МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

В.В. Герасименко, Д.Ю. Бородін, І.М. Бєлих

МОДЕЛЮВАННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ТА ВАЛІВ

Навчальний посібник
для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Харків 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

В.В. Герасименко, Д.Ю. Бородін, І.М. Бєлих

МОДЕЛЮВАННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ТА ВАЛІВ

Навчальний посібник
для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Рекомендовано вченою радою Національного технічного університету «ХПІ»

Харків 2019

УДК 624.012.35
Г-37

Рецензенти:
Тимофеєва Л.А., д-р техн. наук проф., Український державний університет залізничного транспорту,
Огар О.М., д-р техн. наук проф., Український державний університет залізничного транспорту.

Рекомендовано вченою радою НТУ «ХПІ»
як навчальний посібник для студентів механічних спеціальностей,
протокол №7 від 05.07.2019 р.

Герасименко В.В.
Г-37 Моделювання зубчастих коліс та валів: навчальний посібник / В.В. Герасименко В.В., Д.Ю. Бородін, І.М. Бєлих. – Харків: НТУ «ХПІ», 2019. –164 с.
ISBN

Видання містить загальні відомості щодо креслень зубчастих коліс та зубчастих зчеплень відповідно до державних стандартів. Розглянуті питання стосовно основних параметрів та їх розрахунків, що характеризують зубчасті колеса.

Призначено для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка».

Іл. 151. Табл. 21. Бібліогр. 13 назв.

УДК 624.012.35

ISBN

© В.В. Герасименко, Д.Ю. Бородін,
І.М. Бєлих, 2019
© НТУ «ХПІ», 2019

ВСТУП

Мета зайняття : Вивчити правила і прийоми зображення і позначення зубчастих передач по ГОСТ 2403-75 для циліндричних зубчастих передач. Набути навичок виконання циліндричної зубчастої передачі, розвинути навички читання креслення, оформлювати конструкторську документацію відповідно до вимог стандартів ЕСКД до оформлення і складання креслень.

Зубчаста передача - це механізм, який за допомогою зачеплення передає або перетворить рух зі зміною кутових швидкостей і моментів. Зубчасті передачі між паралельними валами здійснюється циліндричними колесами з прямими, косими і шевронними зубами. Зубчасті передачі складають найбільш поширену і важливу групу механічних передач. Їх застосовують в широкому діапазоні областей і умов роботи : від годинника і приладів до найважчих машин, для передачі окружних сил від міліньютонів до десятків меганьютонів і потужностей від нікчемно малих до велетенських. Зубчасті передачі порівняно з іншими механічними передачами мають істотні переваги: малі габарити, високий ККД, великою надійністю в роботі, постійністю передатного відношення через відсутність прослизання. До недоліків зубчастих передач можуть бути віднесені вимоги високої точності виготовлення, шум при роботі зі значними швидкостями.

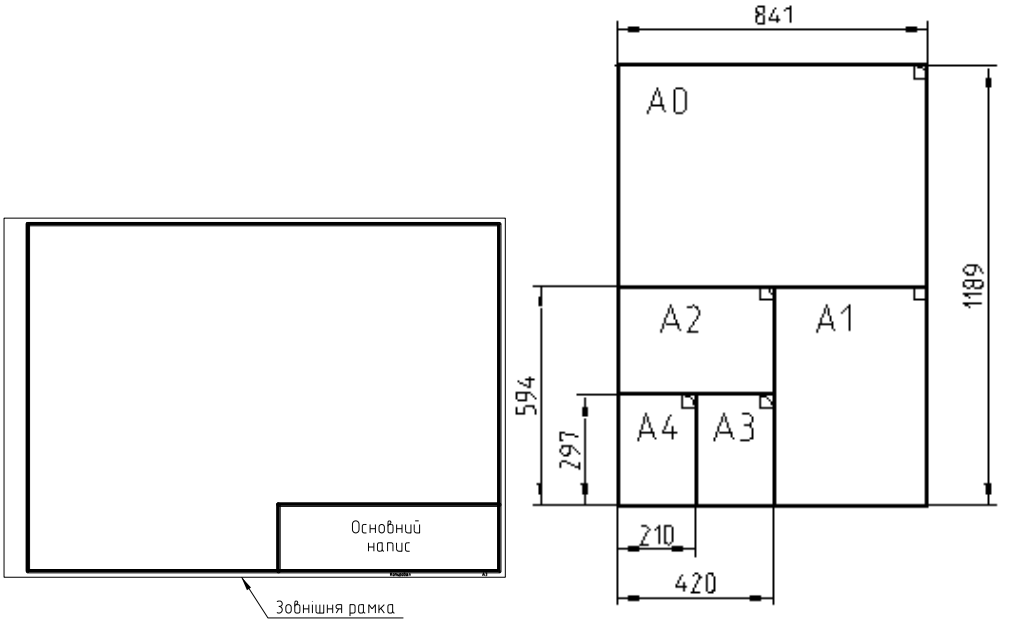
1 ОФОРМЛЕННЯ МАШИНОБУДІВНИХ КРЕСЛЕНЬ

1.1 Формати за ГОСТ 2.301-68

Вимоги щодо форматів установлює ЕСКД ГОСТ 2.301-68 «Форматы». Формати аркушів креслень та інших документів визначаються розмірами зовнішньої рамки (виконаної тонкою лінією) оригіналів, дублікатів, копій (рис. 1.1, *а*).

Формати поділяють на основні й додаткові. Як основні формати беруть ті, що одержані шляхом послідовного поділу на дві рівні частини паралельно до меншої сторони, починаючи з формату, що має розмір сторони 841х1189 мм і що позначається через А0 (рис. 1.1, *б*).

Позначення і розміри сторін основних форматів повинні відповідати вказаним у табл. 1.1.



а *б*

Рисунок 1.1 - Формат і розміри основних форматів

Таблиця 1.1 – Розміри сторін основних форматів

Позначення формату	Розміри сторін формату
А0	841×1189
А1	594×841
А2	420×594
А3	297×420
А4	210×297

Подовжені формати утворюються збільшенням коротких сторін основних форматів на величину, кратну їх розмірам (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Розміри сторін додаткових форматів

Кратність	Формат				
	A0	A1	A2	A3	A4
2	1189×1682	–	–	–	–
3	1189×2523	841×1783	594×1261	420×891	297×630
4	–	841×2378	594×1682	420×1189	297×841
5	–	–	–	420×1486	297×1051
6	–	–	–	420×1782	297×1261
7	–	–	–	–	297×1471
8	–	–	–	–	297×1682
9	–	–	–	–	297×1892

Позначення похідного формату складається з позначення основного формату і його кратності, наприклад, A1x3, A2x3 і т. ін.

Розташування основного напису на аркуші регламентується стандартом ГОСТ 2.104:2006 «Основные надписи», відповідно до яких його потрібно розташовувати в правому нижньому куті конструкторських документів. На аркушах формату А4 основні написи розташовують уздовж короткої сторони (довжина 210 мм). У зв’язку з цим формат А4 має тільки вертикальне розташування аркуша, а формати А0–А3 – вертикальне або горизонтальне.

1.2 Формати за ДСТУ ISO 5457:2006

Стандарт ДСТУ ISO 5457:2006 визначає розміри та формати аркушів, призначених для технічних креслень у будь-яких галузях техніки, зокрема, тих, що виготовляються із використанням комп’ютерної техніки. Цей стандарт також застосовується для виготовлення іншої технічної документації.

Креслення потрібно виконувати на найменшому за розміром аркуші, якого достатньо, щоб забезпечити його чіткість та розуміння.

Розміри обрізаних за форматом аркушів основної серії ISO–A збігаються з розмірами сторін, зазначених у стандарті ГОСТ 2.301–68 (див. табл.1.1 та рис. 1.2).

Під час виконання креслень слід уникати використання подовжених форматів. Але якщо у цьому є потреба, то їх утворюють комбінуванням розмірів короткої сторони формату серії А (наприклад А3) та розмірів довгої сторони іншого, більшого за розмірами формату серії А (наприклад А1). У результаті утворюється новий формат з абревіатурою А3.1. Спосіб утворювання системи форматів наведено на рис. 1.2.

