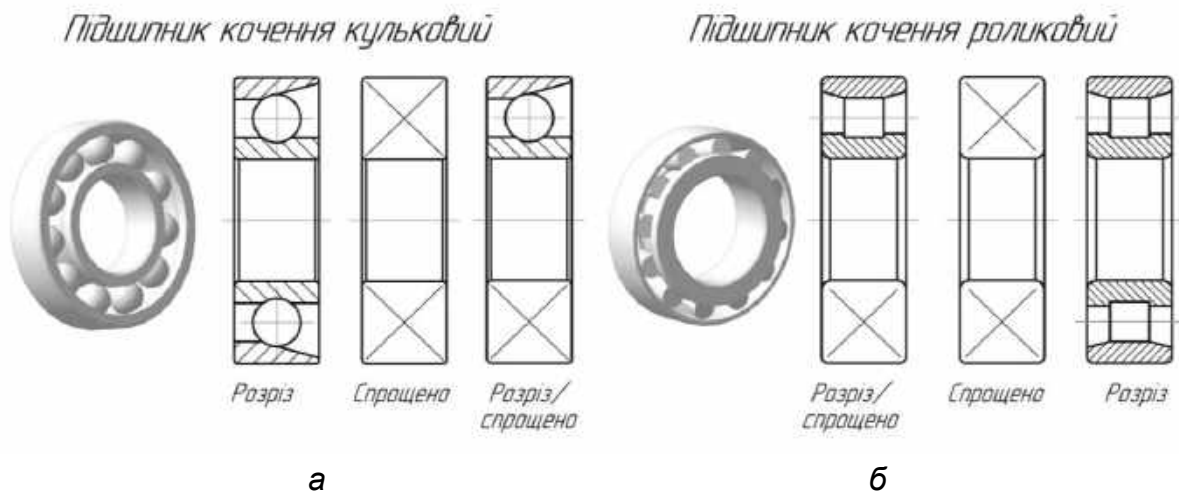


Рис. 5.7. Зображення на креслениках підшипників кочення

Підшипники можна розміщувати на валу симетрично по його довжині на однакових відстанях від площини симетрії редуктора, але це не обов'язково.

На рис. 5.7, 5.8 показано ескізи підшипників, які найчастіше застосовуються в машинобудуванні: рис. 5.8, а – кульковий однорядний радіальний; рис. 5.8, б – роликовий конічний; рис. 5.8, в – роликовий радіальний; рис. 5.8, г – кульковий радіально-упорний.

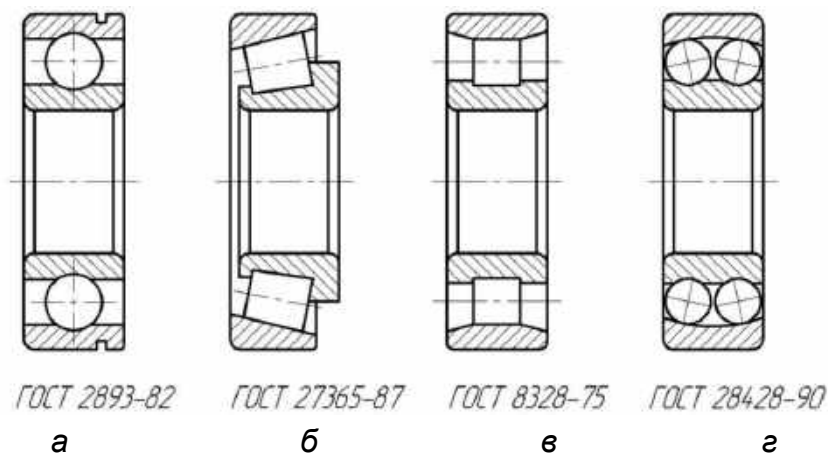


Рис. 5.8. Типові конструкції підшипників кочення

Умовні цифрові позначення підшипників із внутрішнім діаметром від 20 до 495 мм побудовано таким чином. Дві перші цифри праворуч являють собою число, що дорівнює значенню внутрішнього діаметра підшипника, вираженого в міліметрах, поділеному на 5. Третя цифра праворуч позначає серію за зовнішнім діаметром **D**.

У кожній серії встановлено ряд габаритних розмірів підшипників **dxDxB**, де **d** – діаметр внутрішній, **D** – діаметр зовнішній, **B** – ширина підшипника. Для серій підшипників, що застосовуються в редукторах, третя цифра праворуч розшифровується так: 1 – серія особливо легка, 2 – легка, 3 – середня, 4 – важка, 5 – легка широка, 6 – середня широка. Четверта цифра позначає тип підшипника. П'ята й шоста цифри позначають конструктивні особливості підшипника, сьома – це серія підшипника за шириною **B**.

5.2.1. Конструктивні елементи кріплення підшипників

На рис. 5.9 показано способи упору торців підшипників у буртики валів.

Буртики з внутрішньою канавкою для виходу шліфувального круга (рис. 5.9, а, б) застосовуються в малонавантажених валах. У циклічно навантажених валах для підвищення витривалості циліндричну поверхню вала з'єднують із буртиком галтеллю (рис. 5.9, в). Радіус галтелі в умовах щільного прилягання торця обойми до буртика має бути не більшим за **0,8R**, де **R** – радіус галтелі (або катет фаски) обойми підшипника, який зазвичай дорівнює **0,05(D - d)**, де **D** і **d** – зовнішній і внутрішній діаметри підшипника.

Посадкову поверхню (рис. 5.9, г) зазвичай доводять лише до галтелі підшипника ($\ell \approx b - R$, де **R** – радіус галтелі). На втулці роблять фаску під кутом 45° для перекриття сходинки **m** і полегшення монтажу втулки на вал.

У кінцевих установках зміцненням гайкою робочі витки зазвичай закінчують на відстані $\ell' = b$ від буртика (рис. 5.9, д) з таким розрахунком, щоб внутрішня канавка розташовувалася під галтеллю підшипника.

Діаметр нарізі **d₁** рекомендується брати якомога ближчим до діаметра посадкової поверхні **d**, щоб уникнути встановлення підкладної шайби 1 (рис. 5.9, е).

Особливо важливо дотримуватися цього правила в проміжних установках (рис. 5.9, ж) для зменшення перепаду діаметрів **d** і **d₂** вала. У цих вузлах затягування підшипників завжди застосовується дрібна нарізь.

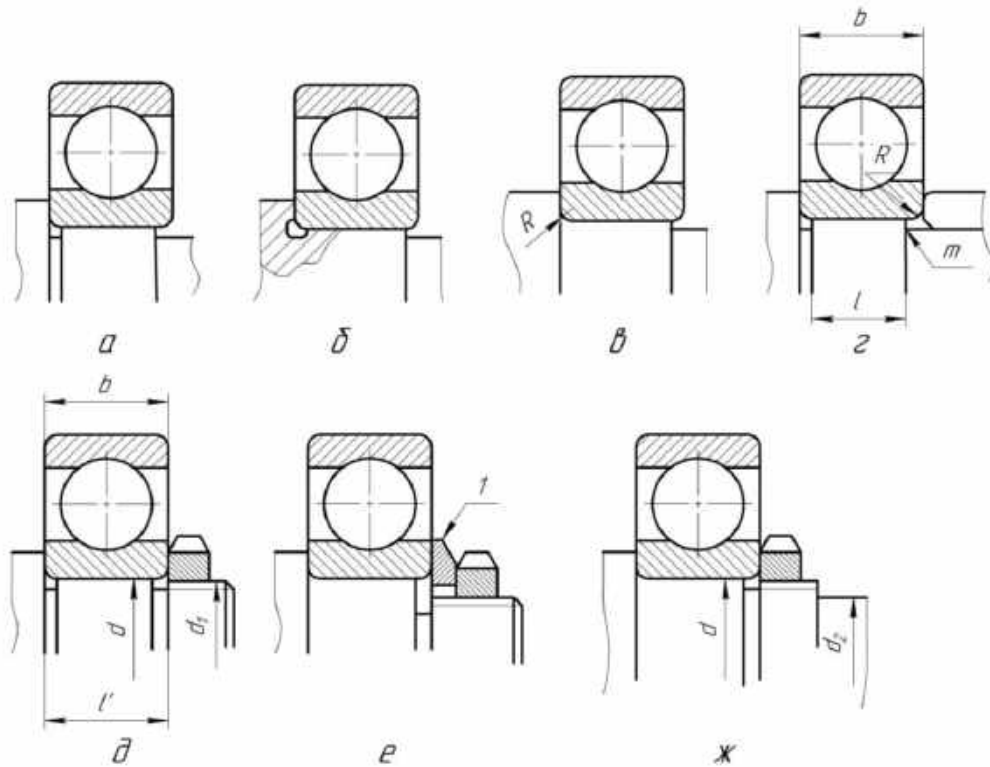


Рис. 5.9. Конструктивні рішення кріплення підшипників на валах

Основним способом кріплення підшипників на валу є затягування внутрішньої обойми підшипників гайкою. Таке кріплення забезпечує точну осьову фіксацію підшипника, надійно страхує від провороту внутрішньої обойми на валу і дає змогу встановлювати підшипник на вал із невеликим натягом без небезпеки зминання й розбивання посадкової поверхні вала.

5.2.2. Кріплення підшипників на валах

Найсильніше затягування забезпечує упор у заплечик або буртик на валу (рис. 5.10, а), у проміжну втулку (рис. 5.10, б) або в насадну деталь, яка, своєю чергою, опирається на заплечик або буртик.

Широко застосовуються затягування підшипника на валу через насадну деталь (рис. 5.10, в) і встановлення підшипника між дистанційними втулками (рис. 5.10, г), що стягуються гайкою. У разі упору в стопорне кільце (рис. 5.10, д) здійснити силове затягування неможливо через небезпеку зрізу стопорного кільця або витискання його з канавки.

У малонавантажених підшипникових вузлах застосовують фіксацію стопорними кільцями (рис. 5.10, е, ж). Для того щоб забезпечити беззазорну фіксацію за допомогою стопорних кілець (особливо з круглого дроту), необхідно або суворо витримувати відстань між канавками стопорних кілець, або застосовувати калібровані проміжні шайби (рис. 5.10, и).

У малонавантажених підшипникових вузлах іноді обмежуються посадкою підшипників на вал із натягом до упору у фіксувальний буртик (рис. 5.10, к). Цей спосіб не виключає можливості зсуву підшипника з вала під час ослаблення натягу. Правильніше в таких випадках застрахувати підшипник від зсуву за допомогою стопорного кільця (див. рис. 5.10, к).

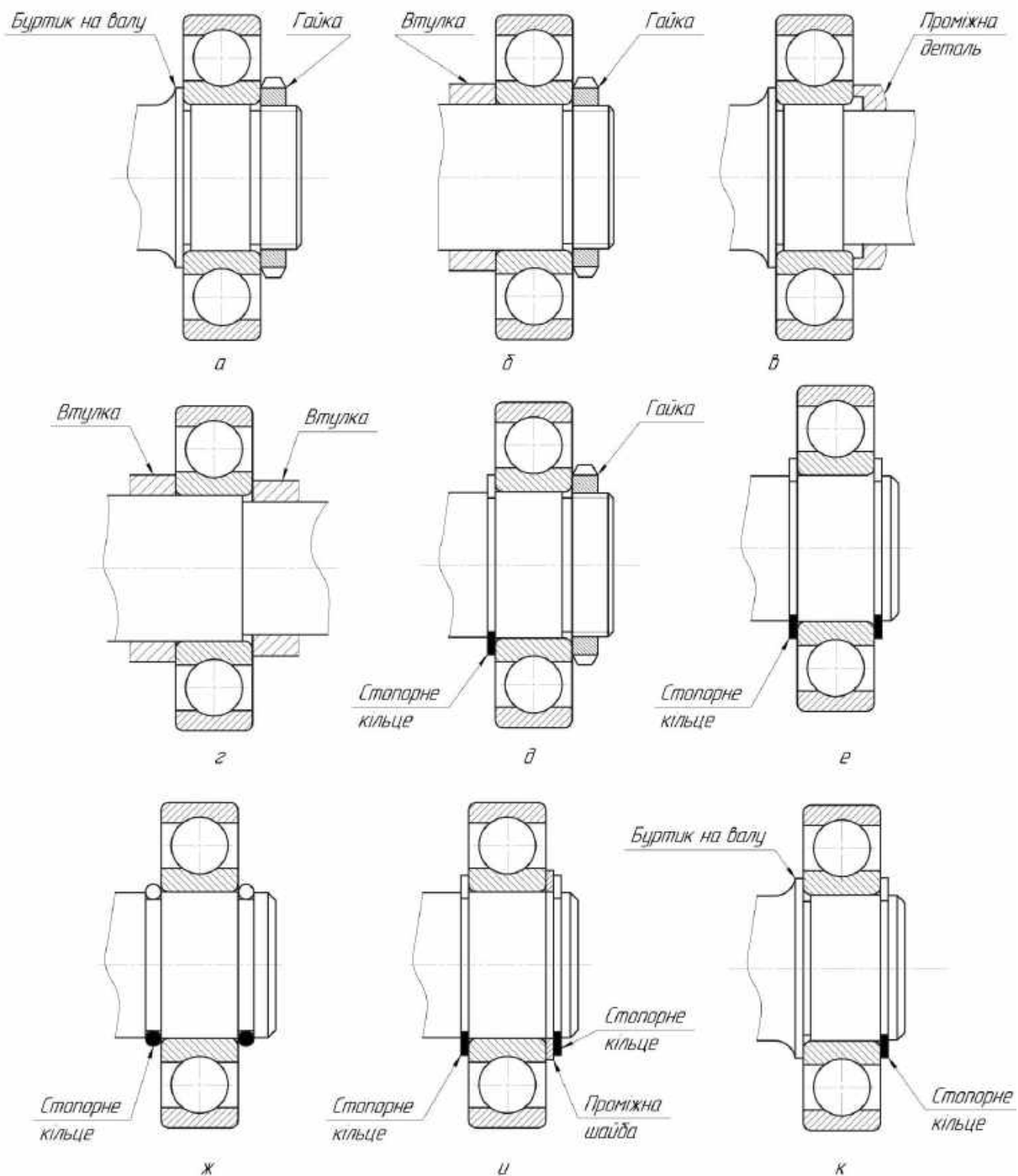


Рис. 5.10. Способи кріплення і фіксації підшипників на валах

6. СТВОРЕННЯ ПАРАМЕТРИЧНОЇ 3D-МОДЕЛІ ДЕТАЛІ «ШЕСТИРНЯ» У СИСТЕМІ КОМП'ЮТЕРНОГО ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ SOLIDWORKS

Лабораторна робота

Мета роботи: формування навичок створення параметричних 3D-моделей у системі комп'ютерного тривимірного моделювання SolidWorks.

Завдання:

1. Набути навичок створення параметричних 3D-моделей у SolidWorks.

1. Вивчити основні типи обмежень і взаємозв'язків в ескізах у SolidWorks.

2. Навчитися вибирати типи обмежень і взаємозв'язків та застосовувати їх у конкретних ситуаціях.

3. Навчитися працювати з таблицями змінних.

У цій роботі пропонується ознайомитися з методом створення параметричної моделі деталі «Шестірня», що базується на операції видавлювання.

Вихідні дані: модуль $m = 2$, кількість зубів $z = 25$.

Порядок виконання роботи

1. Створіть новий файл деталі (рис. 6.1): **File (Файл) – New... (Новий...)**.

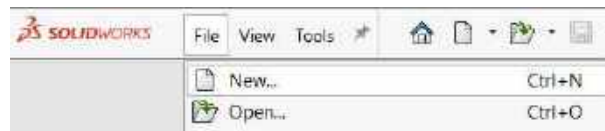


Рис. 6.1. Створення нового файла

У діалоговому вікні **New SOLIDWORKS Document (Новий документ SolidWorks)** виберіть піктограму **Part (Деталь) – a 3D representation of a single design component (Тривимірне подання одного компонента)** – натисніть кнопку **OK** (рис. 6.2).

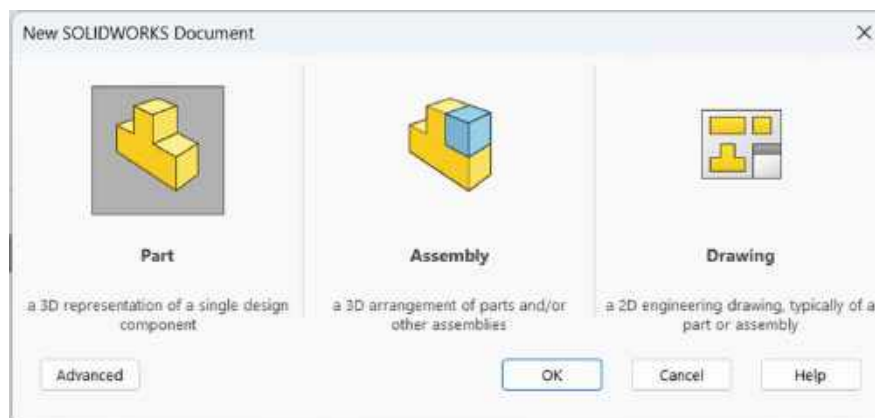


Рис. 6.2. Створення нового документа SW

2. Створіть **Користувацькі змінні (User Parameters)**, для цього:
 – розкрийте таблицю **Equations...** (**Рівняння, глобальні змінні та розміри...**), розташовану на вкладці **Tools (Інструменти)** (рис. 6.3, 6.4);

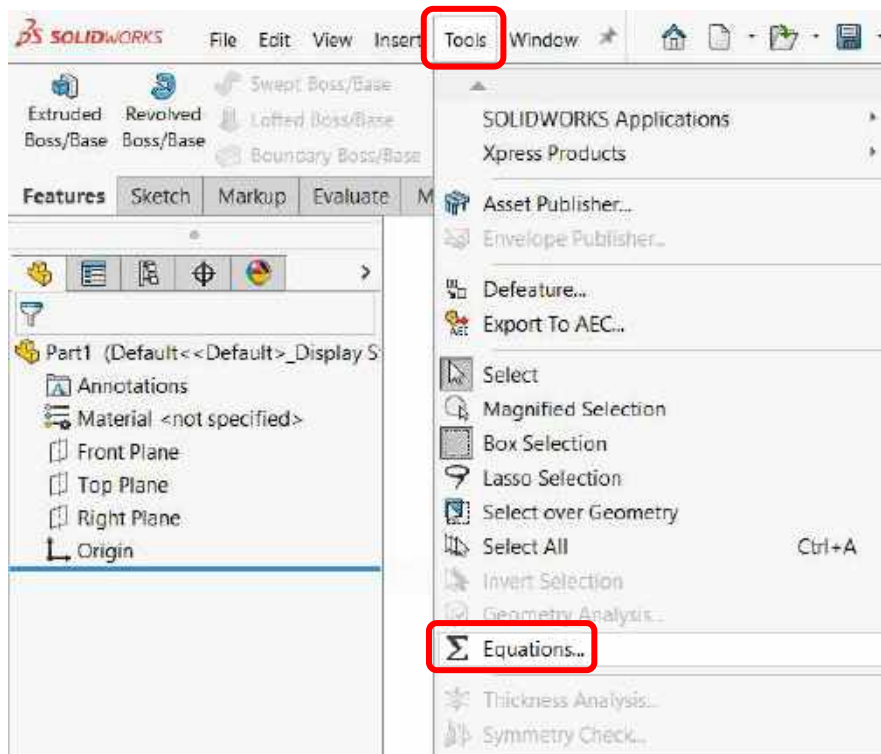


Рис. 6.3. Створення таблиці **Equations...** (**Рівняння, глобальні змінні та розміри...**)

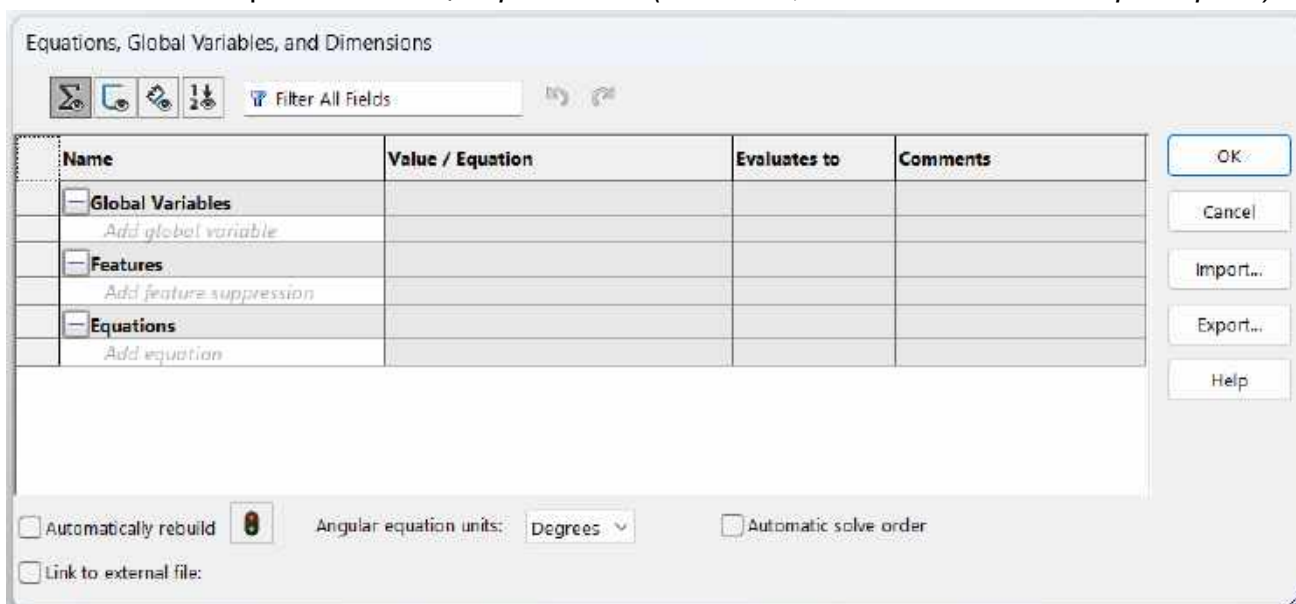


Рис. 6.4. Таблиця **Equations...** (**Рівняння, глобальні змінні та розміри...**)

– додайте такі **Global Variables (Глобальні Змінні)**, установивши курсор у рядок, уведіть ім'я змінної з огляду на регістр букв, що вводяться (рис. 6.4, 6.5):

- **m** – модуль;
- **z** – кількість зубів;
- **D** – дільний діаметр, вираз – $m \cdot z$;

- D_a – діаметр вершин, вираз – $m \cdot (z + 2)$;
- D_f – діаметр западин, вираз – $m \cdot (z - 2,5)$;
- D_o – початковий діаметр, вираз – $D \cdot \cos(20)$;
- AD – кутова ширина западини по ділильному діаметру, вираз – $360/z/2$;
- b – ширина зубчастого вінця, вираз – $8 \cdot m$;
- якщо необхідно, коригуйте розмірність змінних, що вводяться (див. рис. 6.5).

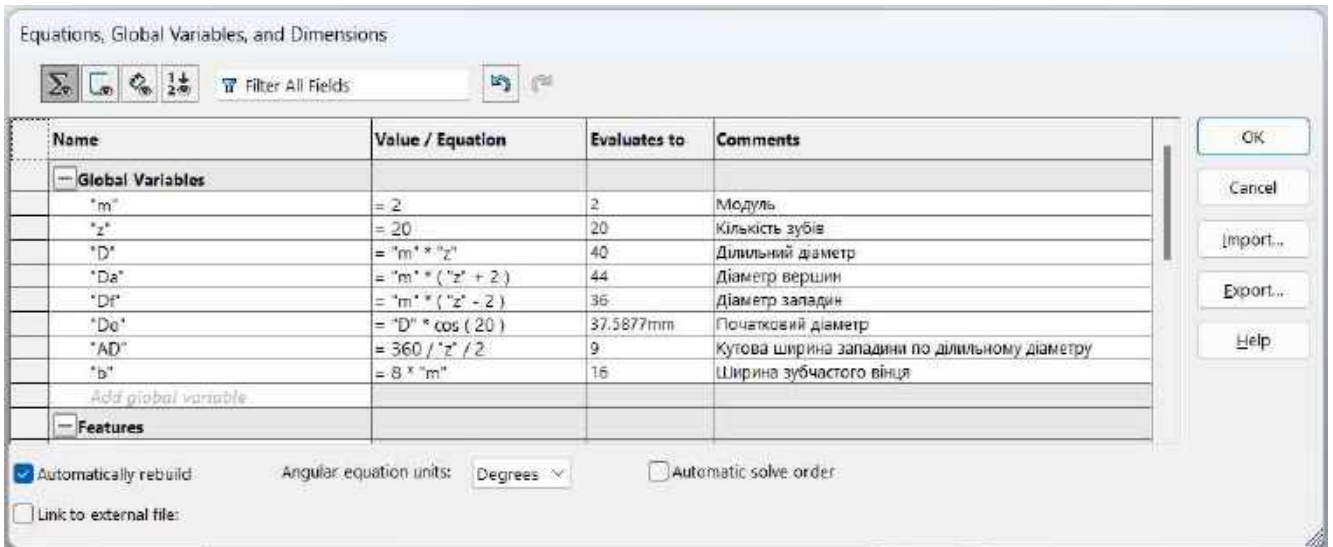

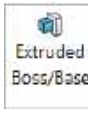


Рис. 6.5. Global Variables (Глобальні Змінні)

- Створіть циліндричну заготовку основи:
 - виберіть площину **Front (Спереду)**, створіть ескіз;
 - побудуйте коло, використовуючи команду побудови кола **Circle (Коло)** , центр кола сумістіть з початком координат;
 - натисніть кнопку **Smart Dimension (Автоматичне нанесення розмірів)** на панелі інструментів **Dimensions/Relations (Розміри/взаємозв'язки)**;
 - проставте розмір, як значення введіть знак «=» і виберіть зі списку **List Parameters (Глобальних змінних)** діаметр описаного кола D_a (рис. 6.6, 6.7);
 - закінчіть ескіз.
- Виконайте операцію **Extruded Boss/Base (Витягнута бобишка/основа)** , розташовану на панелі інструментів **Features (Елементи)**:
 - виберіть **Sketch 1 (Ескіз 1)** у Дереві конструювання (якщо його не було вибрано раніше);

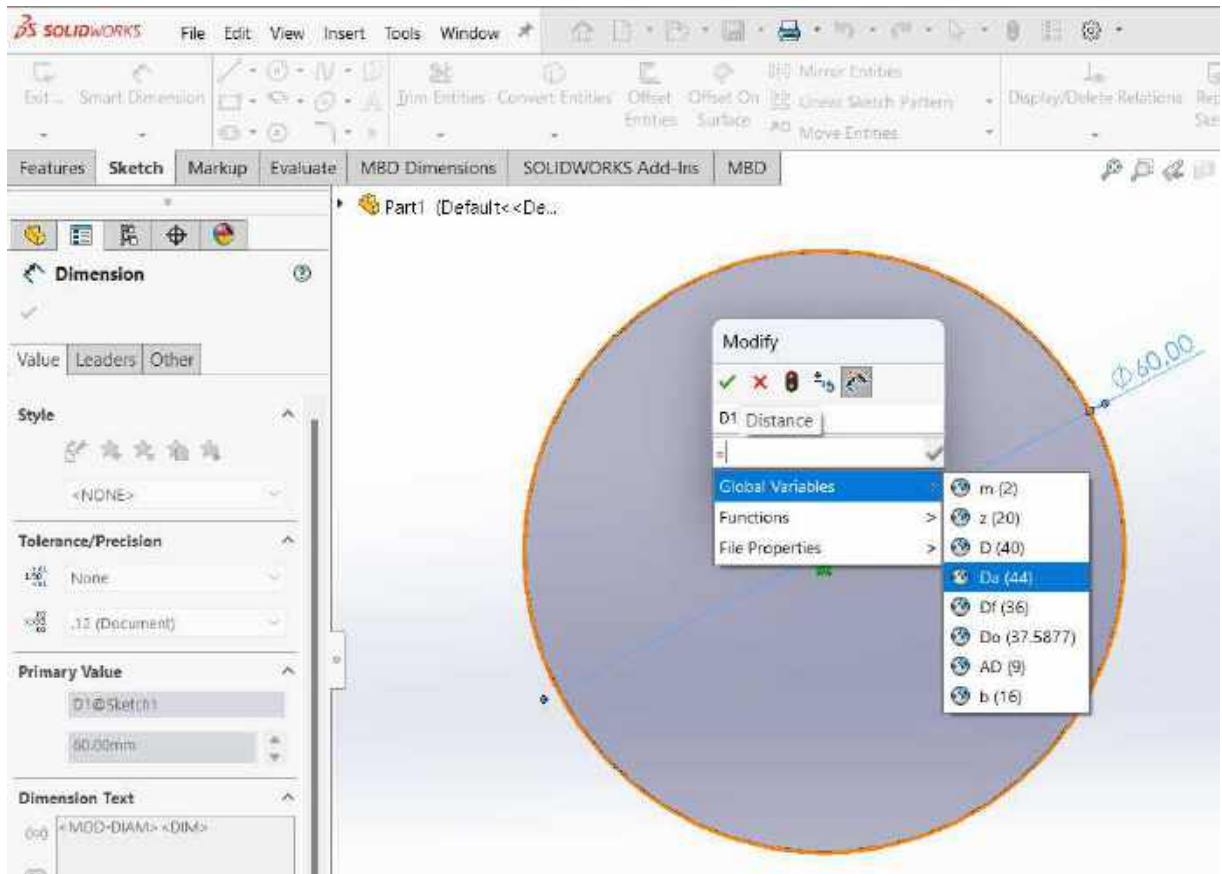


Рис. 6.6. Присвоєння розміру значення глобальної змінної

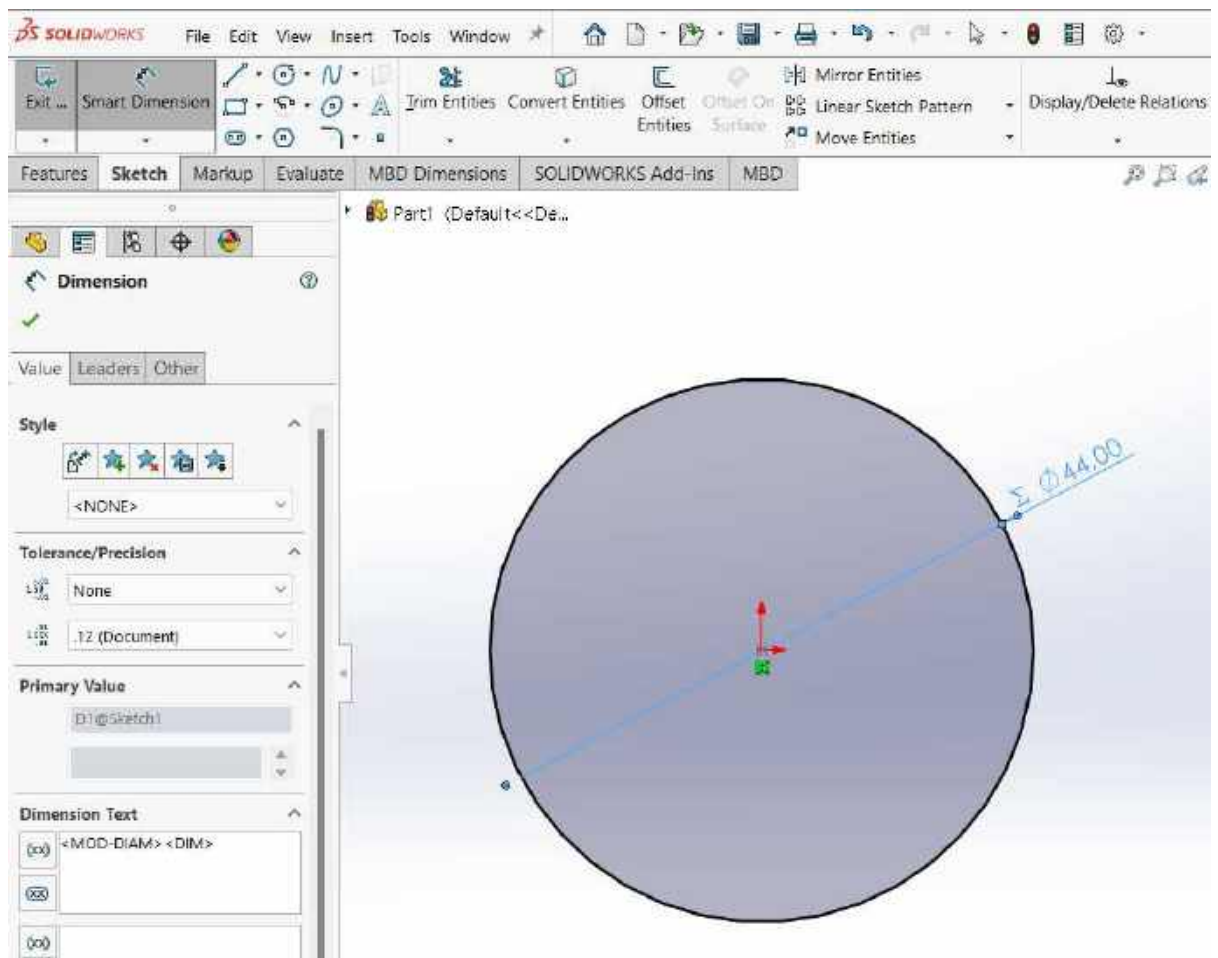


Рис. 6.7. Ескіз заготовки основи

- на вкладці **Direction 1 (Напрямок 1)**:
 - у полі **End Condition (Граничні умови)** виберіть опцію **Mid Plane (Середня площина)**;
 - у полі **Depth (Глибина)** укажіть глибину, як значення введіть знак «=» і виберіть зі списку **List Parameters (Глобальних змінних)** змінну **b** – ширину зубчастого вінця (рис. 6.8);
- створіть об'єкт, натиснувши кнопку **OK** у діалоговому вікні (рис. 6.9).

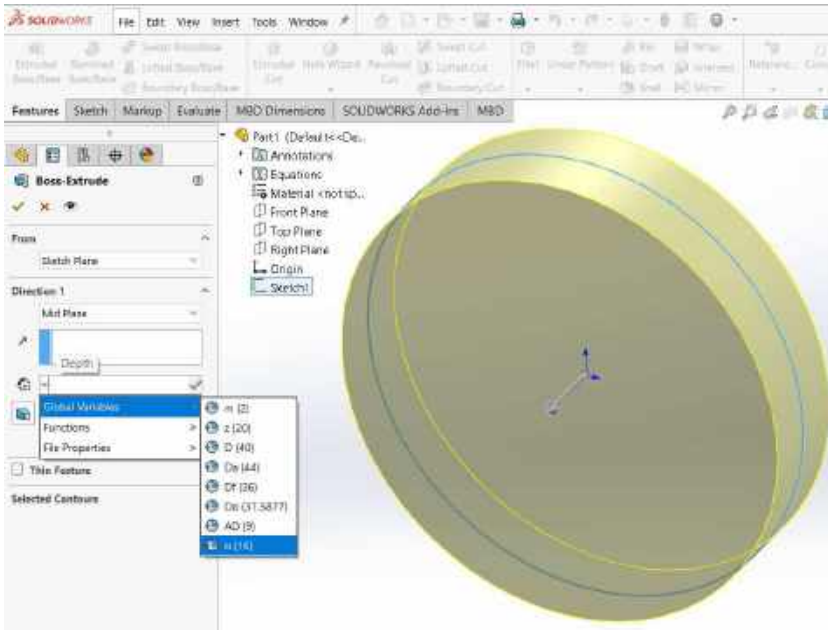


Рис. 6.8. Операція *Extruded Boss/Base (Витягнута бобишка/основа)*

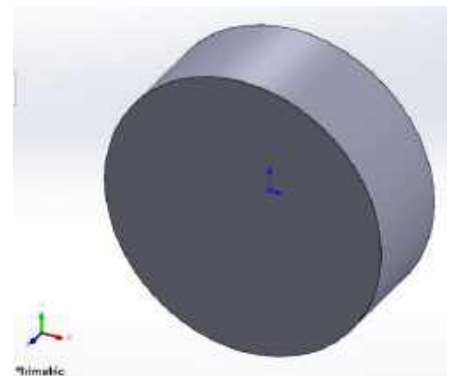


Рис. 6.9. Результат операції *Extruded Boss/Base (Витягнута бобишка/основа)*

5. Створіть фаски на кромках циліндра:

- виберіть команду **Chamfer (Фаска)** , розташовану на панелі інструментів **Features (Елементи)** (рис. 6.10). Для побудови фаски виберіть варіант побудови **Angle distance (Відстань під кутом)**;
- укажіть ребра циліндричної поверхні;
- укажіть у діалоговому вікні висоту фаски **Distance (Відстань)** – $M/2$, кут **Angle (кут)** – 45° ;
- створіть об'єкт, натиснувши кнопку **OK** у діалоговому вікні (рис. 6.11).