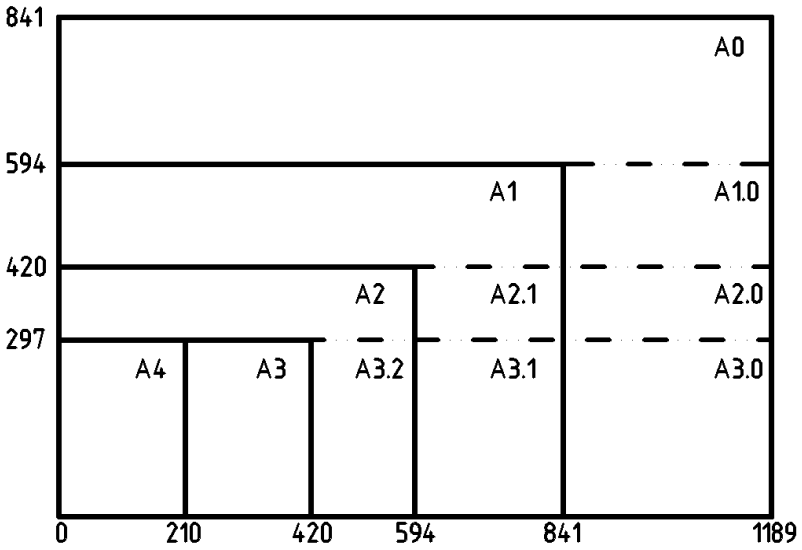


Рисунок 1.2 – Схема утворювання системи форматів

На відміну від стандарту ГОСТ 2.301–68 за ДСТУ ISO 5457:2006 задається місце розташування основного напису та інших графічних елементів. Основний напис на аркушах форматів А0–А3 розміщують у правому нижньому куті берега креслення. На цих форматах дозволено тільки горизонтальне розташування аркушів.

На форматі А4 основний напис розташовують на короткій (нижній) частині берега креслення. На цьому форматі дозволено тільки вертикальне розташування аркушів. Напрямок читання креслень та основного напису має бути однаковим.

Для полегшення визначення розташування елементів креслення в разі копіювання, потрібно нанести чотири мітки середини сторін. Ці мітки розміщують на кінцях двох осей симетрії сторін формату з симетричним допуском в 1 мм. Зображення цих міток є довільним. Рекомендовано показувати їх суцільними лініями зав-

товшки 0,7 мм, починаючи від межі берега позначення зон і завдовжки 10 мм у напрямку до рамки креслення (рис. 1.3). Формати, більші за А0, потребують нанесення додаткових міток у середині кожного фрагмента, який потрібно скопіювати.

Рисунок 1.3 – Спосіб позначення зон та від міток середини сторін

Для того щоб на кресленні можна було легко знаходити певні складові частини виробів, доповнення, виправлення тощо, аркуш необхідно розбивати на зони (див.рис.1.3). Кожну із зон потрібно позначати великими буквами (букви І та О не можна використовувати) зверху до низу та цифрами − зліва направо з обох сторін аркуша відповідно. Для формату позначки зон розміщують тільки вгорі і з правого боку аркуша. Висоту букв та цифр беруть за ГОСТ 2.304–81 «*Шрифты чертежные*» – 3,5 мм. Довжина зон, починаючи від осей симетрії сторін формату (мітки середини сторін), становить 50 мм. Кількість зон залежить від формату (табл. 1.3). Залишки довжини як наслідок поділу припадають на зони в кутах.

Букви й цифри необхідно розміщувати на березі для нанесення зон та записувати вертикально відповідно до ГОСТ 2.304–81. Лінії на березі для нанесення зон слід виконувати суцільними лініями завтовшки 0,35 мм.

Таблиця 1.3 – Кількість зон

Позначка формату	A0	A1	A2	A3	A4
Довга сторона	24	16	12	8	6
Коротка сторона	16	12	8	6	4

Для полегшення обрізання аркушів від руки або механічно в усіх чотирьох кутах формату креслення наносять позначки обрізування. Ці позначки мають вигляд двох накладених прямокутників із розмірами сторін 10х5 мм (див. позн. *3* рис. 1.4).

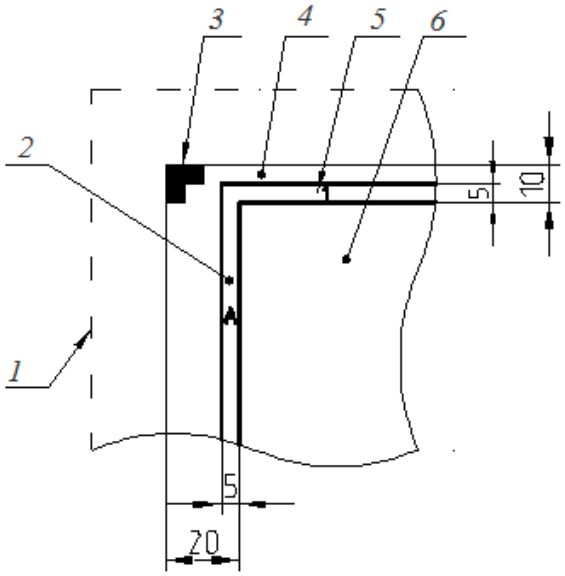


Рисунок 1.4 – Береги:
1 – необрізаний за форматом аркуш; *2* – берег позначення зон креслення; *3* – позначка обрізання; *4* – обрізаний за форматом аркуш; *5* – рамка поля креслення; *6* – берег креслення

Позначка аркуша, призначеного для креслення, повинна складатися з таких елементів у послідовності, наведеній далі:

1) назва блока (тобто «Аркуш креслення»);
2) номер цього стандарту (тобто ДСТУ ISO 5457);
3) позначка формату (A0–A4) відповідно до таблиці 1.1 або рис. 1.2;
4) обрізаний (T) чи необрізаний (U);
5) тип матеріалу:

− калька (ТР) 92,5 г/м^2 відповідно до ISO 9961;

− матовий папір (ОР) від 60 до 120 г/м^2;

− креслярська плівка на поліефірній основі (РЕ) завтовшки ≥ 50 мкм, відповідно до ISO 9958–1;

6) позначка лицьової (F) або зворотної (R) сторін;

7) основний напис відповідно до форми (TBL), якщо він нанесений.

Приклад. *Аркуш креслення ДСТУ ISO 5457 – А1Т – ОР 120 – R – TBL.*

Призначений для креслення аркуш відповідає ДСТУ ISO 5457, формату А1: обрізаний, матовий папір за масою одиниці площі паперу 120 г/м^2, позначений на звороті та з основним написом згідно з формою.

1.3 Масштаби за ГОСТ 2.302–68

Стандарт ЕСКД ГОСТ 2.302–68 «*Масштабы*» встановлює масштаби зображень та їх позначки на кресленнях усіх галузей промисловості та будівництва. Масштабом називають відношення довжини лінії на зображенні (виді, розрізі, перерізі) до довжини відповідної лінії в натурі. Масштаб позначають у вигляді дробу, чисельник якого дорівнює одиниці, а знаменник − числу, що показує ступінь зменшення довжини лінії, наприклад: 1:10, 1:100. Такий масштаб називають масштабом зменшення. Масштаб може виражатися числом, рівним або більшим за одиницю, наприклад: 1:1, 2:1. Такі масштаби називають відповідно натуральною величиною і масштабом збільшення.

Масштаби зображень на кресленні повинні обиратися з ряду, наведеного в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Масштаби зображень

Масштаб зменшення	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000
Натуральна величина	1:1
Масштаб збільшення	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

В обґрунтованих випадках допускається брати масштаби,

відмінні за висотою і довжиною зображення (наприклад, у разі зображення металевих конструкцій великої довжини).

Масштаб, зазначений у призначеній для цього графі основного напису креслення будівельного виробу, повинен позначатися так: 1:1; 1:2; 2:1 і т. ін.

1.4 Масштаби за ДСТУ 5455:2005

Стандарт ДСТУ 5455:2005 визначає рекомендовані для використовування масштаби та їх позначки на технічних кресленнях у будь-якій галузі техніки.

Позначку масштабу, використаного на кресленні, потрібно вписати у відповідну графу основного напису креслення.

Масштаби зображень на кресленні повинні обиратися з ряду, наведеного в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Масштаби зображень

Категорія	Рекомендовані ряди масштабів		
Масштаби збільшування	50:1 5:1	20:1 2:1	10:1
Масштаб натуральної величини			1:1
Масштаби зменшування	1:2 1:20 1 :200 1:2000	1:5 1:50 1:500 1:5000	1:10 1:100 1:1000 1:10000

За необхідності застосовувати більші чи менші масштаби ніж ті, що наведені у таблиці, рекомендований ряд масштабів можна розширити в тому чи іншому напрямку за умови, що необхідний масштаб буде утворений з рекомендованого шляхом множення його на 10 у цілому степені.

Масштаб, який обирають для креслення, залежатиме від складності предмета, який зображують, і мети цього зображування.

У всіх випадках вибраний масштаб має бути достатній, щоб забезпечити чітке й абсолютне розуміння зображеного предмета.

У свою чергу, масштаб і розмір зображення предмета можна визначати розміром креслення.

Ті частини предмета, які досить малі щодо можливості нанесення усіх розмірів на основному зображенні, потрібно показувати біля цього зображення на окремому додатковому виді (або розрізі/перерізі), який подають у збільшеному масштабі.

1.5 Основні написи на машинобудівних кресленнях

Залежно від призначення документа основні написи можуть мати різну форму. На рис. 1.5−1.7 наведено основні написи та додаткові графи, що виконуються на форматі.

У графах основних написів наводять:

- у графі 1 − найменування виробу;
- у графі 2 − позначення документа, в тому числі розділу проекту, основного комплекту робочих креслень, креслення виробу, текстового документа тощо;
- у графі 3 − позначення матеріалу деталі (графу заповнюють тільки на кресленнях деталей);
- у графі 4 – стадія, що присвоєна документу (для навчальних креслень − Н);
- у графі 5 – маса виробу;
- у графі 6 – масштаб (проставляють відповідно до ГОСТ 2.302);
- у графі 7 − порядковий номер аркуша або сторінки текстового документа за двостороннього друкування (на документах, які складаються з одного аркуша, графу не заповнюють);
- у графі 8 − загальнеа кількість аркушів документа (графу заповнюють тільки на першому аркуші);
- у графі 9 − найменування або розпізнавальний індекс організації, яка розробила документ;
- у графі 10 − характер виконаної роботи (розробив, перевірив);
- у графах 11–13 − прізвища та підписи осіб, зазначених у графі 10, і дата підписання;
- у графах 14–19 − графи таблиці змін за внесення змін інформації;
- у графі 20 − інвентарний номер оригіналу;
- у графі 21 − підпис особи, яка прийняла оригінал на зберігання, та дату приймання (число, місяць, рік);

- у графі 22 − інвентарний номер оригіналу документа, замість якого випущено оригінал;
- у графі 23 − відомості про приймання дубліката в службу технічної документації;
- у графі 24 – позначення документа, замість або на основі якого випущений цей документ;
- у графі 25 – позначення відповідного документа, в якому вперше записаний цей документ;
- у графі 26 − позначення документа, що повернуто на 180°.

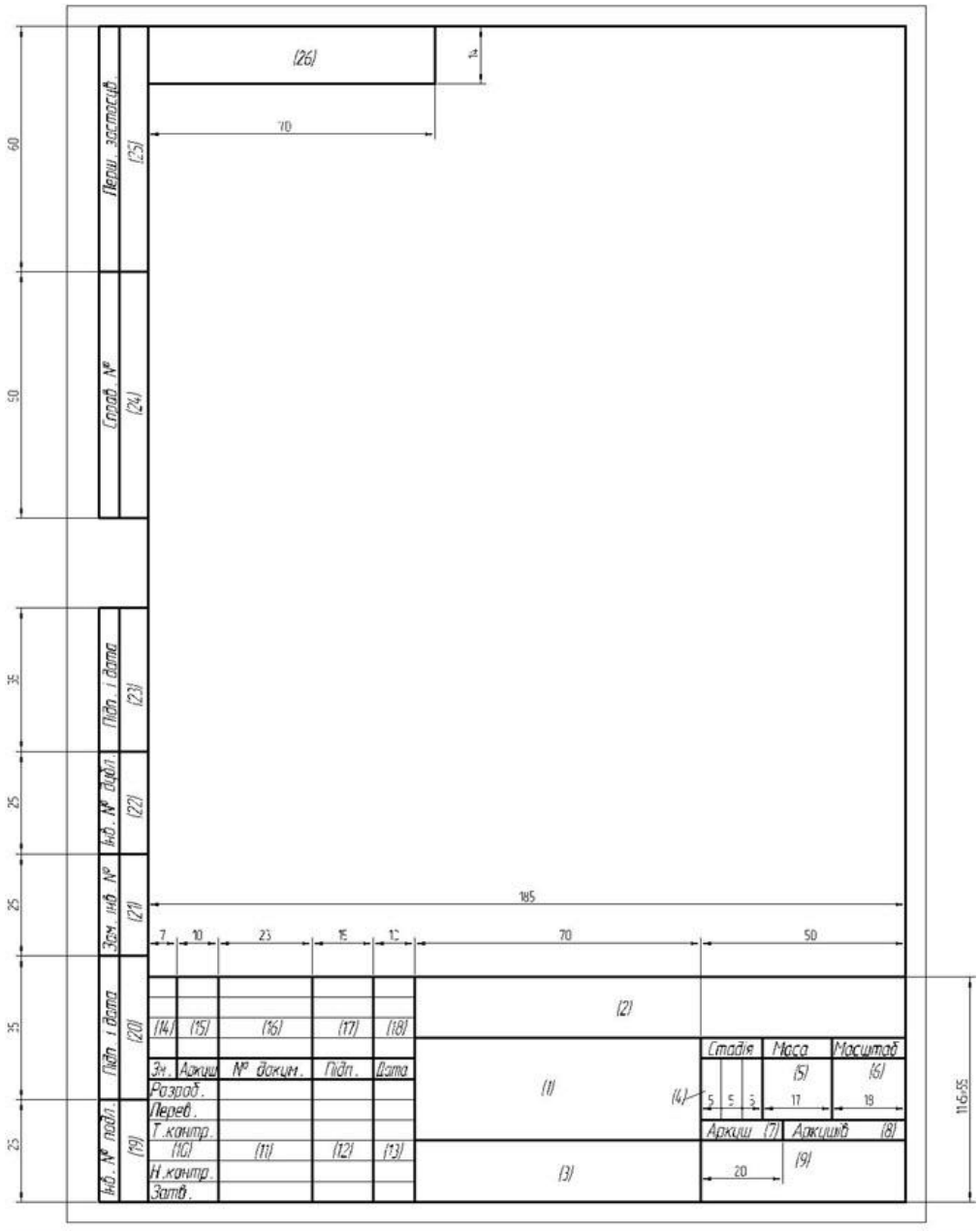


Рисунок 1.5 − Форма 2 Основний напис та додаткові графи до нього для аркушів креслень та схем

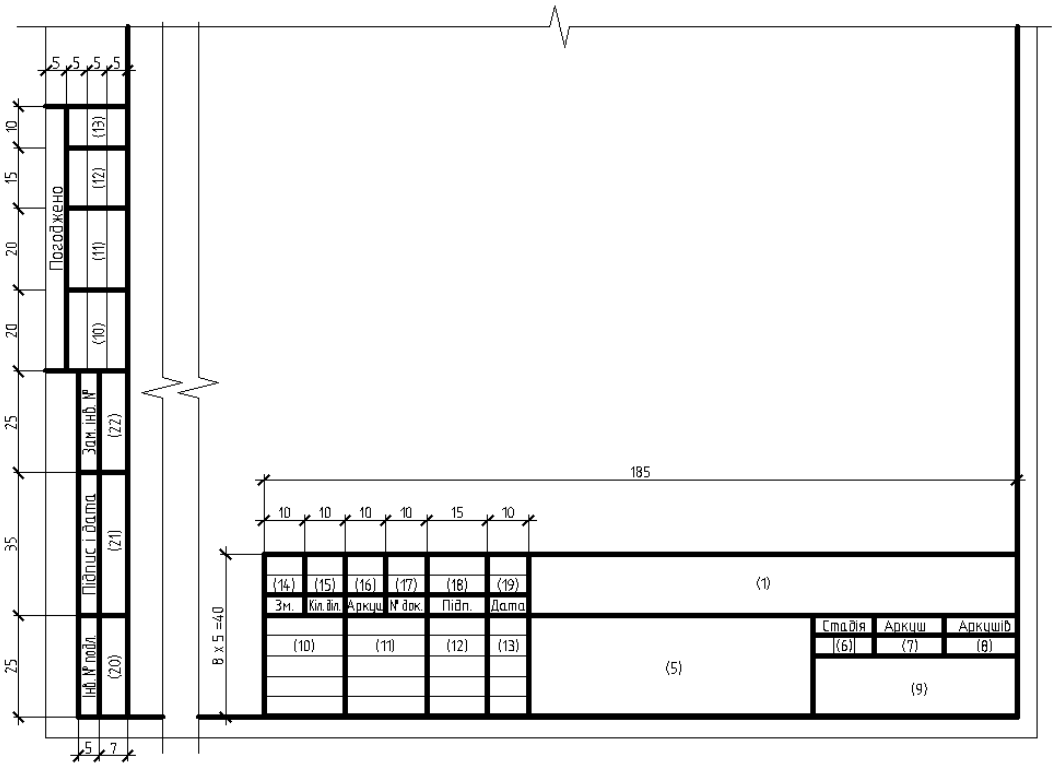


Рисунок 1.6 − Форма 5 Основний напис та додаткові графи до нього для всіх видів текстових документів (перший аркуш)