6. Сформуєте западину. Оскільки западина є симетричною, сформуєте половину западини з подальшим дзеркальним копіюванням:

- виберіть площину **Front (Спереду)**, створіть ескіз;
- побудуйте чотири концентричні кола, використовуючи команду **Circle (Коло)**; у полі **Option (Вибір)** включіть галочку біля опції **For construction (Допоміжний)**, центри кіл сумістіть з початком координат (рис. 6.12);

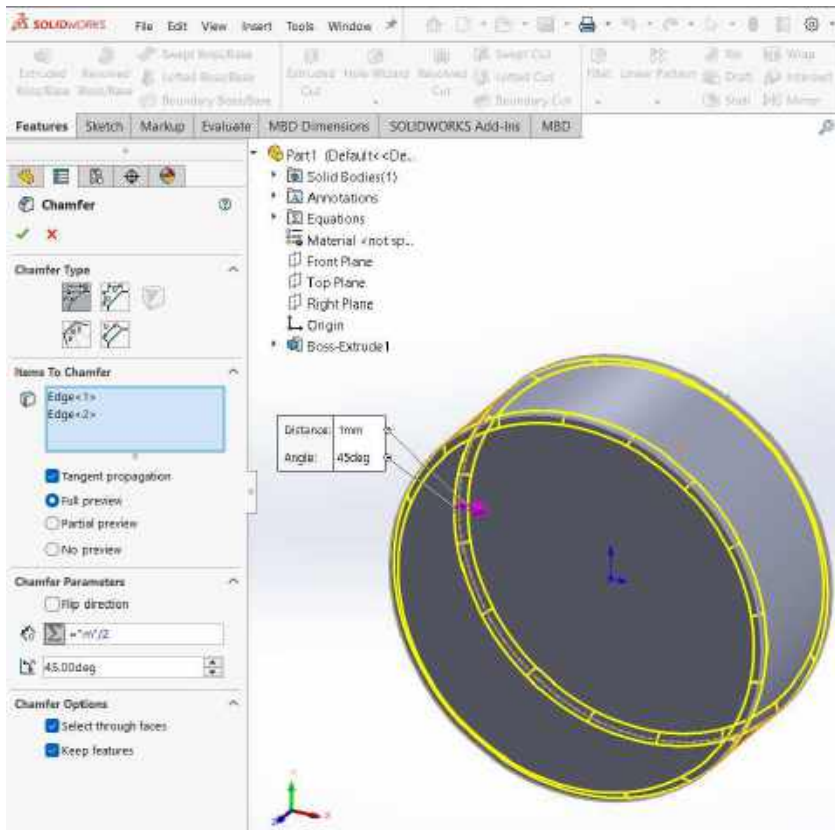


Рис. 6.10. Побудова фаски *Chamfer* (Фаска)

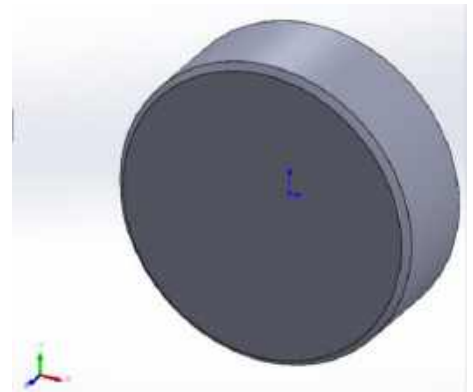


Рис. 6.11. Результат операції *Chamfer* (Фаска)

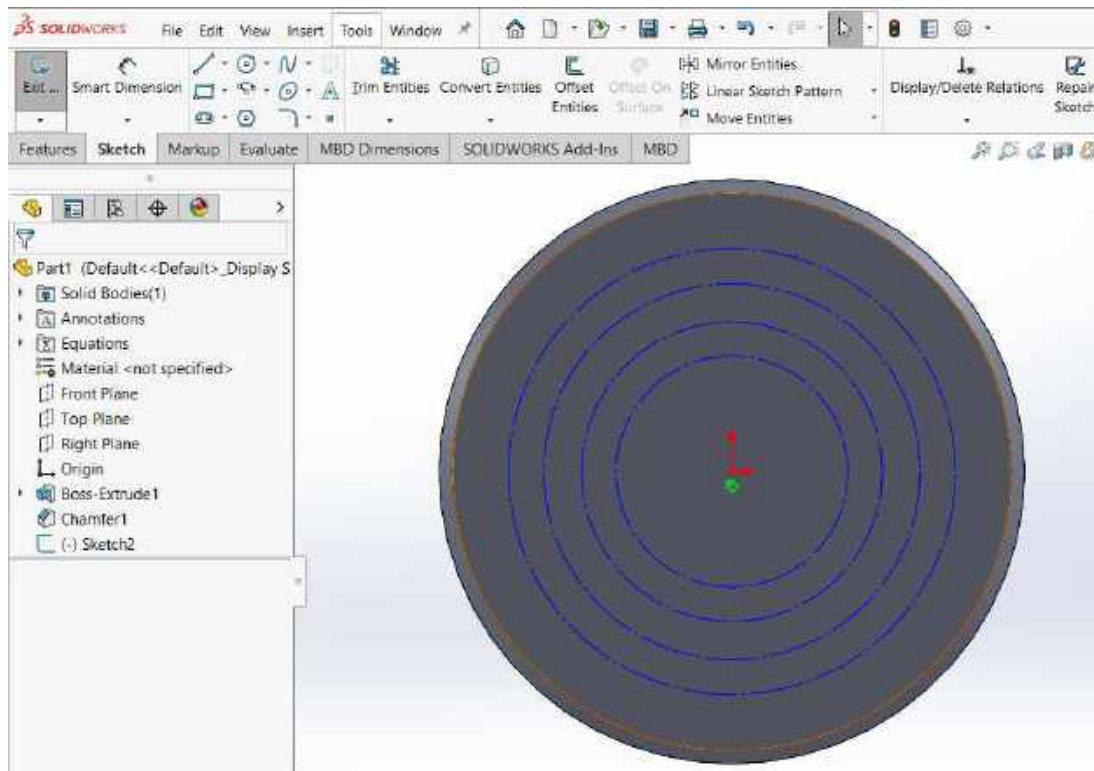


Рис. 6.12. Створення ескізу западини

– проставте розміри кіл, використовуючи команду **Smart Dimension** (**Автоматичне нанесення розмірів**); як значення виберіть зі списку **List Parameters** (**Глобальних змінних**) змінні D_a , D , D_o , D_f (рис. 6.13);

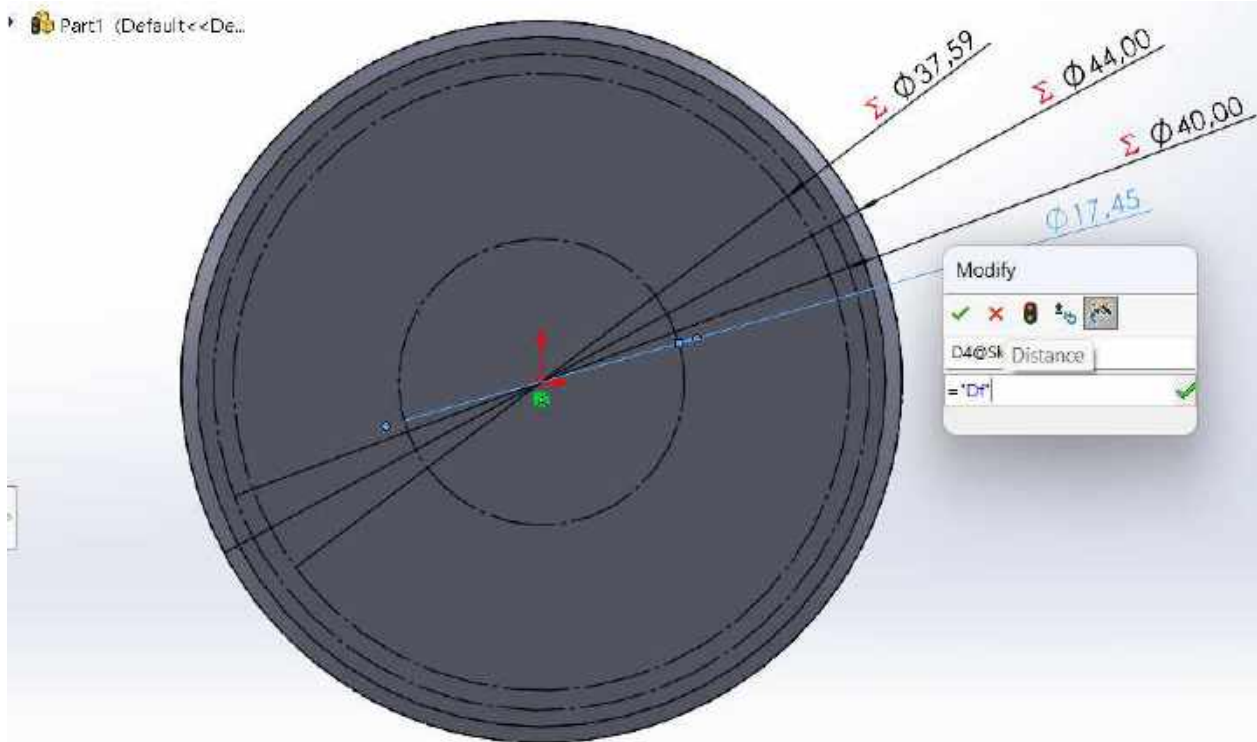


Рис. 6.13. Проставлення розмірів – змінних (кіл)

– побудуйте два допоміжні відрізки з центру кіл: перший – вертикальний з довжиною, що дорівнює половині діаметра вершин D_a , тип лінії – основна; другий – під деяким кутом до вертикалі з довжиною, що дорівнює половині ділильного діаметра D , тип лінії – **For construction (Допоміжний)** (рис. 6.14);

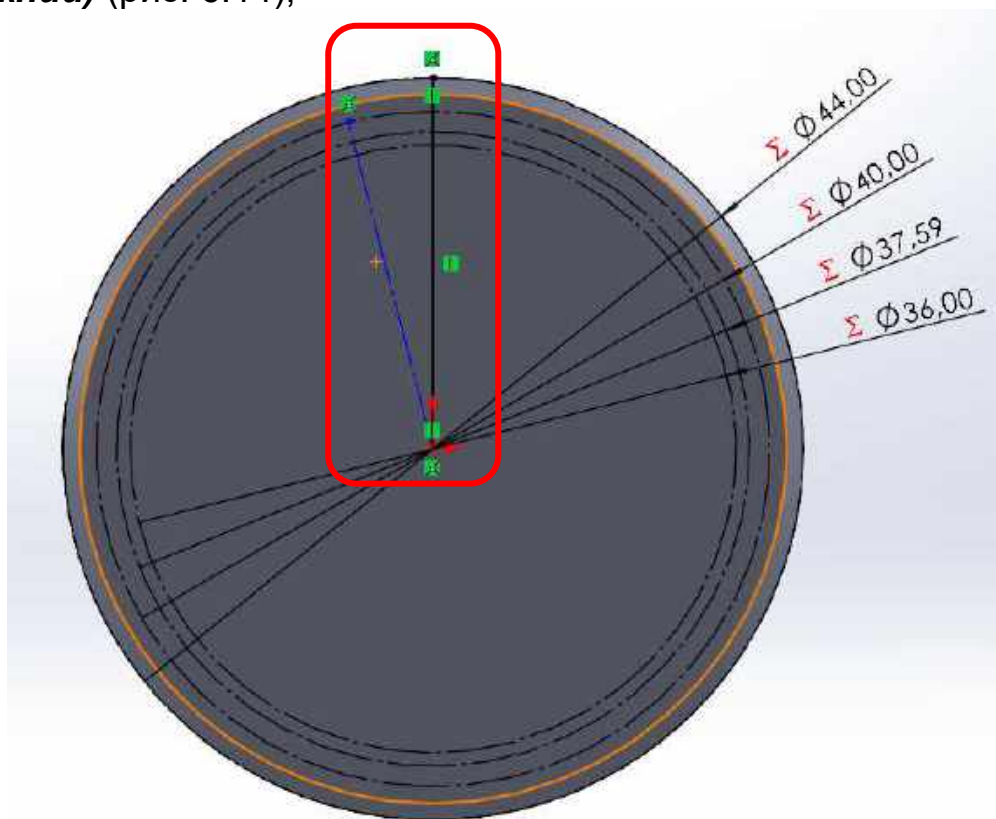


Рис. 6.14. Побудова допоміжних відрізків

– установіть кутовий розмір між двома відрізками, що дорівнює половині ширини западини ($AD/2$ ul), виберіть **Units (Одиниці вимірювання)** – deg (градуси) (рис. 6.15);

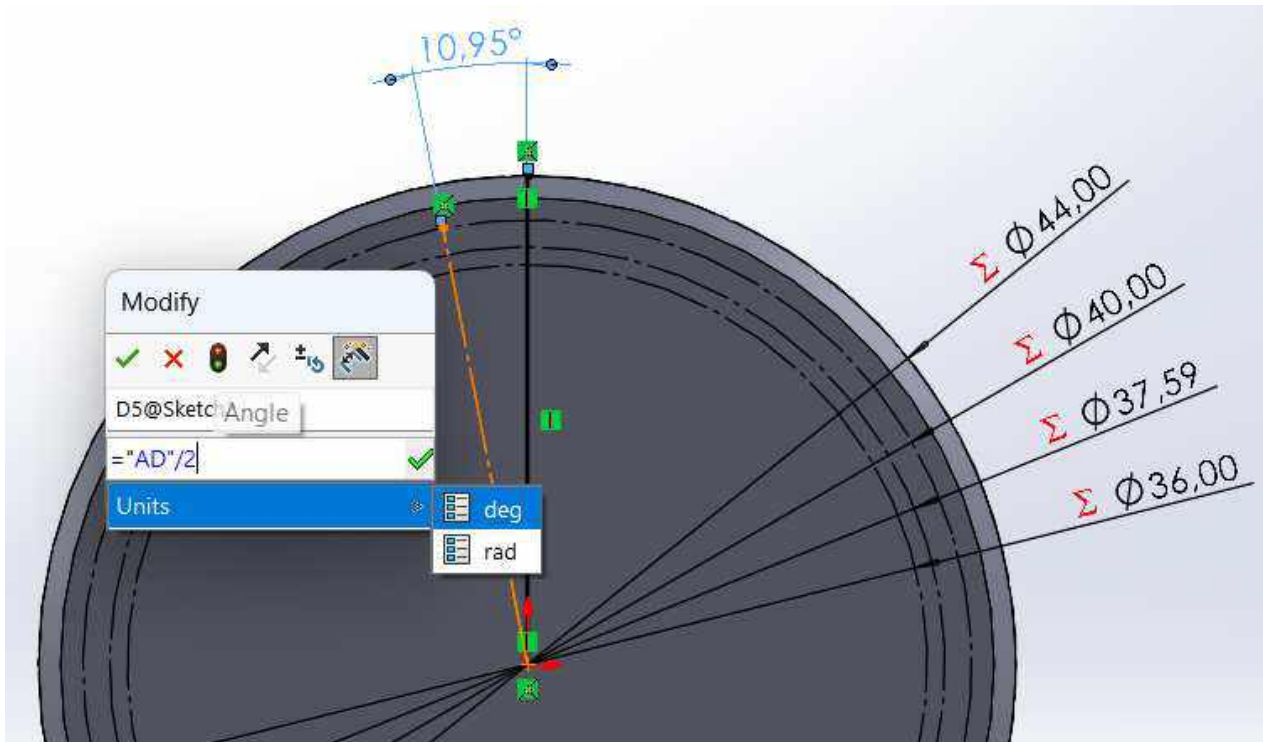


Рис. 6.15. Кутовий розмір між двома відрізками

– побудуйте перше допоміжне коло з такими параметрами: центр – серединна точка другого відрізка, радіус – $D/4$ (рис. 6.16);

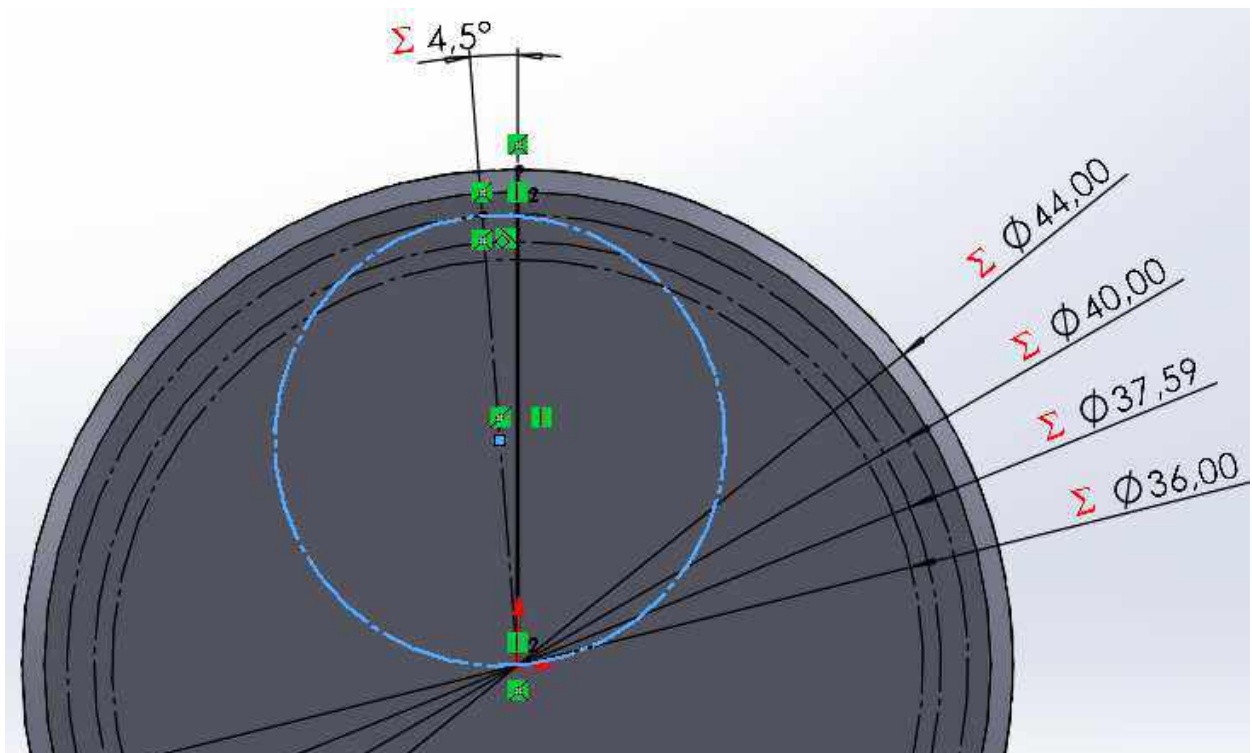


Рис. 6.16. Побудова першого допоміжного кола

– побудуйте друге допоміжне коло з такими параметрами: центр кола – точка перетину початкового кола й першого допоміжного кола; радіус – відстань від центра до точки перетину ділильного діаметра й другого допоміжного відрізка. Тип лінії – основна (рис. 6.17);

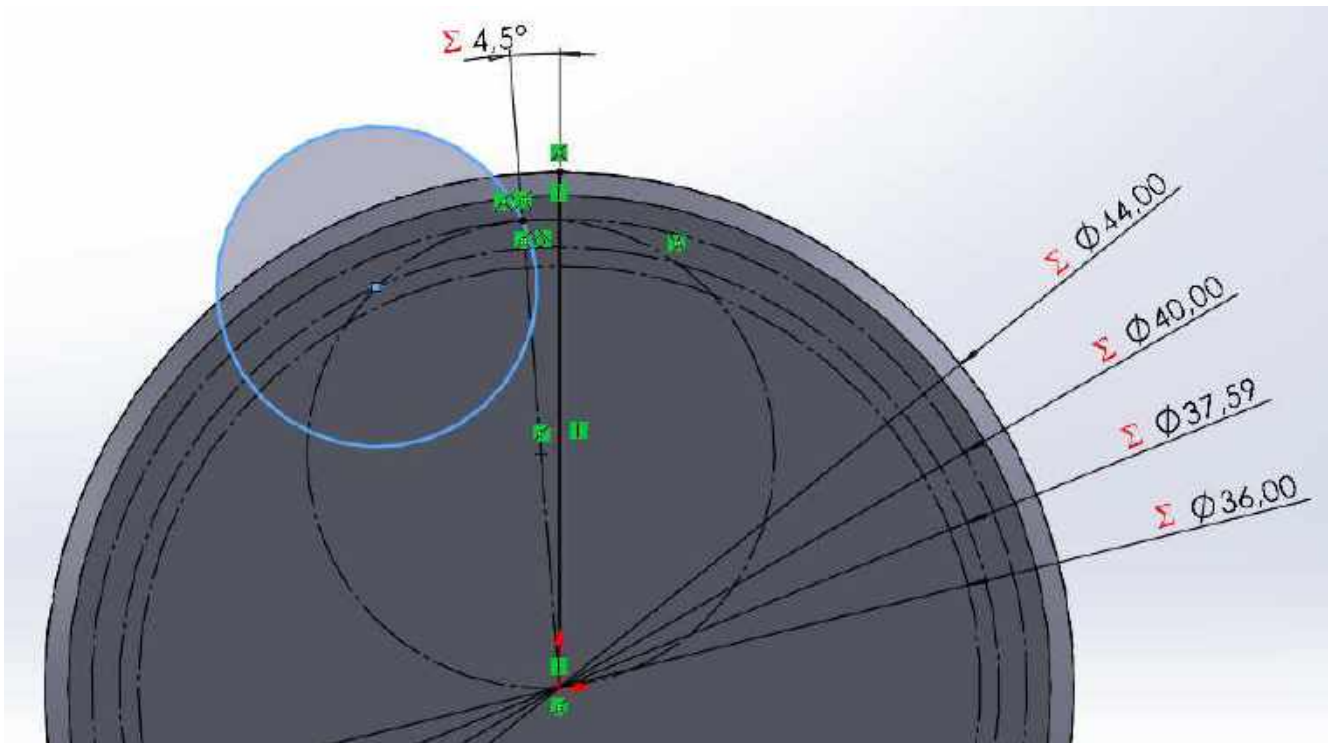



Рис. 6.17. Побудова другого допоміжного кола

– закінчіть побудову профілю западини побудовою двох дуг (тип лінії – основна), для чого використовуйте команду **Centerpoint Arc (Дуга – Центр дуги)**  (рис. 6.18);

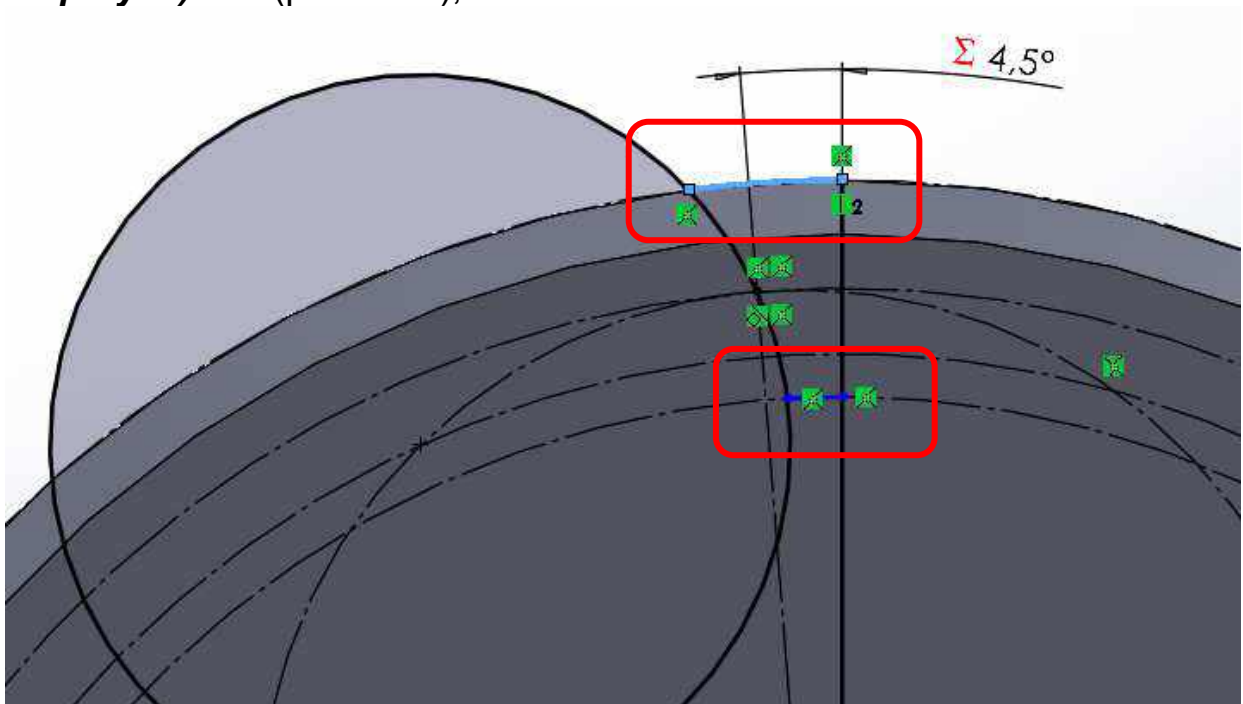



Рис. 6.18. Побудова двох дуг

- обріжте зайві елементи допоміжних кіл, використовуючи команду **Trim Entities (Відрізати)**  **Trim Entities** – **Trim to closest (Відрізати до контура)** ;
- закінчіть ескіз (рис. 6.19).

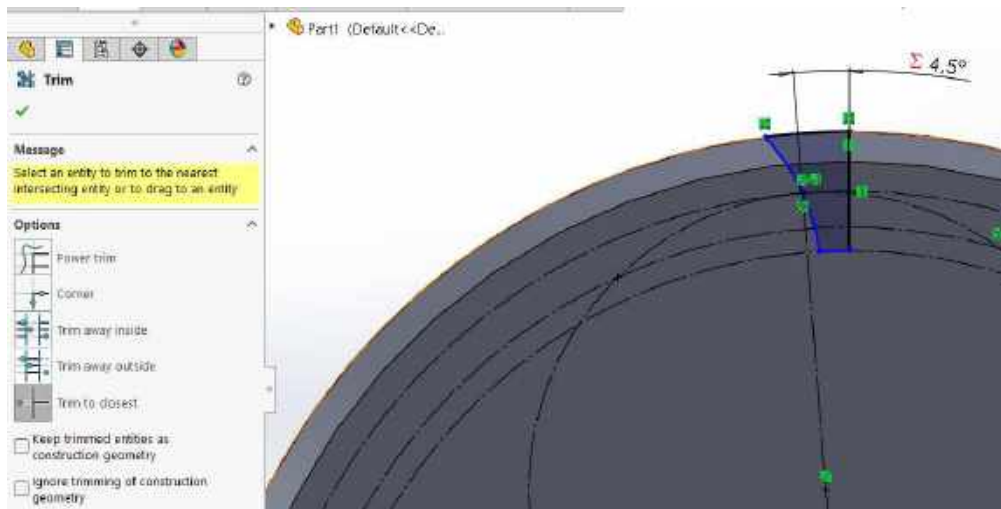
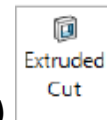



Рис. 6.19. Команда *Trim* (Відрізати)



7. Виберіть команду **Extruded Cut (Витягнутий виріз)** :
 - виберіть **Sketch (Ескіз)** у Дереві конструювання (якщо його не було вказано перед вибором операції);
 - на вкладці **Direction 1 (Напрямок 1)**:
 - у полі **End Condition (Граничні умови)** виберіть опцію **Mid Plane (Середня площина)**;
 - у полі **Depth (Глибина)** укажіть глибину, як значення введіть знак «=» і виберіть зі списку **List Parameters (Глобальних змінних)** змінну **b** – ширину зубчастого вінця (рис. 6.20);
 - створіть об'єкт, натиснувши кнопку **OK**  у діалоговому вікні;

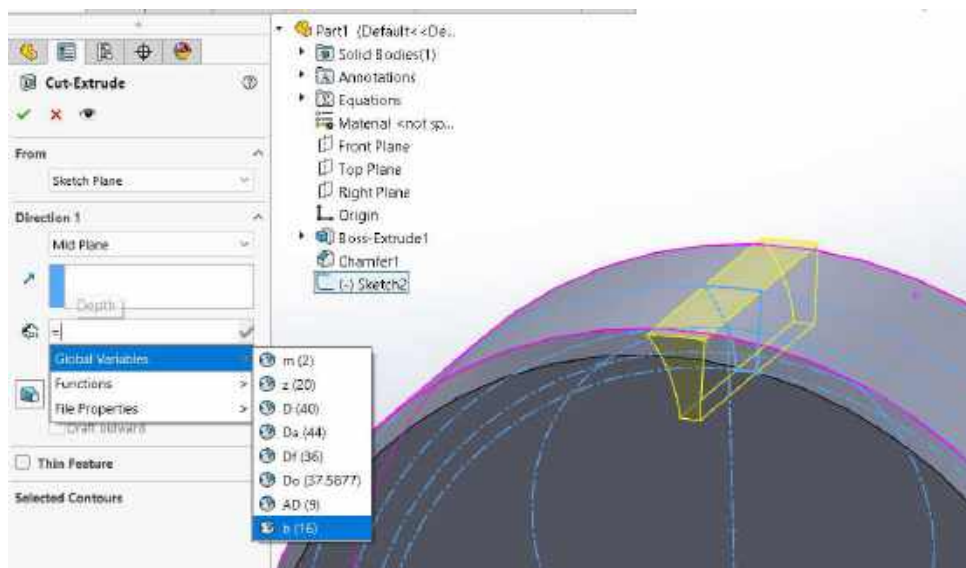



Рис. 6.20. Вирізання половини западини

- скругліть ребро в основі западини, використовуючи команду **Fillet (Скруглення)**, курсором укажіть ребро, у вікні параметрів установіть значення радіуса **M/3** (рис. 6.21).
- створіть об'єкт, натиснувши кнопку **OK**  у діалоговому вікні.

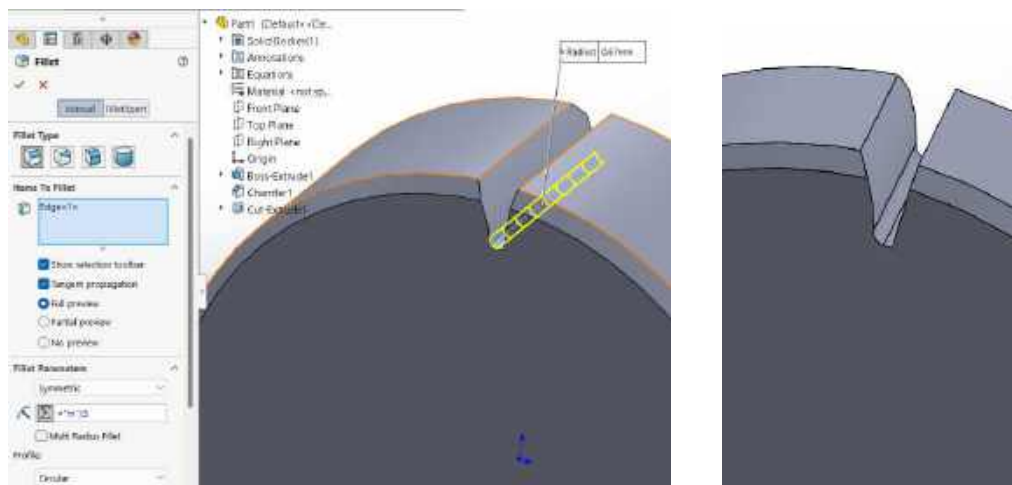


Рис. 6.21. Скруглення ребра в основі западини

8. Виконайте команду **Mirror (Дзеркальне відображення)** (рис. 6.22):

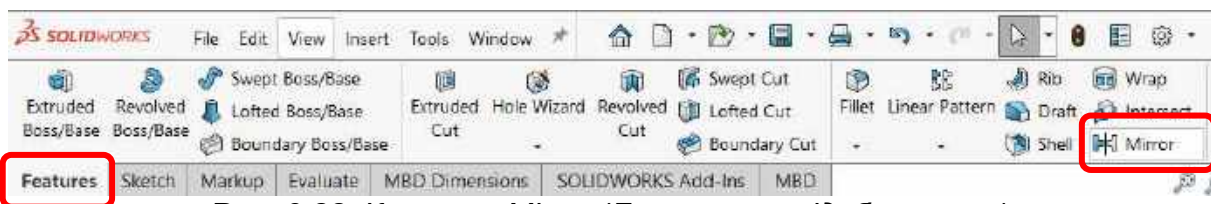



Рис. 6.22. Команда **Mirror (Дзеркальне відображення)**

- укажіть **Mirror plane (Площина симетрії)** – плоску грань западини;
- укажіть **Features (Об'єкти)** – операцію вирізання западини та скруглення ребра (рис. 6.23).
- створіть об'єкт, натиснувши кнопку **OK**  у діалоговому вікні; результат операції – на рис. 6.24.

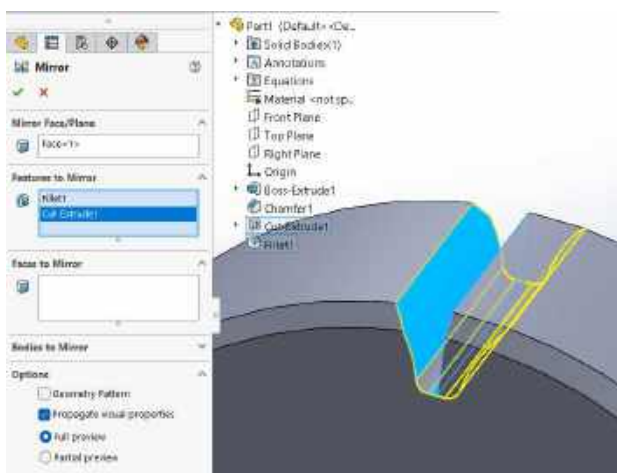


Рис. 6.23. Створення дзеркального відображення половини западини

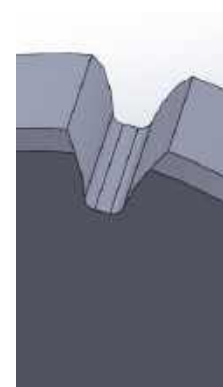



Рис. 6.24. Результат операції **Mirror (Дзеркальне відображення)**

9. Створіть круговий масив западин:

- виберіть команду **Circular Pattern (Круговий масив)** на панелі інструментів **Features (Елементи)**;
- у Менеджері властивостей команди:
 - у полі **Pattern Axis (Вісь обертання)** укажіть бокову поверхню циліндра;
 - у полі **Angle (Кут заповнення)** укажіть 360°;
 - у полі **Features (Об'єкти)** укажіть у Дереві конструювання операції **Extrude Cut (Витягнутий виріз)**, **Fillet (Скруглення)** і **Mirror (Дзеркальне відображення)**;
 - у полі **Number of Instances (Кількість екземплярів)** уведіть знак «=» і виберіть зі списку **List Parameters (Глобальних змінних)** змінну **z** – кількість зубів шестірні (рис. 6.25);
 - увімкніть тип масиву – **Geometry Pattern (Геометричний масив)**;
- створіть масив, натиснувши кнопку **OK**  у діалоговому вікні.

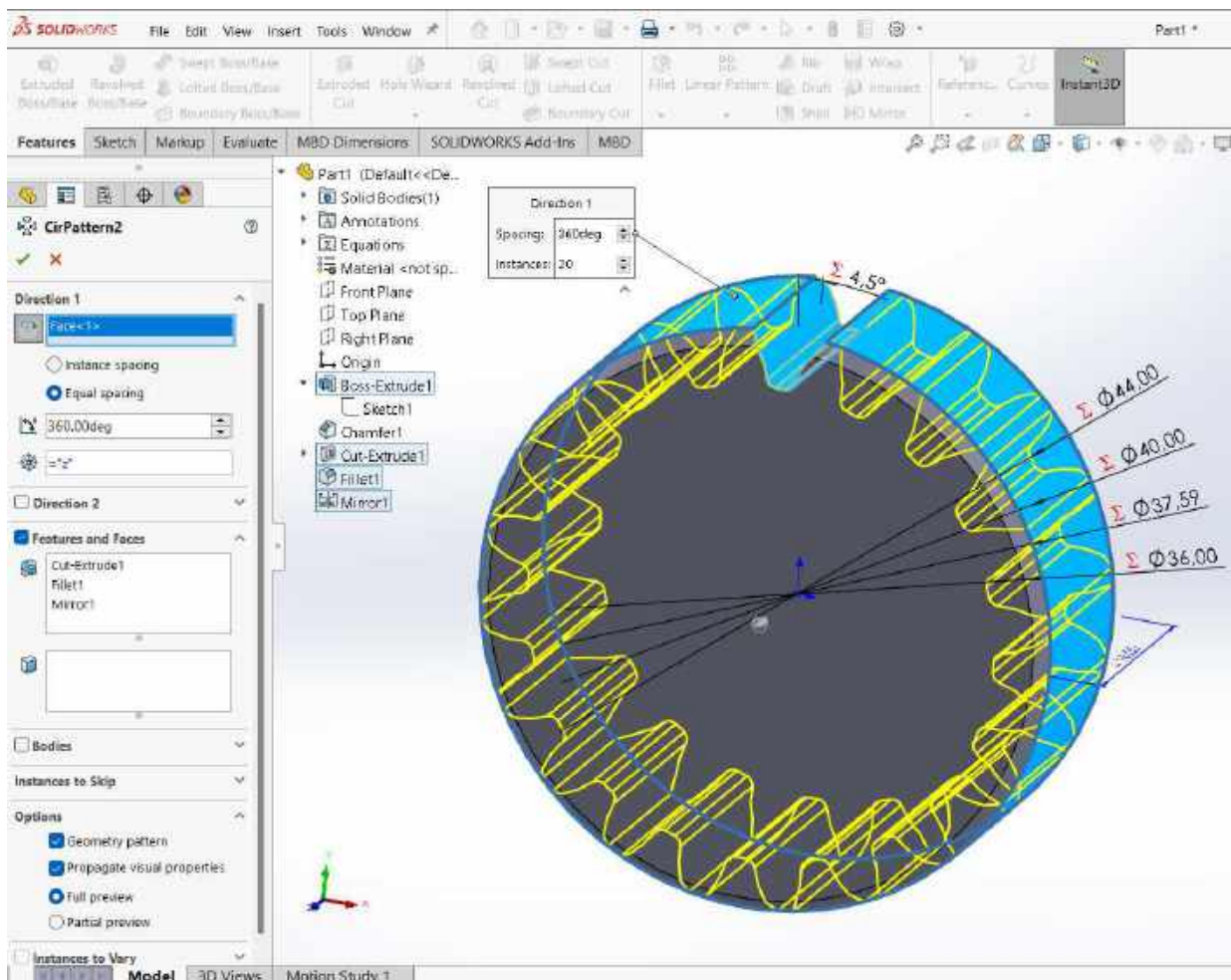


Рис. 6.25. Створення масиву западин

Після виконання цих дій отримаєте модель, яку зображено на рис. 6.26.