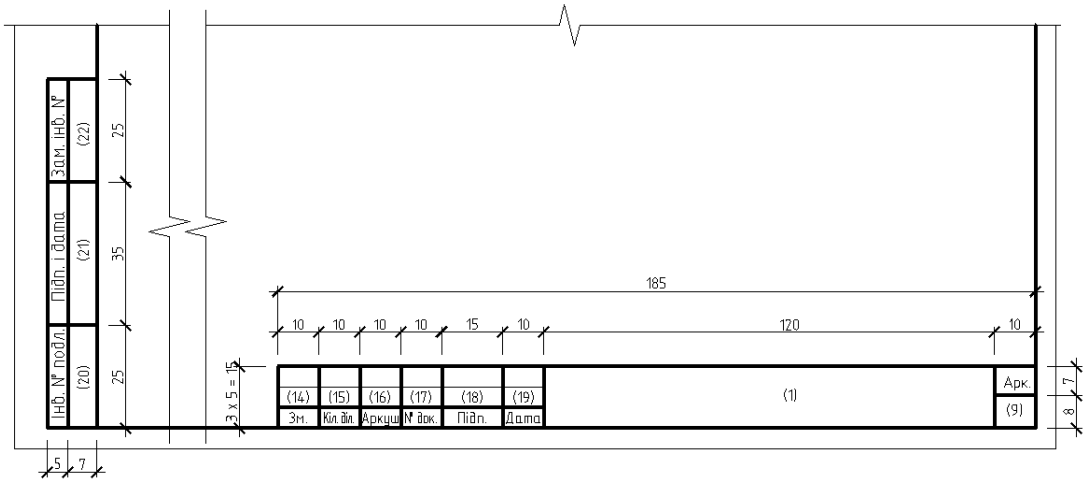


Рисунок 1.7 − Форма 6 Основний напис та додаткові графи до нього для креслень будівельних виробів і всіх видів текстових документів (наступні аркуші)

Примітка. Основний напис за формою 6 допускається використовувати для графічних документів з інженерних досліджень, які не використовують як підоснову.

1.6 Вимоги щодо зображень за ГОСТ 2.305–2008

ГОСТ 2. 305–2008 установлює правила зображення предметів (виробів, споруд та їх складових частин) на кресленнях усіх галузей промисловості. Кількість зображень предмета має бути мінімальною, але достатньою для визначення його форми й форми його елементів. Додаткові правила виконання зображень на будівельних кресленнях встановлюються стандартами СПДБ (система проектної документації для будівництва).

Креслення виробів виконуються за методом прямокутного проектування, але проекції в багатьох випадках викреслюють із спрощеннями й умовностями, тому їх прийнято називати зображеннями (рис. 1.8).

ГОСТ 2.305–2008 установлює шість основних видів. Ці зображення отримують проектуванням об’єкта на внутрішні грані куба, які є площинами проекції (рис. 1.9), що згідно з ДСТУ ISO 128–30:2005 є «Способом проеціювання в першому квадранті (firstangle projection method)» .

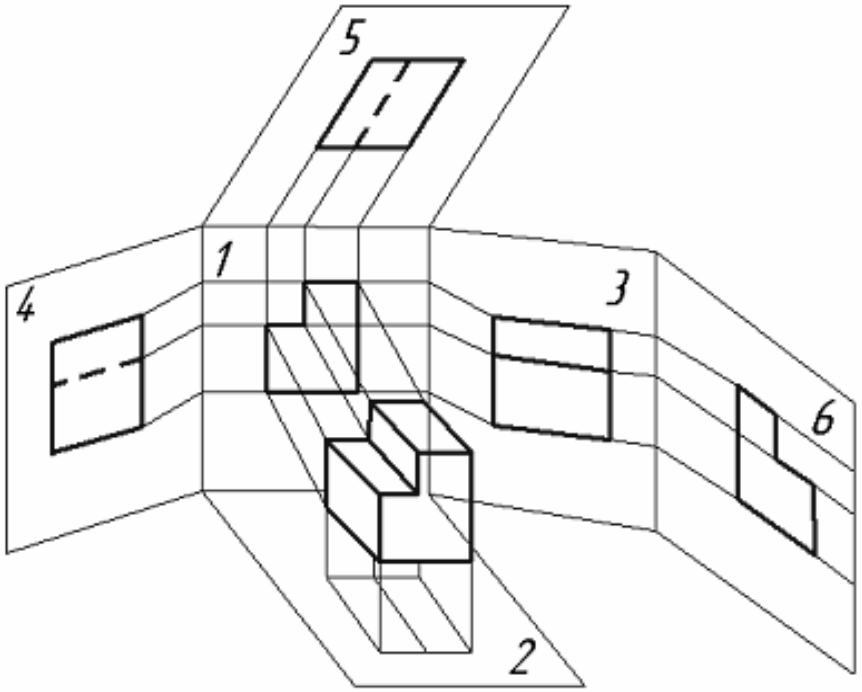


Рисунок 1.8 – Умовне зображення видів

Видом називається зображення поверненої до спостерігача видимої частини поверхні предмета. На видах допускається зображувати й невидимі частини поверхні предмета штриховими лініями. Предмет подумки розміщують всередину куба й проектують на його грані, спрямовуючи проеціючі промені від спостерігача до граней. Грані куба з розташованими на них зображеннями предмета поєднують в одну площину. Зображення на фронтальній площині проекцій беруть в кресленні як головне. Після сполучення площин проекцій між зображеннями встановлюється проекційний зв'язок.

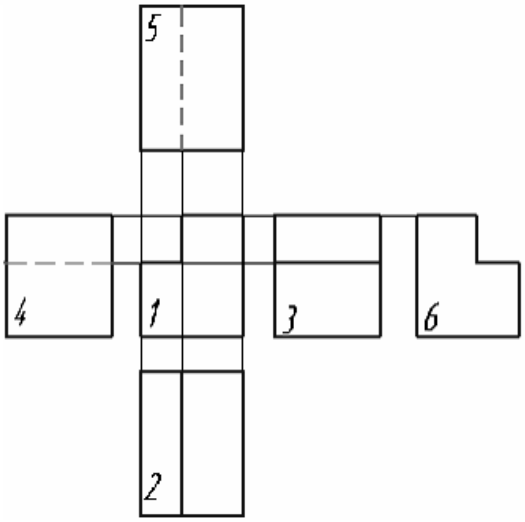


Рисунок 1.9 – Зображення видів об'єкта на внутрішній грані куба

Установлено такі назви зображень (рис. 1.9):

1) вид спереду (головний вид);
2) вид зверху;
3) вид зліва;
4) вид справа;
5) вид знизу;
6) вид ззаду.

Іноді будь-який вид може бути розміщений на кресленні поза проекційним зв'язком з іншими видами. В такому випадку над ним виконують напис «А», а напрямок погляду вказують стрілкою. Над

стрілкою проставляють ту саму літеру, що й у написі над видом (рис. 1.10).