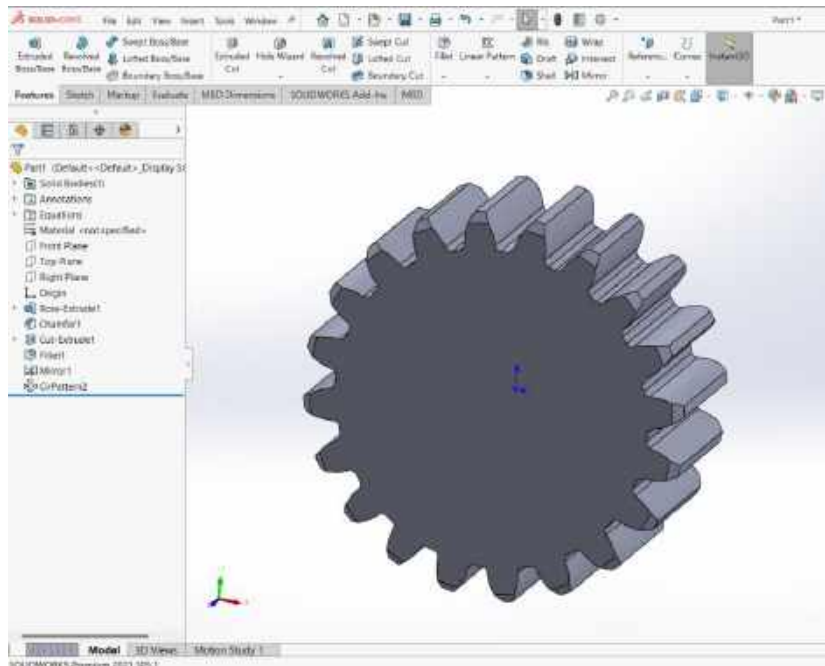


Рис. 6.26. 3D-модель деталі «Шестірня»

10. Призначте матеріал для деталі «Шестірня»:

- наведіть курсор на пункт **Material <not specified> (Матеріал)** у Дереві конструювання й викличте контекстне меню;
- виберіть матеріал зі списку часто використовуваних (рис. 6.27) або натисніть на пункт **Edit Material (Редагувати матеріал)**, щоб отримати доступ до бібліотеки матеріалів SolidWorks (рис. 6.28).

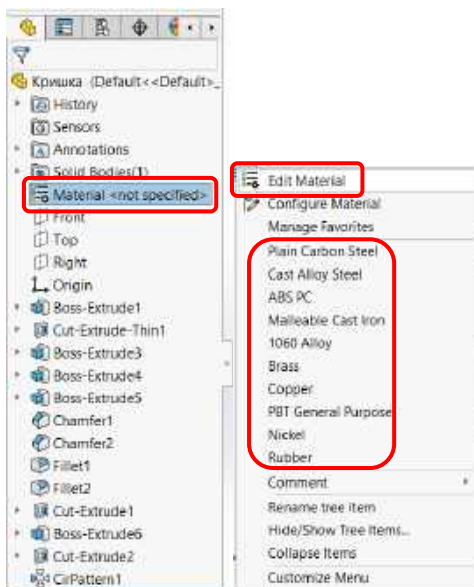


Рис. 6.27. Вибір матеріала для деталі «Шестірня»

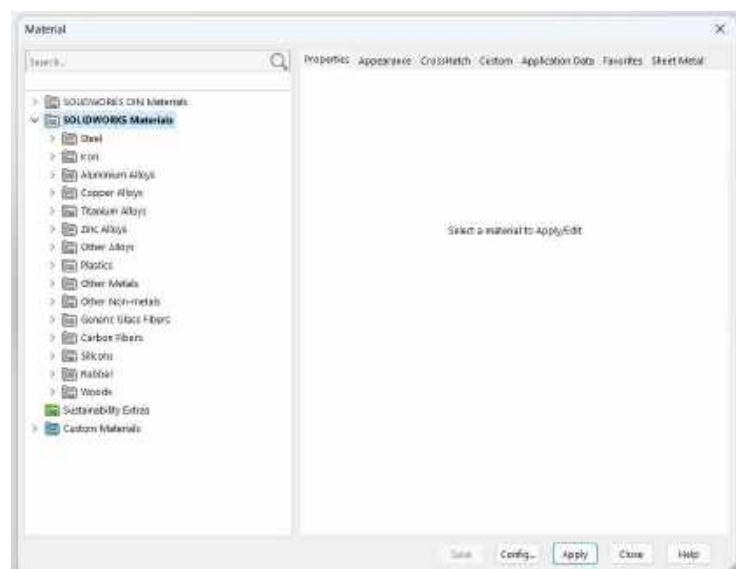


Рис. 6.28. Бібліотека матеріалів SolidWorks

11. Заповніть властивості файлу.

- Викличте команду **Properties... (Властивості)** з меню **File (Файл)** (рис. 6.29) або натисніть піктограму **File Properties (Властивості файлу)** у рядку головного меню (рис. 6.30).

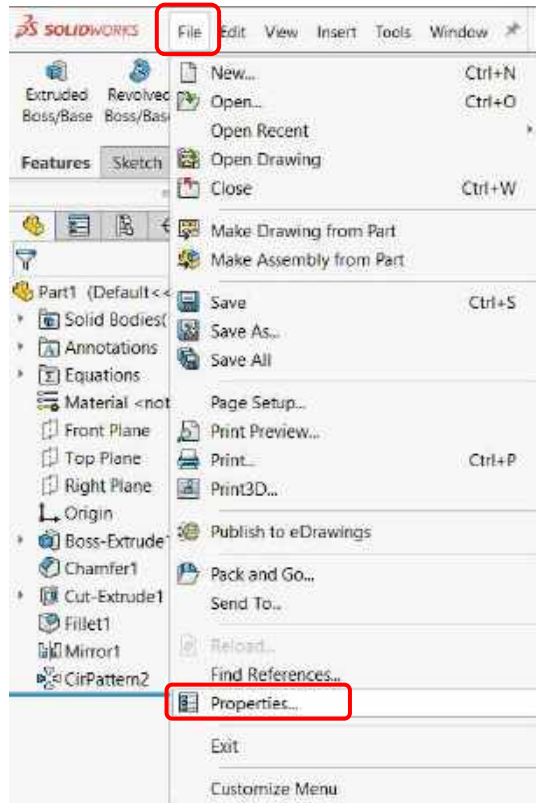


Рис. 6.29. Виклик команди *Properties...* (Властивості) з меню *File* (Файл)

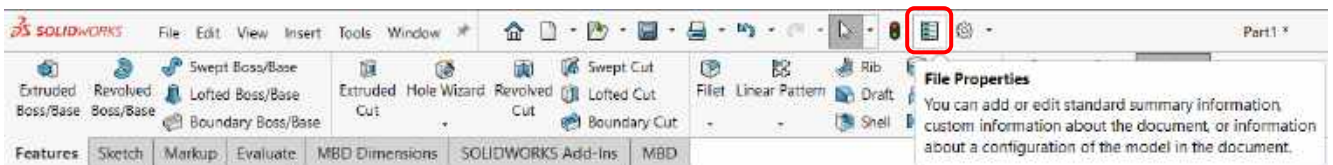


Рис. 6.30. Виклик команди *File Properties* (Властивості файлу) у рядку головного меню

У вікні **Summary Information (Сумарна інформація)**, що відкрилося, на вкладці **Configuration Specification (Конфігурація)** створіть і заповніть необхідні властивості: «Позначення», «Найменування», «Матеріал», «Маса» тощо (рис. 6.31).

Для властивостей «Матеріал», «Маса» у графі **Value/Text Expression (Значення/Текстовий вираз)** можна підтягнути вбудовані властивості SW Матеріал, Маса зі списку властивостей.

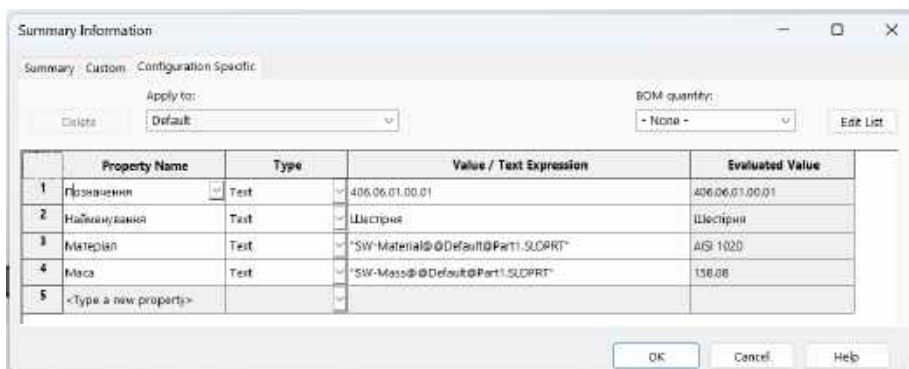


Рис. 6.31. Вікно *Summary Information* (Сумарна інформація)

12. Збережіть файл з ім'ям «Група_Прізвище_Шестірня», використовуючи команду **Save (Зберегти)**.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Назвіть основні елементи циліндричного зубчастого колеса.
2. За якими формулами визначають діаметри ділильного кола, кіл вершин і западин для циліндричного колеса?
3. Назвіть основну геометричну характеристику зубчастого колеса.
4. У яких одиницях вимірюється модуль?
5. Як умовно зображують циліндричне зубчасте колесо й циліндричні передачі?
6. Назвіть основні види шпонок. Призначення. Умовне позначення.
7. У чому полягають умовності під час зображення шліцьових деталей та їх з'єднання?
8. Як записати позначення шліцьового вала, втулки?
9. Які кресленики називають складальними?
10. Яку інформацію має містити складальний кресленик?
11. Які розміри проставляють на складальному кресленику?
12. Якими є правила проставлення номерів позицій окремих деталей на складальних креслениках?
13. Які умовності та спрощення рекомендується застосовувати на складальному кресленику?
14. Що, крім зображень, може містити складальний кресленик?
15. Назвіть основний конструкторський документ виробу?
16. Які графи містить специфікація?
17. Які розділи може містити специфікація?
18. Які форми основних написів застосовують під час оформлення специфікації?
19. У яких випадках можна суміщувати специфікацію зі складальним креслеником? Як тоді позначають документ?

Завдання 1

Виконайте розрахунок шестірні та зубчастого зачеплення згідно зі своїм варіантом:

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
m	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	2	2	2	2	2
z	18	20	22	24	26	18	20	22	24	26	18	20	22	24	26
u = z₂ / z₁	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Завдання 2

Побудуйте тривимірну модель шестірні згідно зі своїм варіантом.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Геометричне моделювання та графічні інформаційні технології. Основи роботи у Solid Works [Електронний ресурс] : лаб. практикум / Т. К. Мурадян, Н. В. Перехрест, С. Ю. Саєнко, К. П. Мсаллам. – Харків : ХАІ, 2023. – 108 с.
2. Довідник SolidWorks 2021 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://help.solidworks.com/>.
3. Інженерна графіка / В. В. Ванін, В. В. Перевертун, Т. М. Надкернична та ін. – Київ : BHV, 2009. – 400 с.
4. Інженерна та комп'ютерна графіка : підручник / В. Є. Михайленко, В. М. Найдиш, А. М. Підкоритов, І. А. Скидан; за ред. В. Є. Михайленка. – Київ : Вища шк., 2000. – 342 с.
5. Козяр, М. М. Комп'ютерна графіка: SolidWorks : навч. посіб. / М. М. Козяр, Ю. В. Фещук, О. В. Парфенюк. – Херсон : Олді-плюс, 2018. – 252 с.
6. Конструктивні елементи деталей машин. Розробка кресленника вала : навч. посіб. / О. О. Сідаченко, Ю. Г. Андренко, Ю. А. Кузнєцова, К. П. Мсаллам, З. О. Погорєлова, Ю. В. Ковеза. – Харків : ХАІ, 2010. – 60 с.
7. Михайленко, В. Є. Інженерна та комп'ютерна графіка: підручник / В. Є. Михайленко, В. В. Ванін, С. М. Ковальов; за ред. В. Є. Михайленка. – Київ : Каравела, 2010. – 360 с.

ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ

Таблиця Д.1

Нарізи метричні ISO загального призначення.
Номінальний діаметр/крок нарізі (ДСТУ ISO 261:2005)

Номінальний діаметр D, d			Крок нарізі P		Номінальний діаметр D, d			Крок нарізі P	
1-й вибір	2-й вибір	3-й вибір	великий	дрібний	1-й вибір	2-й вибір	3-й вибір	великий	дрібний
2	-	-	0,4	0,25	-	-	(38)	-	1,5
-	2,2	-	0,45	0,25	-	39	-	4	3; 2; 1,5; 1
2,5	-	-	0,45	0,35	-	-	40	-	(3); (2); 1,5
3	-	-	0,5	0,35	42	-	-	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
-	3,5	-	(0,6)	0,35	-	45	-	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
4	-	-	0,7	0,5	48	-	-	5	(4); 3; 2; 1,5; 1
-	4,5	-	(0,75)	0,5	-	-	50	-	(3); (2); 1,5
5	-	-	0,8	0,5	-	52	-	5	(4); 3; 2; 1,5; 1
-	-	(5,5)	-	0,5	-	-	55	-	(4); (3); 2; 1,5
6	-	-	1	0,75; 0,5	56	-	-	5,5	4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	7	1	0,75; 0,5	-	-	58	-	(4); (3); 2; 1,5
8	-	-	1,25	1; 0,75; 0,5	-	60	-	(5,5)	4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	9	(1,25)	1; 0,75; 0,5	-	-	62	-	(4); (3); 2; 1,5
10	-	-	1,5	1,25; 1; 0,75; 0,5	64	-	-	6	4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	11	(1,5)	1; 0,75; 0,5	-	-	65	-	(4); (3); 2; 1,5
12	-	-	1,75	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5	-	68	-	6	4; 3; 2; 1,5; 1
-	14	-	2	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5	-	-	70	-	(6); (4); (3); 2; 1,5
-	-	15	-	1,5; (1)	72	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
16	-	-	2	1,5; 1; 0,75; 0,5	-	-	75	-	(4); (3); 2; 1,5
-	-	17	-	1,5; (1)	-	76	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
-	18	-	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5	-	-	(78)	-	2
20	-	-	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5	80	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
-	22	-	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5	-	-	(82)	-	2
24	-	-	3	2; 1,5; 1; 0,5	-	85	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	-	(26)	-	1,5	90	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	27	-	3	2; 1,5; 1; 0,75	-	95	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	-	(28)	-	2; 1,5; 1	100	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
30	-	-	3,5	(3); 2; 1,5; 1	-	105	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	-	(32)	-	2; 1,5	110	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	33	-	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75	-	115	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	-	35	-	1,5	-	120	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
36	-	-	4	3; 2; 1,5; 1	125	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5

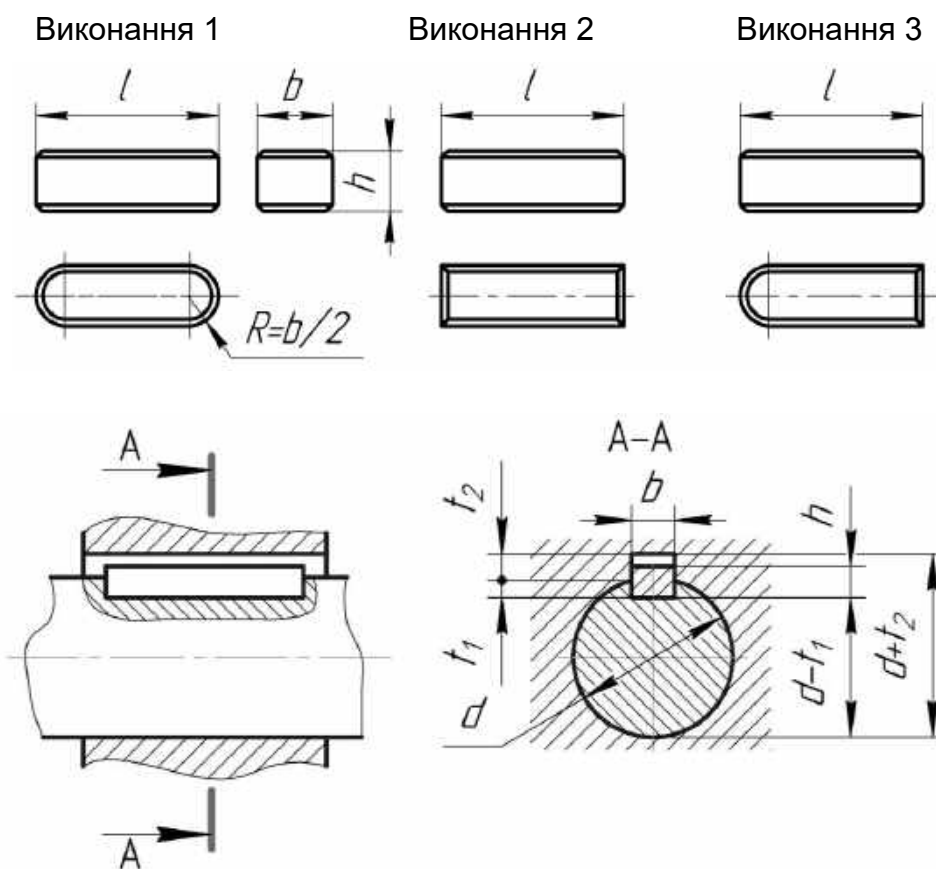
Примітки:

1. Діаметри нарізей треба вибирати у колонці 1, у колонці 2 – потреби, а вже потім – у колонці 3.
2. Кроки нарізі, указані в дужках, застосовувати не рекомендується.

Нормальні лінійні розміри, мм (ДСТУ ГОСТ 6636–69)

Ряд				Додатковий розмір	Ряд				Додатковий розмір		
Ra5	Ra10	Ra20	Ra40		Ra5	Ra10	Ra20	Ra40			
1,0	1,0	1,0	1,0		10	12	12	12	12,5		
		1,1	1,05				14	13	13,5		
			1,1				14	14	14,5		
			1,15				15	15	15,5		
1,2	1,2	1,2	1,2	1,25	16	16	16	16	16,5		
		1,4	1,3				18	17	17,5		
			1,4					18	18	18,5	
			1,5					19	19	19,5	
1,6	1,6	1,6	1,6	1,65			20	20	20,5		
			1,7					22	21	21,5	
			1,8						22	23	
			1,9						24		
2,0	2,0	2,0	2,0	2,05	25	25	25	25	27		
		2,2	2,1				28	26	29		
			2,2					28	28	31	
			2,4					30	30	33	
2,5	2,5	2,5	2,5	2,7			32	32	35		
		2,8	2,6				36	34	37		
			2,8						36	39	
			3,0						38		
3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	40	40	40	40	41		
		3,6	3,4				45	42	44		
			3,6						45	46	
			3,8						48	49	
4,0	4,0	4,0	4,0	4,1			50	50	52		
			4,2					56	53	55	
			4,5						56	58	
			4,8						60	62	
5,0	5,0	5,0	5,0	5,2	63	63	63	63	65		
		5,6	5,3				71	67	70		
			5,6						71	73	
			6,0						75	78	
6,3	6,3	6,3	6,3	6,5			80	80	82		
		7,1	6,7				90	85	88		
			7,1						90	92	
			7,5						95	98	
8,0	8,0	8,0	8,0	8,2	100	125	110	105	102	108	
		9,0	8,5				140	120	112	115	
			9,0						130	118	135
			9,5						150	145	155
10	10	10	10	10,2	160	200	180	170	165		
		11	10,5				220	190	185		
			11						210	205	
			11,5						240	230	
				10,8					175		
				11,2					195		
				11,8					215		

Розміри призматичних шпонок і пазів під шпонки, мм
(ДСТУ ГОСТ 23360–78)



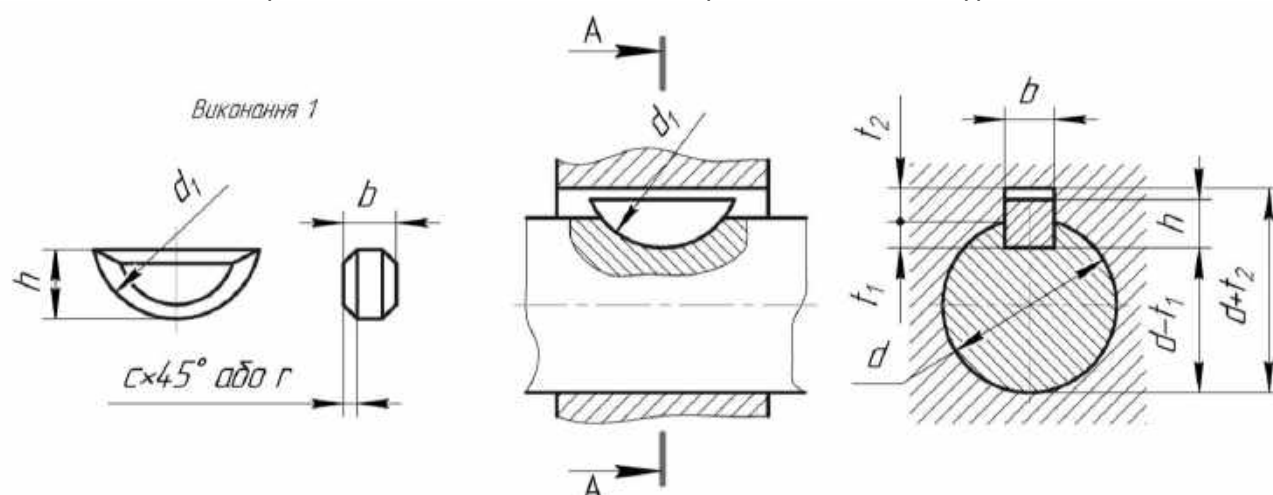
Діаметр вала d	Переріз шпонки b h		Глибина паза		Радіус скруглення пазів r	Довжина шпонки l
			вала t_1	втулки t_2		
8...10	3	3	1,8	1,4	0,08...0,16	6...28
10...12	4	4	2,5	1,8		8...32
12...17	5	5	3	2,3	0,16...0,25	10...45
17...22	6	6	3,5	2,8		14...56
22...30	7;8	7	4	3,3		18...70
30...38	10	8	5	3,3	0,25...0,4	22...90
38...44	12	8	5	3,3		28...110
44...50	14	9	5,5	3,8		36...140
50...58	16	10	6	4,3		45...180
58...65	18	11	7	4,4		50...200

Примітка. Ряд нормальних довжин шпонок: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125 мм.

Приклад позначення:

Шпонка 2-18x11x60 ДСТУ ГОСТ 23360–78, де 2 – виконання (виконання 1 не вказують), 18x11 – переріз (18 – ширина, 11 – висота), 60 – довжина.

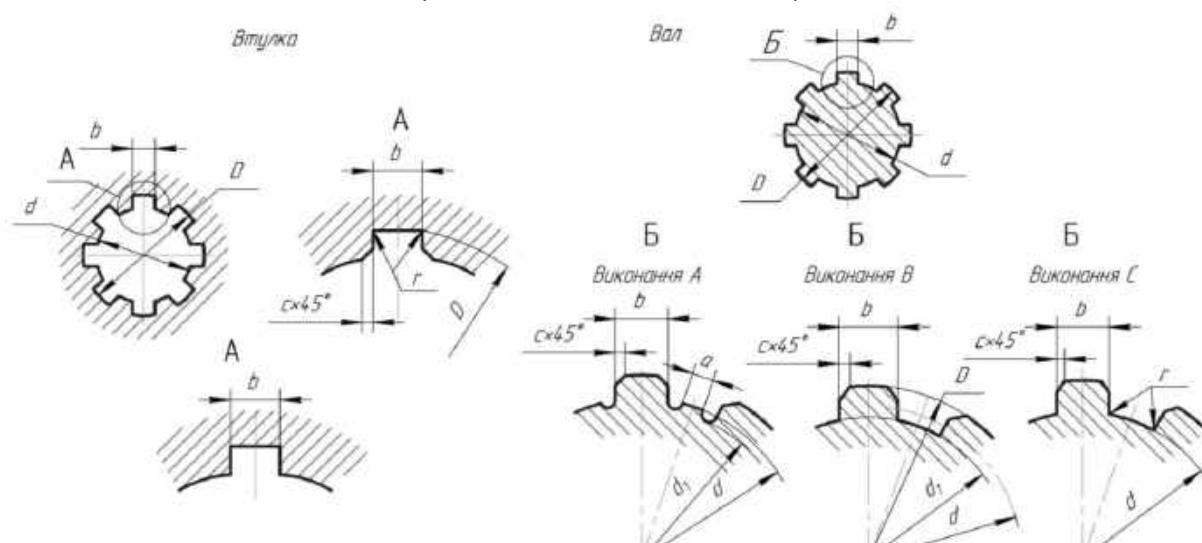
Розміри сегментних шпонок і пазів під шпонки, мм
(ДСТУ ГОСТ 24071:2005 (ISO 3912:1977))



Діаметр вала d		Розміри шпонок			Глибина паза		Радіус скруглення паза
Передавання крутних моментів	Фіксація елементів	b	h	d ₁	вала t ₁	втулки t ₂	r
8...10	12...15	3	5	13	3,8	1,4	0,08...0,16
10...12	15...18		6,5	16	5,3		
12...14	18...20	4	7,5	19	5	1,8	0,16...0,25
14...16	20...22		6,5	16	6		
16...18	22...25	5	6,5	16	4,5	2,3	
18...20	25...28				7		
20...22	28...32	6	9	22	6,5	2,8	
22...25	32...36				7,5		
25...28	36...40	8	10	25	7,5	3,3	0,25...0,40
28...32	> 40		11	28	8		
32...38		10	13	32	10		

Приклад позначення: Шпонка 5х6,5 ДСТУ ГОСТ 24071:2005, де 5 – ширина, 6,5 – висота шпонки.

Параметри прямобічних шліців, мм
(ДСТУ ГОСТ 1139–80)



$z \times d \times D$	Кількість зубів z	d	D	b	d_1 , не менше	a , не менше	c	Діаметр фрези $D_{фр}$	r , не більше
Легка серія									
6×23×26	6	23	26	6	22,1	3,54	0,3	70	0,2
6×26×30	6	26	30	6	24,6	3,85		70	
6×28×32	6	28	32	7	26,7	4,03		70	
8×32×36	8	32	36	6	30,4	2,71	0,4	70	0,3
8×36×40	8	36	40	7	34,5	3,46		80	
8×42×46	8	42	46	8	40,4	5,03		80	
8×46×50	8	46	50	9	44,6	5,75	0,5	90	0,5
8×52×58	8	52	58	10	49,7	4,89		90	
8×56×62	8	56	62	10	53,6	6,38		90	
8×62×68	8	62	68	12	59,8	7,31	0,5	100	0,5
10×72×78	10	72	78	12	69,6	5,45		100	
10×82×88	10	82	88	12	79,3	8,62		100	
10×92×98	10	92	98	14	89,4	10,08		112	
Середня серія									
6×11×14	6	11	14	3	9,9	-	0,3	63	0,2
6×13×16	6	13	16	3,5	12,0	-		63	
6×16×20	6	16	20	4	14,5	-		63	
6×18×22	6	18	22	5	16,7	-		63	
6×21×25	6	21	25	5	19,5	1,95		70	
6×23×28	6	23	28	6	21,3	1,34		70	
6×26×32	6	26	32	6	23,4	1,65	0,4	80	0,3
6×28×34	6	28	34	7	25,9	1,70		80	
8×32×38	8	32	38	6	29,4	-		80	
8×36×42	8	36	42	7	33,5	1,02	0,5	90	0,5
8×42×48	8	42	48	8	39,5	2,57		90	
8×46×54	8	46	54	9	42,7	-		100	
8×52×60	8	52	60	10	48,7	2,44	0,5	100	0,5
8×56×65	8	56	65	10	52,2	2,50		100	
8×62×72	8	62	72	12	57,8	2,40		112	
10×72×82	10	72	82	12	67,4	-		112	

$z \times d \times D$	Кількість зубів z	d	D	b	d_1 , не менше	a , не менше	c	Діаметр фрези $D_{фр}$	r , не більше
Важка серія									
10×16×20	10	16	20	2,5	14,1	-	0,3	63	0,2
10×18×23	10	18	23	3	15,6			63	
10×21×26	10	21	26	3	18,5			70	
10×23×29	10	23	29	4	20,3			70	
10×26×32	10	26	32	4	23,0		0,4	80	0,3
10×28×35	10	28	35	4	24,4			80	
10×32×40	10	32	40	5	28,0			80	
10×36×45	10	36	45	5	31,3			90	
10×42×52	10	42	52	6	36,9			90	
10×46×56	10	46	56	7	40,9		0,5	90	0,5
16×52×60	16	52	60	5	47,0			90	
16×56×65	16	56	65	5	50,6			90	
16×62×72	16	62	72	6	56,1			90	
16×72×82	16	72	82	7	65,9			90	
20×82×92	20	82	92	6	75,6			90	

Примітка. Три способи центрування прямокутних шліцьових з'єднань: по зовнішньому діаметру D ; по внутрішньому діаметру d ; по бічних гранях b зубів.

Приклад зображення та позначення прямокутних шліців:

D – центрування за зовнішнім діаметром вала;

z – кількість зубів;

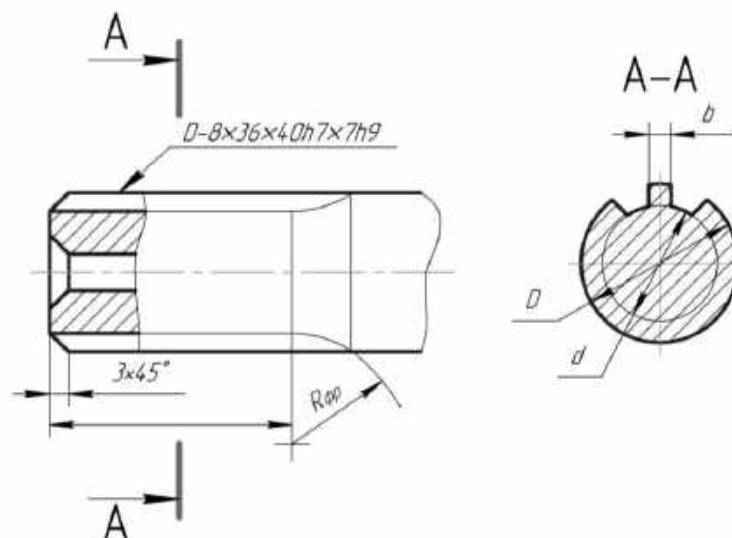
d – внутрішній діаметр, мм;

D – зовнішній діаметр, мм;

$h7$ – посадка по зовнішньому діаметру;

b – ширина зуба, мм;

$h9$ – посадка по ширині зуба.



Параметри евольвентних шліців (ДСТУ ГОСТ 6033–80)

Центрування
по зовнішньому діаметру



Центрування по
бічних поверхнях

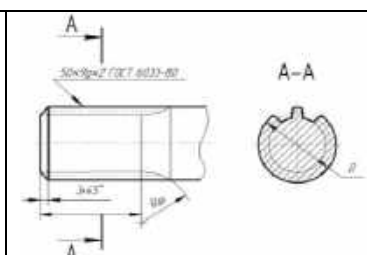


Модуль, мм	0,5	0,8	1,25	2	3	Модуль, мм	3	5	8
Діаметр фрези $D_{фр}$, мм	50	50	50	63	80	Діаметр фрези $D_{фр}$, мм	80	90	118
Номинальний діаметр D_v , мм	Кількість зубів z					Номинальний діаметр D_v , мм	Кількість зубів z		
6	10	6	-	-	-	85	27	15	-
8	14	8	-	-	-	90	28	16	-
10	18	11	-	-	-	95	30	16	-
12	22	13	-	-	-	100	32	18	-
15	28	17	-	-	-	110	35	20	-
17	-	20	12	-	-	120	38	22	-
20	-	23	14	-	-	140	45	26	-
25	-	30	18	-	-	160	52	30	18
30	-	36	22	-	-	180	56	34	21
35	-	-	26	16	-	200	-	38	24
40	-	-	30	18	-	220	-	42	26
45	-	-	34	21	-	240	-	46	28
50	-	-	38	24	-	260	-	50	31
55	-	-	-	26	17	300	-	58	36
60	-	-	-	28	18	340	-	-	41
65	-	-	-	31	20	380	-	-	46
70	-	-	-	34	22	400	-	-	48
75	-	-	-	36	24	440	-	-	54
80	-	-	-	38	25	480	-	-	58

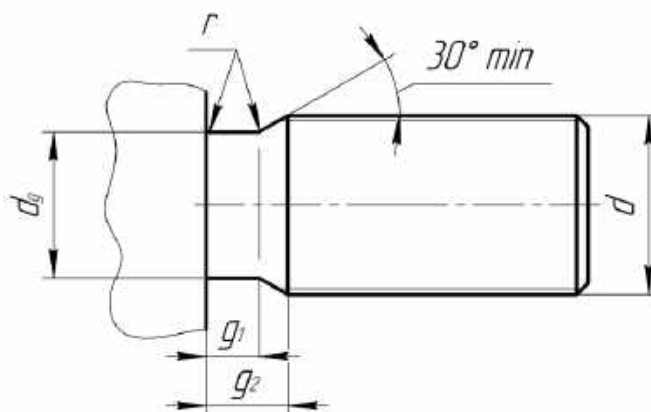
Приклад зображення та позначення евольвентних шліців:

- Позначення отворів, валів і з'єднань евольвентного профілю:
- 50 – зовнішній діаметр D , мм;
 - g6 – посадка по діаметру D , що центрується;
 - 2 – модуль m .

- Приклади позначення евольвентних шліців за ГОСТ 6033-80:
- центрування по бічних поверхнях зуба – 50x2hg9 ГОСТ 6033–80;
 - центрування по зовнішньому діаметру – 50xg9x2 ГОСТ 6033–80;
 - центрування по внутрішньому діаметру – 50x2hg6 ГОСТ 6033–80.



Проточки нарізні для зовнішньої метричної нарізі, мм
(ДСТУ ISO 4755:2007)

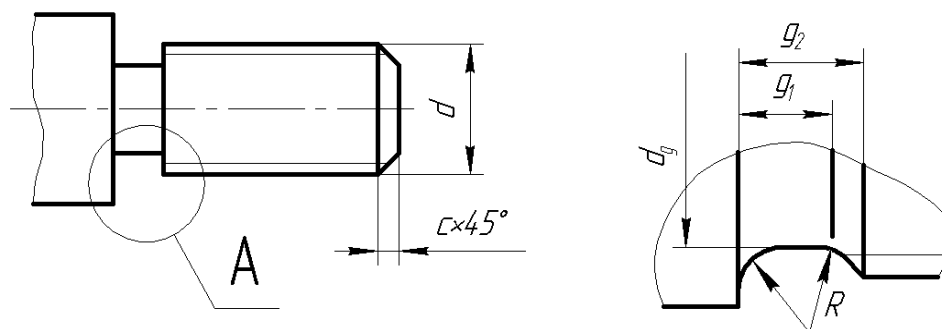


Крок нарізі P	d_g	$g_1^{1)}$	g_2 (max $3 \approx P$)	$r \approx$
0,25	$d - 0,4$	0,4	0,75	0,12
0,3	$d - 0,5$	0,5	0,9	0,16
0,35	$d - 0,6$	0,6	1,05	0,16
0,4	$d - 0,7$	0,6	1,2	0,2
0,45	$d - 0,7$	0,7	1,35	0,2
0,5	$d - 0,8$	0,8	1,5	0,2
0,6	$d - 1$	0,9	1,8	0,4
0,7	$d - 1,1$	1,1	2,1	0,4
0,75	$d - 1,2$	1,2	2,25	0,4
0,8	$d - 1,3$	1,3	2,4	0,4
1	$d - 1,6$	1,6	3	0,6
1,25	$d - 2$	2	3,75	0,6
1,5	$d - 2,3$	2,5	4,5	0,8
1,75	$d - 2,6$	3	5,25	1
2	$d - 3$	3,4	6	1
2,5	$d - 3,6$	4,4	7,5	1,2
3,5	$d - 4,4$	5,2	9	1,6
3,5	$d - 5$	6,2	10,5	1,6
4	$d - 5,1$	7	12	2
4,5	$d - 6,4$	8	13,5	2,5
5	$d - 7$	9	15	2,5
5,5	$d - 7,7$	10	17,5	3,2
6	$d - 8,3$	11	18	3,2

Примітка. g_1 визначають за мінімальним кутом переходу 30° .