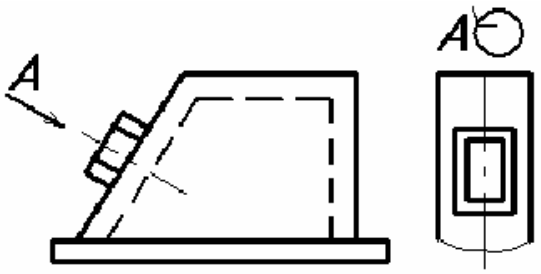


Рисунок 1.10 – Зображення виду об’єкта поза проекційним зв’язком

У будівельних кресленнях у разі необхідності відповідним видам можуть присвоюватися інші назви, наприклад, «фасад», допускається також надписування назви виду з присвоєнням йому літерного, цифрового або іншого позначення.

Якщо вид зверху, ліворуч, праворуч, знизу, ззаду не знаходиться безпосередньо в проекційному зв’язку з головним зображенням (видом або розрізом, зображеним на фронтальній площині проекцій), то напрямок проектування має бути зазначений стрілкою погляду з відповідним зображенням. Над стрілкою і над отриманим зображенням (видом) слід нанести одну й ту саму велику літеру (рис. 1.11).

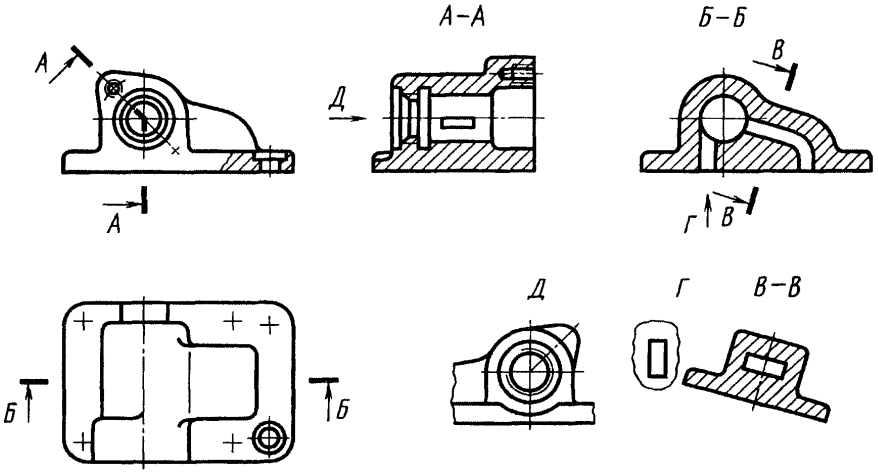


Рисунок 1.11 – Позначення напрямку проектування на випадок, якщо вид знаходиться не в проекційному зв’язку

У будівельних кресленнях напрямку погляду допускається вказувати двома стрілками (аналогічно позначенням положення січних площин у розрізах).

Якщо додатковий вид розташований у безпосередньому проекційному зв’язку з відповідним зображенням, стрілку й позначення виду не наносять (рис. 1.12).

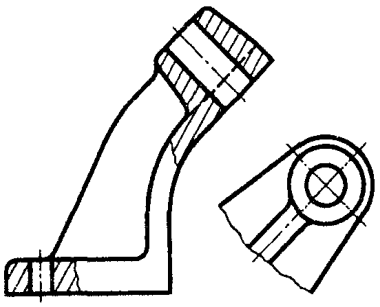


Рисунок 1.12 – Додатковий вид

Додатковим називається вид, який одержується проеціюванням на площину, що не паралельна жодній з основних площин проекцій. Він застосовується в тому випадку, якщо яка-небудь частина предмету зображується зі спотворенням на всіх основних видах. Додатковий вид на кресленні позначають великою літерою (наприклад «А»), а біля зображення предмета, що пов’язане з додатковим видом ставлять стрілку, що показує напрямок погляду, і відповідну літеру. Напрямок погляду на цю частину предмету вказують стрілкою і позначають тією ж буквою (рис. 1.13, *а*).

Співвідношення розмірів стрілки, яка показує напрямок погляду, наведено на рис. 1.13, *в.* Розмір шрифту для позначення обирають приблизно в два рази більшим за розміри цифр розмірних чисел.

Додатковий вид можна повертати, але в такому разі додають спеціальний знак: . Якщо додатковий вид розташовують у проекційному зв’язку з відповідним зображенням на кресленні, то його не позначають. Якщо потрібно позначають кут (рис. 1.13, *б*).

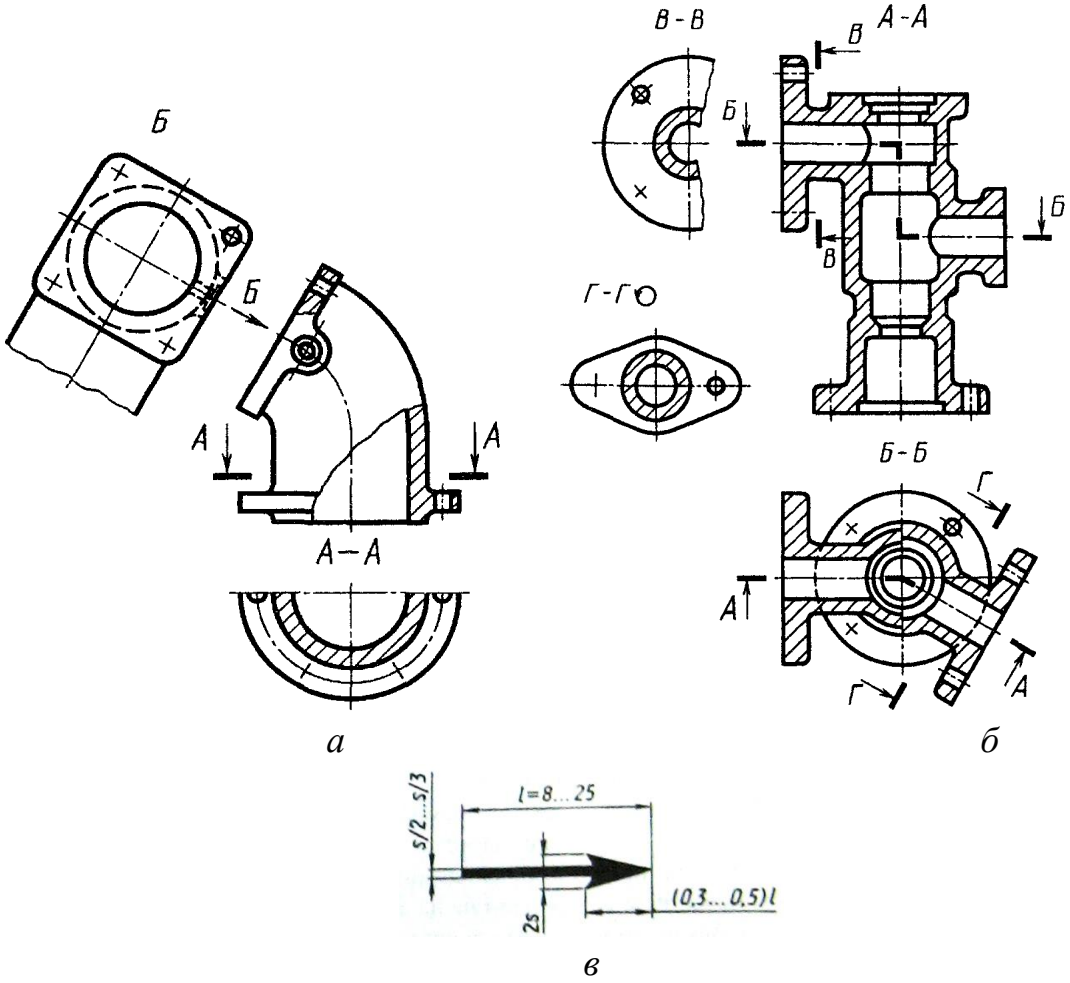


Рисунок 1.13 – Позначення додаткових видів

Вид місцевий – зображення окремого, обмеженого місця поверхні предмета. Місцеві види застосовують у тих випадках, коли на наявних видах не вдається показати форму якоїсь частини виробу (наприклад: фланця, приливу тощо). Місцевий вид може бути обмежений лінією обриву або не обмежений. Місцевий вид відзначають на кресленні подібно до додаткового.

Розрізи. Ортогональна проекція предмета, уявно розсіченого однією або кількома площинами для виявлення його невидимих поверхонь, називається розрізом.

Січна площина розрізу повинна проходити так, щоб можна було показати характерні форми предмета. Частину предмета, розташованого перед січною площиною, подумки видаляють. При

цьому лінії внутрішніх контурів предмета стають видимими, їх показують суцільними товстими основними лініями. На розрізі показують все те, що потрапило до січної площини, а також те, що знаходиться поза нею.

Залежно від положення січної площини, розрізи бувають вертикальні, горизонтальні й похилі.

Вертикальним є розріз, утворений січною площиною, розташованою перпендикулярно до горизонтальної площини проекцій. Вертикальний розріз є фронтальним (рис. 1.14), якщо січна площина є паралельною до фронтальної площини проекцій, і профільним – якщо січна площина є паралельною до профільної площини проекцій.

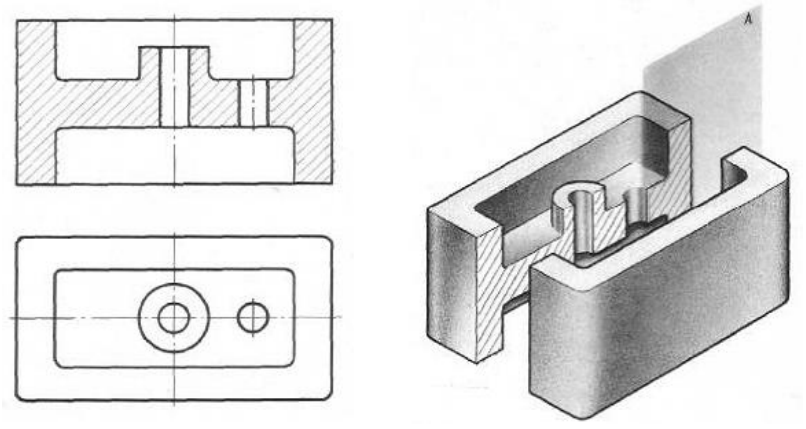


Рисунок 1.14 – Вертикальний розріз

Горизонтальним є розріз, утворений січною площиною, розташованою паралельно до горизонтальної площини проекцій (рис. 1.15).

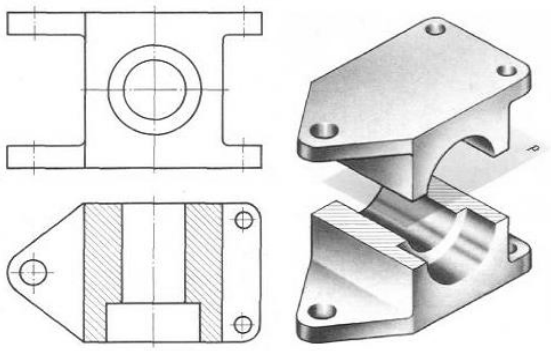


Рисунок 1.15 – Горизонтальний розріз

У будівельних кресленнях горизонтальним розрізам можуть присвоюватися інші назви, наприклад, «план».

Похилим є розріз, виконаний січною площиною, що утворює з горизонтальною площиною проекцій кут, який відрізняється від прямого (розрізи А–А і В–В, рис. 1.16).

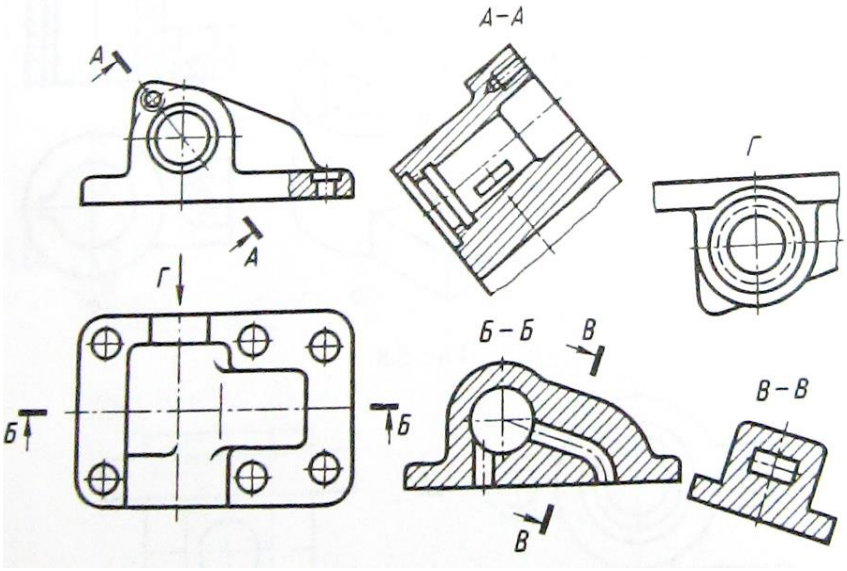
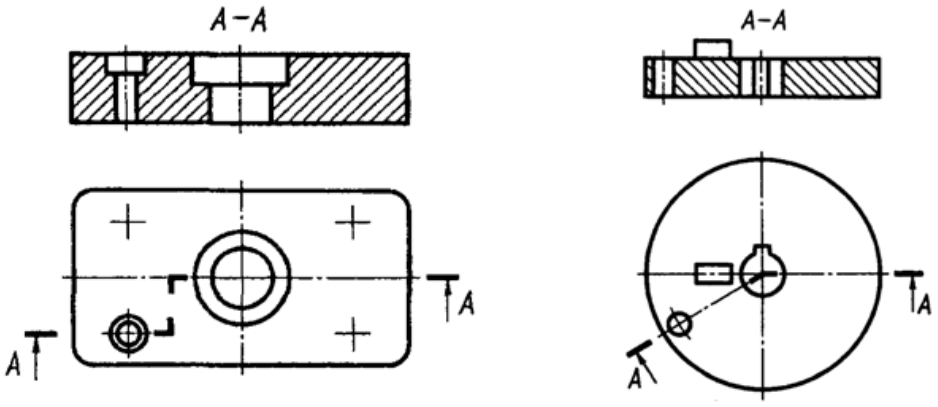


Рисунок 1.16 – Прості розрізи

Залежно від кількості січних площин розрізи поділяють на такі:

– прості, утворені однією січною площиною (див. рис. 1.16);

– складні, утворені декількома січними площинами (розрізи А–А і Б–Б, див. рис.1.16).



а *б*

Рисунок 1.17 – Складні розрізи

Складні розрізи бувають **східчастими**, якщо січні площини є паралельними (східчастий горизонтальний розріз Б–Б на рис. 1.16 і східчастий фронтальний розріз А–А на рис. 1.17, *а*) , і **ламаними**, якщо січні площини перетинаються (розріз А–А (рис. 1.17, *б*)).

Розрізи називаються **поздовжніми**, якщо січні площини спрямовані уздовж довжини або висоти предмета (див. рис. 1.14), і **поперечними**, якщо січні площини направлені перпендикулярно до довжини або висоти предмета (розрізи А–А і Б–Б на рис. 1.18).

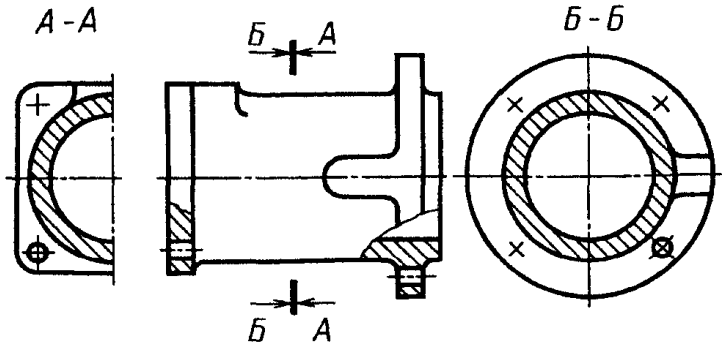


Рисунок 1.18 – Поперечний розріз

Положення січної площини на кресленні позначають лінією перетину, для чого застосовують розімкнену лінію. Якщо розріз є простим, то наносять лише початковий і кінцевий штрихи, довжину яких беруть у межах 8…20 мм, а товщину від *s* до 1,5 *s*. Якщо розріз є складним, то штрихи проводять у місцях перетинання лінії перетину. Початковий і кінцевий штрихи не повинні перетинати контур відповідного зображення. На початковому й кінцевому штрихах слід ставити стрілки, що вказують напрямок погляду (див. рис. 1.13, 1.15–1.17), їх ставлять на відстані 2–3 мм від кінця штриха. Початковий і кінцевий штрихи не повинні перетинати контур відповідного зображення. У випадках, подібних до зображення на рис. 1.17, стрілки наносяться на одній лінії. Біля початку й кінця лінії перетину, а за необхідності і в місцях її перетинання ставлять одну й ту саму велику літеру українського алфавіту. Літери ставлять біля стрілок, а в місцях перетину – з боку зовнішнього кута. Розріз має бути позначений написом по типу А–А (завжди двома літерами через тире, які не підкреслюються).