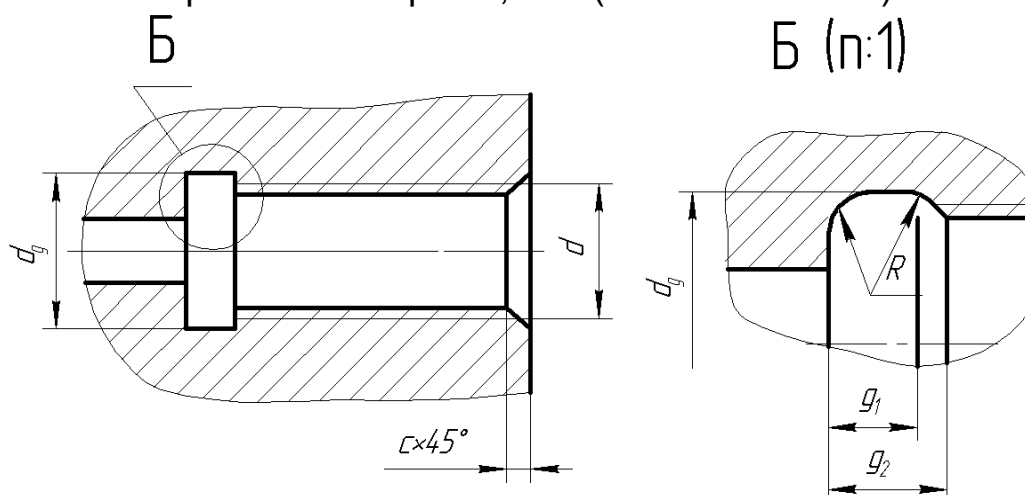
Форма і розміри проточки для зовнішньої метричної нарізі
кріпильних виробів, мм (ГОСТ 27148–86)

A (п:1)



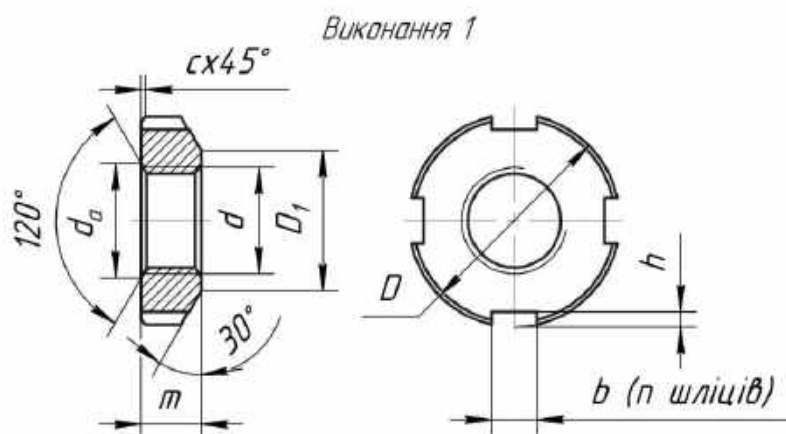
Крок нарізі p	Номинальний діаметр нарізі d	Проточка			
		dg	g1 не менше	g2 не більше 3p	R ≈ 0,5p
0,35	1,6; 1,8	d - 0,6	0,6	1,05	0,16
0,4	2	d - 0,7	0,6	1,2	0,2
0,45	2,2; 2,5	d - 0,7	0,7	1,35	0,2
0,5	3	d - 0,8	0,8	1,5	0,2
0,6	3,5	d - 1	0,9	1,8	0,4
0,7	4	d - 1,1	1,1	2,1	0,4
0,75	4,5	d - 1,2	1,2	2,25	0,4
0,8	5	d - 1,3	1,3	2,4	0,4
1	6; 7	d - 1,6	1,6	3	0,6
1,25	8	d - 2	2	3,75	0,6
1,5	10	d - 2,3	2,5	4,5	0,8
1,75	12	d - 2,6	3	5,25	1
2	14; 16	d - 3	3,4	6	1
2,5	18; 20; 22	d - 3,6	4,4	7,5	1,2
3	24; 27	d - 4,4	5,2	9	1,6
3,5	30; 33	d - 5	6,2	10,5	1,6
4	36; 39	d - 5,7	7	12	2
4,5	42; 45	d - 6,4	8	13,5	2
5	48; 52	d - 7	9	15	2,5
5,5	56; 60	d - 7,7	11	17,5	3,2
6	64; 68	d - 8,3	11	18	3,2

Форма і розміри проточки для внутрішньої метричної нарізі кріпильних виробів, мм (ГОСТ 27148–86)



Крок нарізі p	Номінал. діаметр нарізі d	Проточка					
		g ₁ , не менше		g ₂ , не більше		d _g	R ≈ 0,5p
		нормальна	вузька	нормальна	вузька		
0,35	1,6	1,4	0,9	1,9	1,4	d + 0,2	0,16
0,4	2	1,6	1,0	2,2	1,6	d + 0,2	0,2
0,45	2,5	1,8	1,1	2,4	1,7	d + 0,2	0,2
0,5	3	2,0	1,25	2,7	2	d + 0,3	0,2
0,6	3,5	2,4	1,5	3,3	2,4	d + 0,3	0,4
0,7	4	2,8	1,75	3,8	2,75	d + 0,3	0,4
0,75	4,5	3,0	1,9	4	2,9	d + 0,3	0,4
0,8	5	3,2	2,0	4,2	3	d + 0,3	0,4
1	6	4,0	2,5	5,2	3,7	d + 0,5	0,6
1,25	8	5,0	3,2	6,7	4,9	d + 0,5	0,6
1,5	10	6,0	3,8	7,8	5,6	d + 0,5	0,8
1,75	12	7,0	4,3	9,1	6,4	d + 0,5	1
2	14; 16	8,0	5,0	10,3	7,3	d + 0,5	1
2,5	18; 20; 22	10,0	6,3	13,0	9,3	d + 0,5	1,2
3	24; 27	12,0	7,5	15,2	10,7	d + 0,5	1,6
3,5	30; 32	14,0	9,0	17,7	12,7	d + 0,5	1,6
4	36; 39	16,0	10,0	20	14	d + 0,5	2
4,5	42; 45	18,0	11,0	23	16	d + 0,5	2
5	48; 52	20,0	12,5	26	18,5	d + 0,5	2,5
5,5	56; 60	22,0	14,0	28	20	d + 0,5	3,2
6	64; 68	24,0	15,0	30	21	d + 0,5	3,2

Розміри гайок круглих шліцьових, мм
(ДСТУ ГОСТ 11871–88)

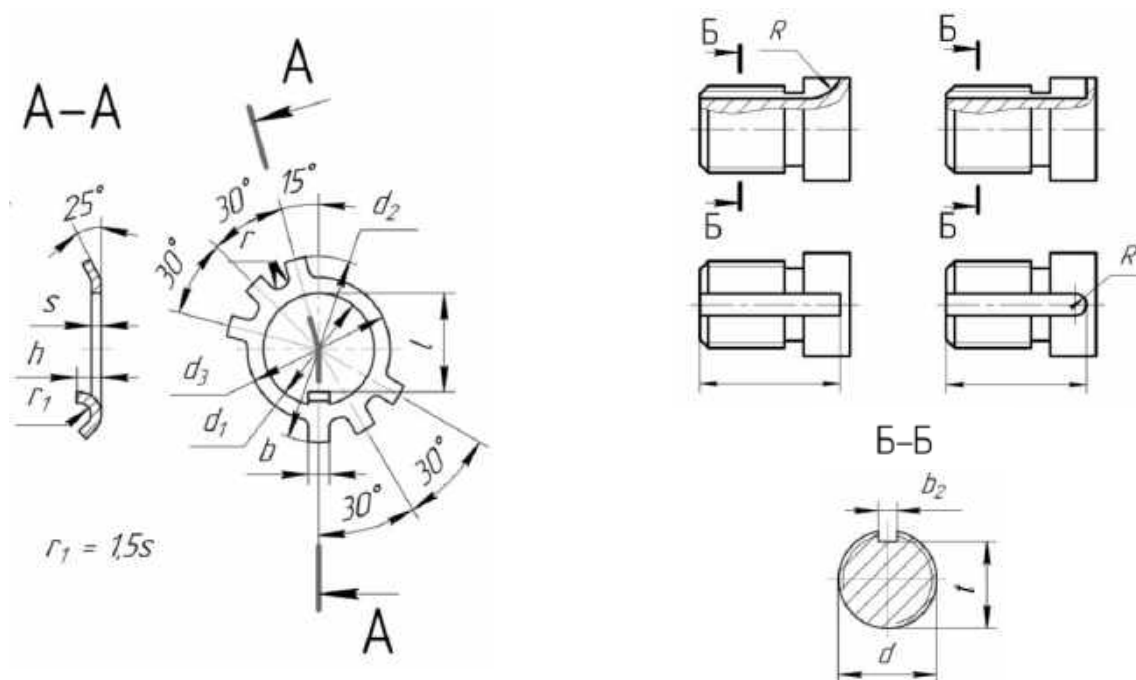


Номінал. діаметр нарізі d	Крок нарізі p	D	m	D_1	d_a		s , не більше	b	h	Кількість шліців n
					не більше	не менше				
6	1	16	5	9,5	6	6,75	0,6	2	2,0	4
8	1	18(22)	6	13(13,5)	8	8,75		3,5	2,0	
10	1,25	22(24)	8	15(15,5)	10	10,8		4	2,0	
12	1,25	26	8	15(17,5)	12	13		4	2,0	
14	1,5	28	8	20(18,5)	14	15,1	0,6	6	2,0	
16		30		22	16	17,3	1,0(0,6)			
18		32		24	18	19,4	1,0			
20		34		27(26)	20	21,6	1,0			
22		38	10	30(29)	22	23,8	1	6	2,5	
24		42		34(33)	24	25,9				
27		45		34(31)	27	29,2				
30		48		39(38)	30	32,4				
33	52	10	40	33	35,6	1	8	3		
36	55		48(42)	36	38,9					
39	60		48	39	42,1					
42	65		56(52)	42	45,4					
45	1,5	70	10	56(55)	45	48,6	1	8	3	6
48	1,5	75	12	64(58)	48	51,8	1	8	3,5	
52	1,5	80	12	64(61)	52	54	1	10	3,5	
56	2	85	12	72(65)	56	58	1,6	10	4	
60	2	90	12	72(70)	60	62	1,6	10	4,0	
64		95	12	80(75)	64	66				
68		100	15	80	68	70				
72		105	15	90(85)	72	75				
76		110	15	90(88)	76	80		10		
80		115	15	100(90)	80	84		10		
85		120	15	105(98)	85	89		10		
90		125	18	110(102)	90	94		12		

Приклад умовного позначення: гайка за ГОСТ 11871–88 виконання 1, з діаметром нарізі 16 мм, з дрібним кроком нарізі 1,5 мм, з полем допуску 6H, з вуглецевої сталі марки 35, з покриттям хімічним окиснювальним і просоченим маслом:

Гайка М16×1,5-6H.05.05 ДСТУ ГОСТ 11871–88.

Шайби стопорні багатолопчасті, тип Н – нормальні, мм.
Паз під язиччок стопорної шайби, мм (ДСТУ ГОСТ 11872–89)



Діаметр нарізні, d	d ₁	d ₂	d ₃	b	h	l	r, не більше	s	t	b ₂
10	10,5	26	16	3,8	2,5-4	7,0	0,2	1,0	8	4,3
12	12,5	28	18	3,8	2,5-4	9,0	0,2		10	4,3
(14)	14,5	30	20	3,8	2,5-4	11	0,2		12	4,3
16	16,5	32	22	4,8	2,5-4	13	0,5		14	5,3
(18)	18,5	34	24	4,8	2,5-6	15	0,5		16	5,3
20	20,5	36	27	4,8	3,5-6	17	0,5	1,0	18	5,3
(22)	22,5	40	30	4,8	3,5-6	19			20	5,3
24	24,5	44	33	4,8	3,5-6	21			21,5	5,3
(27)	27,5	47	36	4,8	4,5-8	24			24,5	5,3
30	30,5	50	39	4,8	4,5-8	27			1,0	27,5
(33)	33,5	54	42	5,8		30	1,6	30,5	6,3	
36	36,5	58	45	5,8		33	1,6	33,5	6,3	
(39)	39,5	62	48	5,8		36	1,6	36,5	6,3	
42	42,5	67	52	5,8	4,5-8	39	0,5	1,6	39	6,3
(45)	45,5	72	56	5,8	4,5-8	42	0,5		42	6,3
48	48,5	77	60	7,8	4,5-8	45	0,8		45	8,3
(52)	52,5	82	65	7,8	5,5-10	49	0,8		49	8,3
56	57	87	70	7,8	5,5-10	53	0,8		52,5	8,3
(60)	61	92	75	7,8		57		56,5	8,3	
64	65	97	80	7,8		61		59,5	8,3	
(68)	69	102	85	9,5		65		63,5	10	

Примітки:

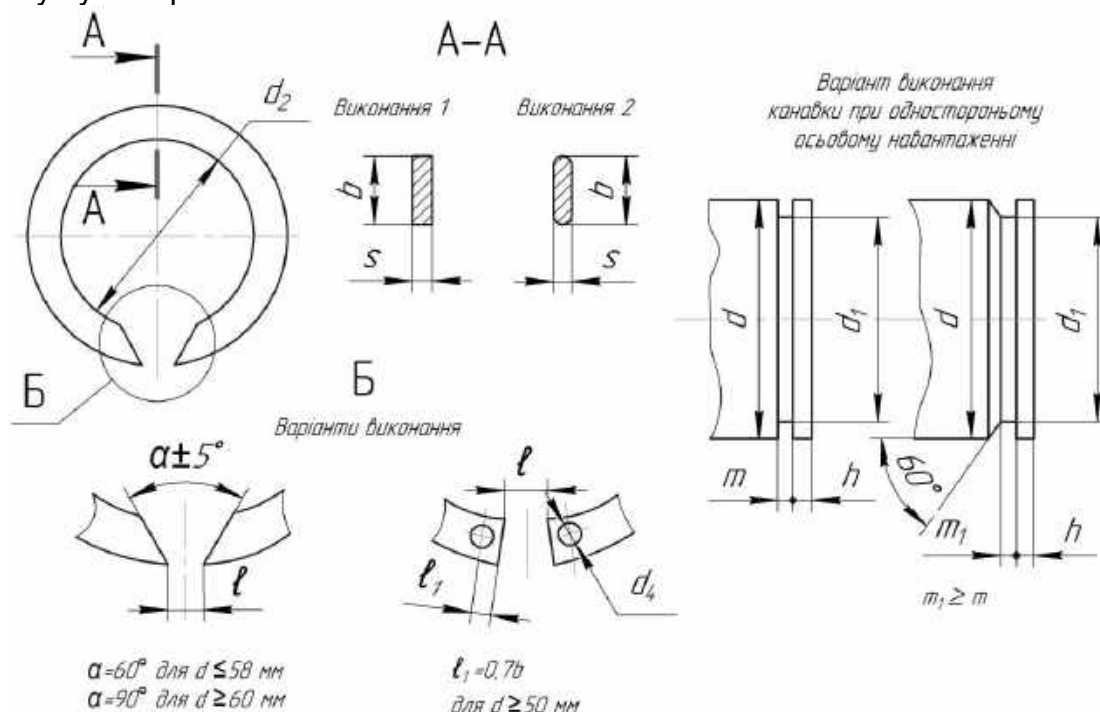
1. R – радіус інструмента.

2. Приклад позначення шайби типу Н для гайки круглої шліцьової з наріззю М64х2, зі сталі марки 08кп (матеріал групи 01), з покриттям хімічним оксидним і просоченим маслом (0,5):

Шайба Н.64.01.05 ДСТУ ГОСТ 11872–89.

Пружинні упорні плоскі зовнішні кільця і канавки для них, мм
(ДСТУ ГОСТ 13940–86)

Пружинні упорні плоскі зовнішні концентричні кільця й канавки для них застосовуються для закріплення радіальних підшипників кочення та інших деталей на валах та у вузлах різних машин.



Умовний діаметр кільця (діаметр вала) d	Загальний розмір d _{2 ном}	Кільце концентричне				Канавка		
		d ₄	s	b	ℓ ≈	d _{1 ном}	m	h, не менше
15	13,8	1,2	1,2	2,5	5,0	14,1	1,4	1,4
16	14,7					15,0		1,5
17	15,7					16,0		
18	16,5					16,8		
19	17,5					17,8		
20	18,2			18,6		2,1		
22	20,2			20,6				
23	21,1			21,5		2,3		
24	22,1			22,5				
25	23,1			23,5				
26	24,0	24,5						
28	25,8	26,5						
29	26,8	4,0	6,0	27,5	2,7			
30	27,8			28,5				
32	29,5	1,7	5,0		30,2	1,9	3,0	
34	31,4				32,0			
35	32,2				33,0			
36	33,0				34,0			
37	34,0				35,0			
38	35,0				36,0			

Умовний діаметр кільця (діаметр вала) d	Загальний розмір	Кільце концентричне				Канавка		
	d _{2 ном}	d ₄	s	b	d _{2 ном}	d ₄	s	h, не менше
40	36,5					37,5		3,8
42	38,5	–			8,0	39,5	1,9	3,8
45	41,5					42,5		
46	42,5					43,5		
48	44,5					45,5		
50	45,5	2,0	2,0	6,0	8,0	47,0	2,2	4,5
52	47,8					49,0		
54	49,8	2,0	2,0	6,0	8,0	51,0		
55	50,8					52,0		
68	63,6					65,0		
70	65,6					67,0		

Технічні вимоги. Кільця виготовляються з ресорно-пружинної сталі марки 65Г за ГОСТ 14959–79.

Приклади умовного позначення:

– пружинне упорне плоске зовнішнє концентричне кільце виконання 1, класу точності А, з умовним діаметром 30 мм, зі сталі 65Г без покриття:

Кільце А30 ДСТУ ГОСТ 13940–86;

– те саме, виконання 2, класу точності В, зі сталі марки 60С2А, з кадмієвим хроматованим покриттям завтовшки 6 мкм:

Кільце 2В30.60С2А. Кд6.хр ДСТУ ГОСТ 13940–86.

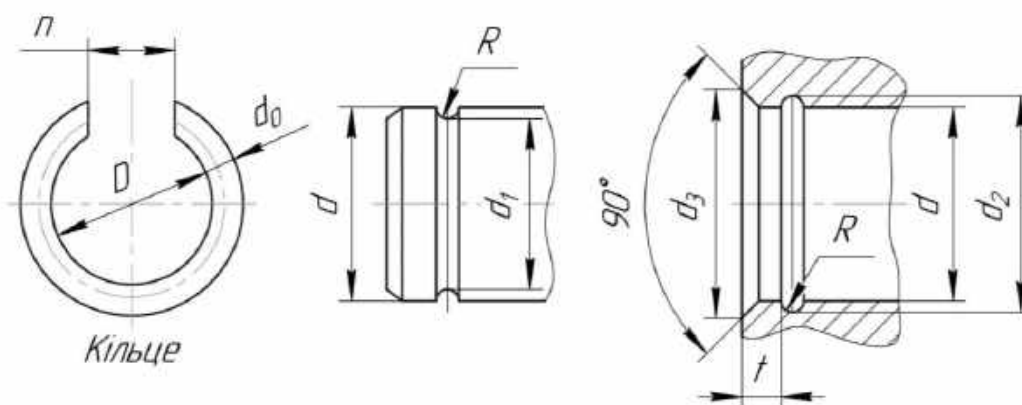
Таблиця Д.13

Рекомендовані розміри фасок посадкових отворів зубчастих коліс

d, мм	Від 3 до 6	Від 6 до 10	Від 10 до 18	Від 18 до 28	Від 28 до 46	Від 46 до 68	Від 68 до 100	Від 100 до 150
c, м	0,6	1,0	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0

Примітка. Граничні відхилення фасок беруть залежно від розміру d₁ за 14-м квалітетом зі знаком «плюс».

Кільця запірні й проточки для них, мм (МН 470–81)



Номінальний діаметр осі або отвору d	Кільце			Проточки зовнішня й внутрішня					
	d_0	D	h	d_1	R	d_2	d_3	t	
10	0,8	9,2	4,0	9,6	0,4			1,6	
12	1,0	11,0	6,0	11,4	0,6	12,6	13,5	2,5	
14		13,0		13,4		14,6	15,5		
16	1,6	14,5	10,0	15,0	1,0	17,0	18,0	3,0	
18		16,5		17,0		19,0	20,0		
20	2,0	18,5		12,0	18,8	1,2	21,2	22,5	4,0
22		20,5			20,8		23,2	24,5	
25		23,5	23,8		26,2		27,5		
28		26,2	26,8		29,2		30,5		
32	2,5	30,0	12,0	30,5	1,6	33,5	35,5	5,0	
36		34,0		34,5		37,5	39,5		
38		36,0		36,5		39,5	41,5		
40		38,0		38,5		41,5	43,5		
42		40,0	16	40,5		43,5	45,5		
45		43,0		43,5		46,5	48,5		
48		46,0		46,5		49,5	51,5		
50	48,0	48,5		51,5	53,5				
55	3,2	52	20	53,0	2,0	57,5	60,0	6,0	
60		57		58,0		62,5	65,0		
65		62		63,0		67,5	70,0		
70		67	68,0	72,5		75,0			

Примітка: Матеріал – дрiт сталевий вуглецевий пружинний класу II – за ГОСТ 9389–75.

Приклад умовного позначення кільця запiрного діаметром 20 мм:

Кільце запiрне 20 МН 470–61.

Розміри канавок для виходу шліфувального круга
при круглому шліфуванні, мм (ДСТУ ГОСТ 8820–69)

Шліфування	Зовнішнє шліфування	Внутрішнє шліфування
По циліндру		
По торцю		
По циліндру і торцю		

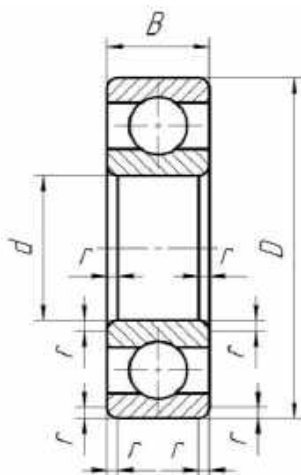
d	b	h	r	r_1	d_1 (зовнішнє шліфування)	d_2 (внутрішнє шліфування)
≤ 10	1	0,2	0,3	0,2	$d - 0,3$	$d + 0,3$
	1,6	0,2	0,5	0,3	$d - 0,3$	$d + 0,3$
	2	0,3	0,5	0,3	$d - 0,5$	$d + 0,5$
10...50	3	0,3	1	0,5	$d - 0,5$	$d + 0,5$
50...100	5	0,5	1,6	0,5	$d - 1$	$d + 1$
> 100	8	0,5	2	1	$d - 1$	$d + 1$
	10	0,5	3	1	$d - 1$	$d + 1$

Примітки:

1. У разі шліфування на одній деталі кількох різних діаметрів рекомендується застосовувати канавки одного розміру.

2. Допускається використовувати інші розміри канавок з урахуванням міцності або конструктивних особливостей виробу.

Розміри та основні характеристики підшипників.
Кулькові радіальні однорядні підшипники, мм (ДСТУ ГОСТ 8338–75)



d – номінальний діаметр отвору внутрішнього кільця;

D – номінальний діаметр зовнішньої циліндричної поверхні зовнішнього кільця;

B – номінальна ширина підшипника;

R – номінальна координата монтажної фаски

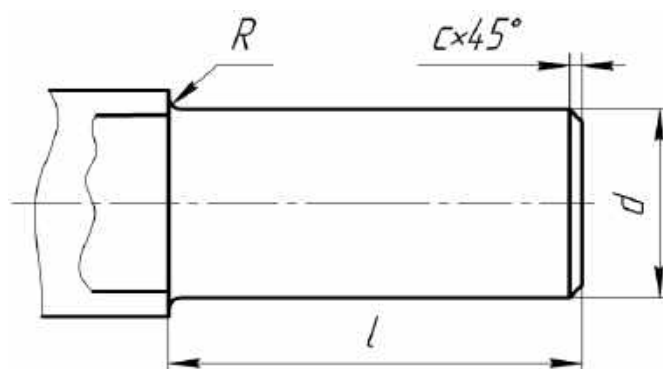
Позначення підшипників	d	D	B	r	Кульки	
					D_w	z
Особливо легка серія діаметрів 1, вузька серія ширин 7						
7000101	12	28	7	0,5	4,76	8
7000102	15	32	8	0,5	4,76	8
7000103	17	35	8	0,5	5,16	9
7000104	20	42	8	0,5	-	-
7000105	25	47	8	0,5	5,56	11
7000106	30	55	9	0,5	5,56	14
7000107	35	62	9	0,5	5,56	15
7000108	40	68	9	0,5	6,35	16
Особливо легка серія діаметрів 1, вузька серія ширин 7						
7000109	45	75	10	1,0	6,35	17
7000110	50	80	10	1,0	6,35	18
7000111	55	90	11	1,0	7,14	17
7000112	60	95	11	1,0	7,14	18
7000113	65	100	11	1,0	7,14	19
7000114	70	110	13	1,0	7,14	18
Особливо легка серія діаметрів 1, нормальна серія ширин 0						
100	10	26	8	0,5	4,76	7
101	12	28	8	0,5	4,76	8
104	20	42	12	1,0	6,35	9
105	25	47	12	1,0	6,35	10
106	30	55	13	1,5	7,14	11
107	35	62	14	1,5	7,94	11
108	40	68	15	1,5	7,94	12
109	45	75	16	1,5	8,73	13
110	50	80	16	1,5	8,73	12
111	55	90	18	2,0	10,32	13
112	60	95	18	2,0	11,11	12
113	65	100	18	2,0	10,32	15
114	70	110	20	2,0	12,3	13
115	75	115	20	2,0	12,3	14

Позначення підшипників	d	D	B	r	Кульки	
					D_w	z
Легка серія діаметрів 2, вузька серія ширин 0						
200	10	30	9	1,0	5,95	6
201	12	32	10	1,0	5,56	7
202	15	35	11	1,0	5,95	8
203	17	40	12	1,0	7,14	7
204	20	47	14	1,5	7,94	8
205	25	52	15	1,5	7,94	9
206	30	62	16	1,5	9,53	9
207	35	72	17	2,0	11,11	9
208	40	80	18	2,0	12,7	9
209	45	85	19	2,0	12,7	9
210	50	90	20	2,0	12,7	10
211	55	100	21	2,5	14,29	10
212	60	110	22	2,5	15,88	10
213	65	120	23	2,5	16,67	10
Середня серія діаметрів 3, вузька серія ширин 0						
300	10	35	11	1,0	7,14	6
301	12	37	12	1,5	7,94	6
302	15	42	13	1,5	7,94	7
303	17	47	14	1,5	9,53	6
304	20	52	15	2,0	9,53	7
305	25	62	17	2,0	11,51	7
306	30	72	19	2,0	12,3	8
307	35	80	21	2,5	14,29	7
308	40	90	23	2,5	15,08	8
309	45	100	25	2,5	17,46	8
310	50	110	27	3,0	19,05	8
311	55	120	29	3,0	20,64	8
312	60	130	31	3,5	22,23	8
313	65	140	33	3,5	23,81	8
314	70	150	35	3,5	25,4	8
Важка серія діаметрів 4, вузька серія ширин 0						
405	25	80	21	2,5	16,67	6
406	30	90	23	2,5	19,05	6
407	35	100	25	2,5	20,64	6
408	40	110	27	3,0	22,23	6
409	45	120	29	3,0	23,02	7
410	50	130	31	3,5	25,4	7
411	55	140	33	3,5	26,99	7
412	60	150	35	3,5	28,58	7
413	65	160	37	3,5	30,16	7
414	70	180	42	4,0	34,93	7
416	80	200	48	4,0	38,1	7
417	85	210	52	5,0	39,69	7

Приклад позначення: кульковий радіальний підшипник особливо легкої серії діаметрів 1, серії ширин 0, з $d = 50$ мм, $D = 80$ мм, $B = 16$ мм:

Підшипник 110 ДСТУ ГОСТ 8338–75

Розміри кінців валів циліндричних валів
(ДСТУ ГОСТ 12080–66)



Діаметр d		Довжина l		R	c
Ряд 1	Ряд 2	Виконання			
		1	2		
6; 7	-	16	-	0,4	0,2
8; 9	-	20	-	0,6	0,4
10; 11	-	23	20	1,0	0,4
12; 14	-	30	25	1,0	0,6
16; 18	19	40	28	1,6	0,6
20; 22	24	50	36	1,6	1,0
25; 28	-	60	42	1,6	1,0
	30	80	58	2,0	1,6
32; 36	38	80	58	2,0	1,6
40; 45; 50	42; 48	110	82	2,0	1,6
55	53	110	82	2,5	2,0
60; 70	63; 65; 75	140	105	2,5	2,0
80; 90	85; 95	170	130	3,0	2,5
100; 110; 125	105; 120	210	165	3,0	2,5
140	130; 150	250	200	4,0	3,0
160; 180	170	300	240	4,0	3,0

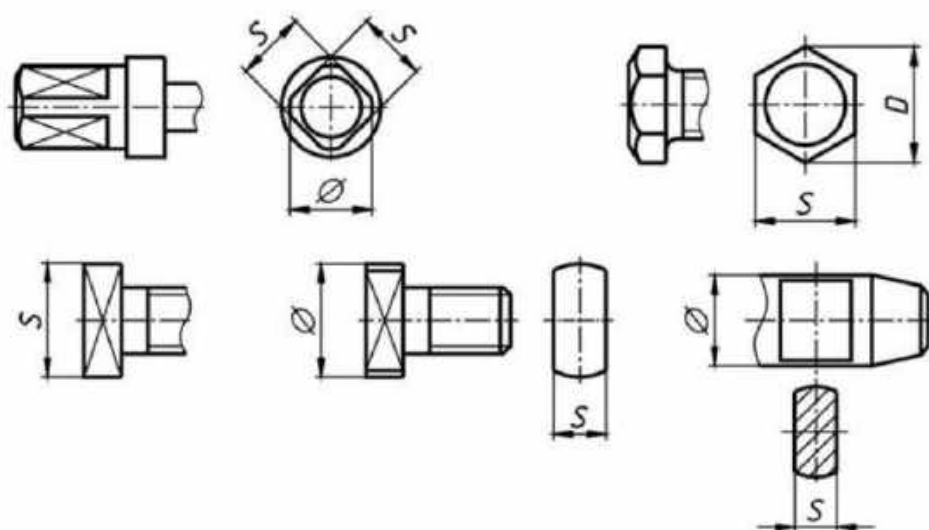
Примітки:

1. Кінці валів передбачаються двох виконань: 1 – довгі, 2 – короткі.
2. Шпонки для валів виконання 1: сегментні – за ГОСТ 24071–80 для вала діаметром d до 14 мм; призматичні – за ГОСТ 23360–78 для вала діаметром d понад 12 мм; тангенціальні нормальні – за ГОСТ 24069–80.
3. Шпонки для валів виконання 2: призматичні – за ГОСТ 23360–78 для вала діаметром d до 30 мм; призматичні високі – за ГОСТ 10748–79 і тангенціальні посилені – за ГОСТ 24070-80 для вала діаметром d понад 30 мм.

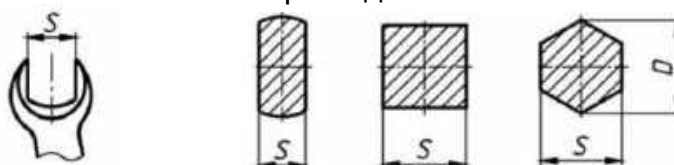
Таблиця Д.18

Місця під ключ, мм (ДСТУ ГОСТ 6424–73, ДСТУ ГОСТ 8560–78)

Типові варіанти місць під ключ



Розміри "під ключ"

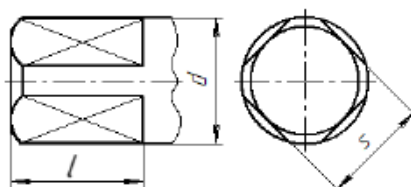


S – номінальний розмір під ключ (ДСТУ ГОСТ 6424–73)

D – діаметр описаного кола (ДСТУ ГОСТ 8560–78)

S	2,5	3,0	3,2	4,0	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
D~	2,7	3,4	3,7	4,6	5,8	6,3	6,9	8,1	9,2	10,4	11,5	12,7
S	12,0	13,0	14,0	15,0	17,0	19,0	22,0	24,0	30,0	32,0	36,0	41,0
D~	13,8	15,0	16,2	17,3	19,6	21,9	25,4	27,7	34,6	36,9	41,6	47,3
S	46,0	50,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0	95,0	100,0	105,0
D~	53,1	57,7	69,3	75,0	80,8	86,5	92,3	98,0	104,0	110,0	115,0	116,2

Таблиця Д.19

Діаметри, квадрати і отвори під квадрати, мм
(ГОСТ 9523–84)

d	s	l	d	s	l	d	s	l
7,1	5,6	8	18,0	14,0	18	45,0	35,5	38
8,0	6,3	9	20,0	16,0	20	50,0	40,0	42
9,0	7,1	10	22,4	18,0	22	56,0	45,0	46
10,0	8,0	11	25	20,0	24	63,0	50,0	51
11,2	9,0	12	28,0	24,0	26	71,0	56,0	56
12,5	10,0	13	31,5	25,0	28	80,0	63,0	62
14,0	11,2	14	35,5	28,0	31	90,0	71,0	68
16,0	12,5	16	40,0	31,5	34	100,0	80,0	75

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	4
2. ЦИЛІНДРИЧНІ ЗУБЧАСТІ КОЛЕСА ЗОВНІШНЬОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ	8
2.1. Основні геометричні параметри зубчастих коліс	8
2.2. Додаткові геометричні параметри зубчастих коліс	11
2.3. Приклад розрахунку параметрів циліндричного прямозубого колеса	12
3. ЗУБЧАСТЕ ЗАЧЕПЛЕННЯ.....	15
4. ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ «ЗАЧЕПЛЕННЯ ЗУБЧАСТЕ»	16
4.1. Конструкторські документи.....	16
4.2. Опис конструкції шестірні	16
4.3. Розрахунок параметрів шестірні й зубчастого колеса	18
4.4. Виконання ескізу й робочого креслення шестірні	18
4.5. Опис конструкції зубчастого зачеплення	23
4.6. Виконання складального креслення зубчастого зачеплення з двома валами й двома шпонками (призматичною й сегментною)	23
4.7. Опис конструкції зубчастого зачеплення з двома валами, двома шпонками (призматичною й сегментною) і підшипниковими вузлами .	32
4.8. Етапи проектування зубчастого зачеплення з двома валами, двома шпонками (призматичною й сегментною) і підшипниковими вузлами	33
5. ОСОБЛИВОСТІ КОМПОНУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ	41
5.1. Конструювання валів зубчастих передач	41
5.2. Підшипники кочення.....	45
5.1. Конструювання валів зубчастих передач.....	47
5.2. Підшипники кочення.....	48
6. СТВОРЕННЯ ПАРАМЕТРИЧНОЇ 3D-МОДЕЛІ ДЕТАЛІ «ШЕСТИРНЯ» У СИСТЕМІ КОМП'ЮТЕРНОГО ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ SOLIDWORKS	50
ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ	64
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	65
ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ.....	66

Навчальне видання

**Мсаллам Катерина Петрівна
Мурадян Тигран Костянтинович
Перехрест Наталія Вікторівна**

**ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ГРАФІЧНІ ІНФОРМАЦІЙНІ
ТЕХНОЛОГІЇ. ЦИЛІНДРИЧНЕ ЗУБЧАСТЕ ЗАЧЕПЛЕННЯ**

Редактор Т. О. Іващенко

Зв. план, 2024

Підписано до видання 12.04.2024

Ум. друк. арк. 4,8. Обл.-вид. арк. 5,44. Електронний ресурс

Видавець і виготовлювач

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

<http://www.khai.edu>

Видавничий центр «ХАІ»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

izdat@khai.edu

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001