На будівельних кресленнях для лінії перетину замість літер допускається застосовувати цифри, а також надписувати назву розрізу (плану) з присвоєним йому літерним, цифровим або іншим позначенням.

Фронтальним і профільним розрізам, як правило, надають положення, що відповідає прийнятому для цього предмета на головному зображенні креслення. Горизонтальні, фронтальні й профільні розрізи можуть бути розташовані на місці відповідних основних видів (рис. 1.19, *а*). У випадку, якщо січна площина не є паралельною до фронтальної або профільної площини проекцій, вертикальний і похилий розрізи потрібно будувати й розташовувати відповідно до напрямокку, зображеного стрілками на лінії перетину. Розміщувати такі розрізи допускається на будь-якому місці поля креслення, якщо розріз повернутий, то до напису додають знак ↻. (див. розріз Г–Г, рис. 1.13, *б*).

Якщо січна площина збігається з площиною симетрії предмета в цілому, а відповідні зображення розташовані на одному й тому самому аркуші в безпосередньому проекційному зв’язку й не розділені будь-якими іншими зображеннями, для горизонтальних, фронтальних і профільних розрізів не наводять положення січної площини й розріз написом не супроводжують (рис. 1.19, *б*).

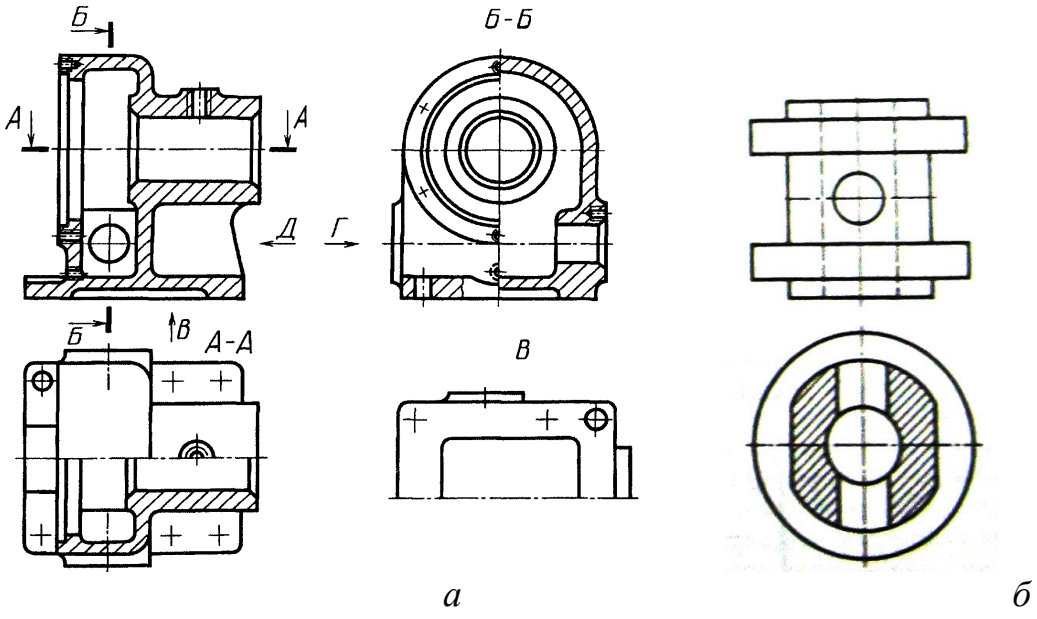


Рисунок 1.19 – Розташування розрізів на головних видах

Виконуючи східчасті розрізи, січні площини умовно повертають до суміщення в одну площину, а зображення будують так, щоб вони розташовувалися в одній площині (див. розріз Б–Б, рис. 1.13, *б*).

Для ламаного розрізу січні площини також умовно повертають до суміщення в одну площину, при цьому напрямок повороту може не збігатися з напрямком погляду. Якщо суміщені площини виявляться паралельними до однієї з основних площин проекцій, то ламаний розріз допускається розміщувати на місці відповідного виду (рис. 1.17).

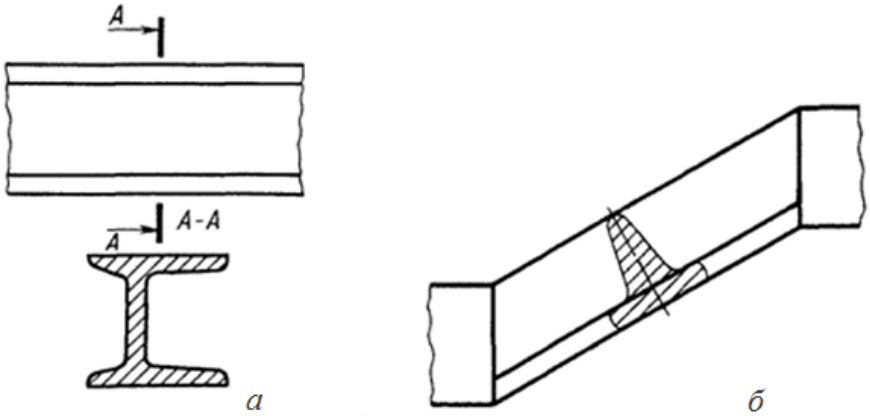
Розрізи, що допомагають з'ясувати будову предмета в окремому місці, називаються *місцевими*. Місцевий розріз виділяється на зображенні суцільною хвилястою лінією (рис. 1.20, *а*) або суцільною тонкою лінією із зламом (рис. 1.20, *б*), які не повинні збігатися з будь-якими іншими лініями зображення.

а *б*

Рисунок 1.20 – Місцеві розрізи

Перерізи. *Ортогональна проекція предмета, уявно розрізаного однією чи кількома площинами для виявлення його невидимих поверхонь, називається перерізом.* На перерізі зображують лише те, що безпосередньо розташовано в січній площині.

Перерізи, що не входять до складу розрізу, поділяють на: винесені (рис. 1.21, *а*) та накладені (рис. 1.21, *б*).



а *б*

Рисунок 1.21 – Перерізи

Перевага надається винесеним перерізам. Контур винесеного перетину виконують суцільною основною лінією, якою зображують контур предмета. Переріз заштриховують під кутом 45° до основного нахилу креслення. Контур накладеного перетину зображують суцільними тонкими лініями, причому контур зображення в місці розташування накладеного перетину не переривають (див. рис. 1.21,б).

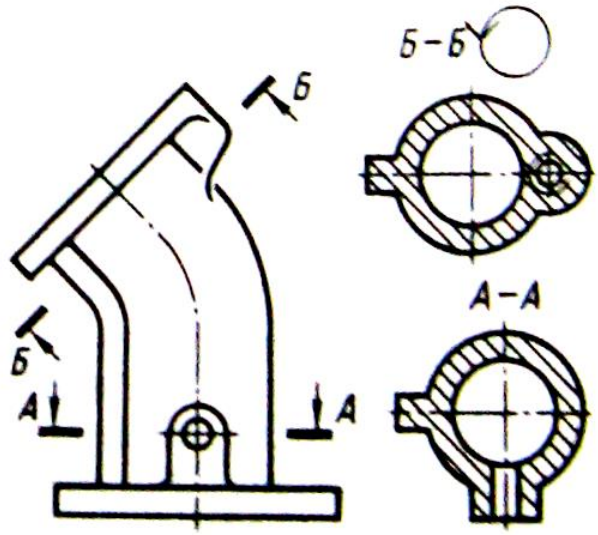


Рисунок 1.22 – Винесений переріз

Лінію винесеного перетину зображують так само, як і лінію розрізу (розімкнену зі стрілками, що показують напрямокок погляду), а сам переріз супроводжують написом типу А–А (див. рис. 1.22). Для симетричних перерізів, розміщених у розриві, лінію перетину не зображують і переріз не підписують. У несиметричних перерізах, розміщених у розриві (рис. 1.23), лінію перетину літерами не позначають. У будівельних кресленнях допускається надписування назви перетину.

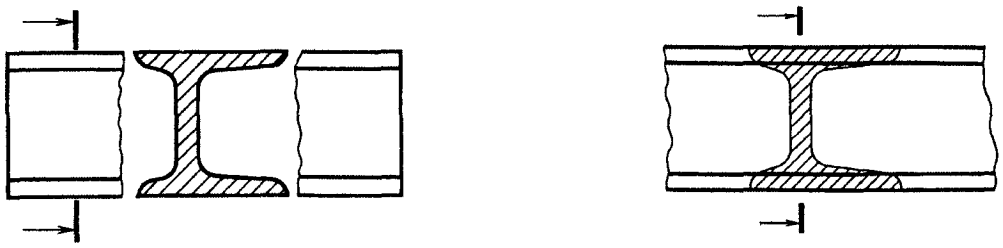
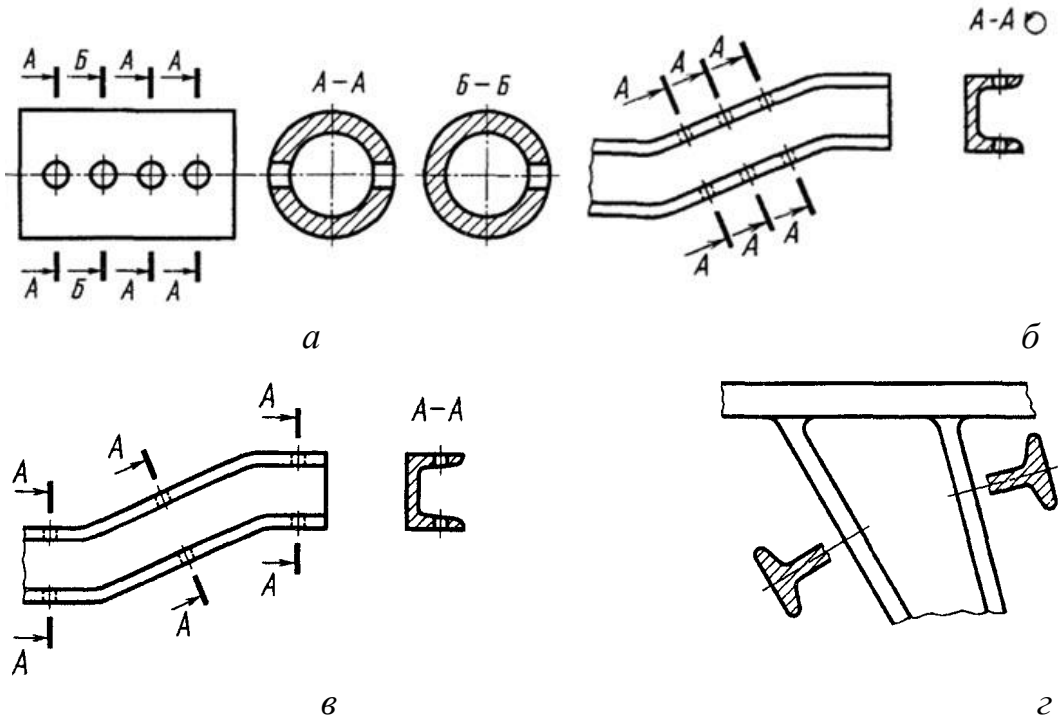


Рисунок 1.23 – Переріз, розміщений у розриві

Переріз за будовою і розташуванням повинен відповідати напрямку, вказаному стрілками (переріз А–А, рис. 1.22). Допускається розміщувати переріз на будь-якому місці креслення, а якщо на ньому зображено поворот, то додають знак “” (переріз Б–Б, рис. 1.22).

У будівельних кресленнях при симетричних перерізах застосовують розімкнену лінію з позначенням її, але без стрілок, вказуючи напрямок погляду.

Для декількох однакових перерізів, що належать до одного предмета, лінію перетину позначають однією буквою і накреслюють один переріз (рис. 1.24, *а, б*).



а *б*

в *г*

Рисунок 1.24 – Позначення і зображення перерізів

Якщо при цьому січні площини направлені під різними кутами (рис.1.24, *в*), то умовну графічну позначку не наносять.

Січні площини обирають так, щоб мати нормальні (без спотворення) поперечні перерізи (рис. 1.24, *г*).

Виносні елементи. Додаткове окреме, як правило, збільшене зображення будь-якої частини предмета з метою з’ясування його форми, розмірів та інших даних називається виносним елементом.

Виносний елемент може містити подробиці, не вказані на відповідному зображенні, і може відрізнятися від нього за змістом (наприклад, зображення є видом, а виносний елемент − розрізом).

Як вживання виносного елемента відповідне місце відзначають на виді, розрізі або перерізі замкнутою суцільною тонкою лінією: колом, овалом тощо. Від цієї лінії проводять тонку лінію-виноску з поличкою, на якій літерою або поєднанням великої літери з арабською цифрою позначають виносний елемент і масштаб зображення (рис. 1.25).

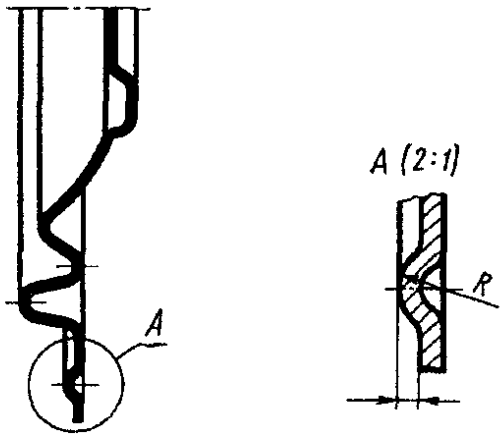


Рисунок 1.25 – Виносні елементи

У будівельних кресленнях виносний елемент на зображенні допускається відзначати фігурною чи квадратною дужкою або графічно не відзначати. В зображенні, з якого елемент виноситься, і біля виносного елемента допускається також наносити привласнене виносному елементу літерне або цифрове (арабськими цифрами) позначення і назву.

Умовності й спрощення. З метою економії часу й місця та полегшення виконання зображень на кресленні застосовують умовності й спрощення.

Якщо вид, розріз або переріз є симетричною фігурою, то допускається накреслювати половину зображення або трохи більше половини з проведенням в останньому випадку лінії обриву (рис. 1.26).

Якщо предмет має декілька однакових, рівномірно розташованих елементів, то на зображенні цього предмета повністю зображують один-два таких елементи, наприклад, один-два отвори, а останні елементи зображують спрощено або умовно.

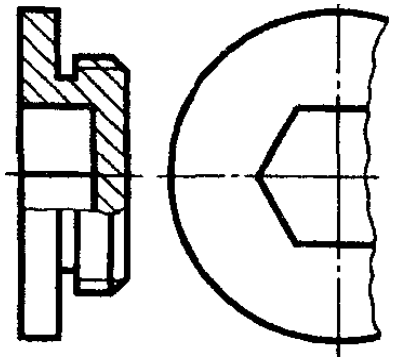


Рисунок 1.26 – Спрощене зображення

Умовне графічне позначення «повернуте» має відповідати рис. 1.27, *а* «розгорнуте» – рис. 1.27, *б*. Мінімальний діаметр кола позначки має становити 5 мм.

а *б*

Рисунок 1.27 – Умовне графічне позначення положення

1.7 Зображення, що відповідають стандартам ДСТУ ISO

Стандарти ДСТУ ISO 5456–2:2005, ДСТУ ISO 128–30:2005 встановлюють принципи подання видів, які застосовують на всіх різновидах технічних креслень (у машинобудуванні, архітектурі, цивільному будівництві і т.ін.), з дотриманням способів ортогонального (прямокутного) проеціювання, визначених ДСТУ ISO 5456–2.

Як вид спереду або головний вид потрібно брати найбільш інформативну проекцію предмета з урахуванням його робочого положення, положення під час виготовлення або монтування.

Спосіб проеціювання у першому квадранті (firstangle projection method). Відносно фронтальної проекції (рис. 1.28, *а*) інші проекції розміщують так:

− вид зверху (b) розміщують знизу;

− вид знизу (e) розміщують зверху;

− вид зліва (c) розміщують справа;

− вид справа (d) розміщують зліва;

− вид ззаду (f) можна розмістити як зручніше: або зліва, або справа.

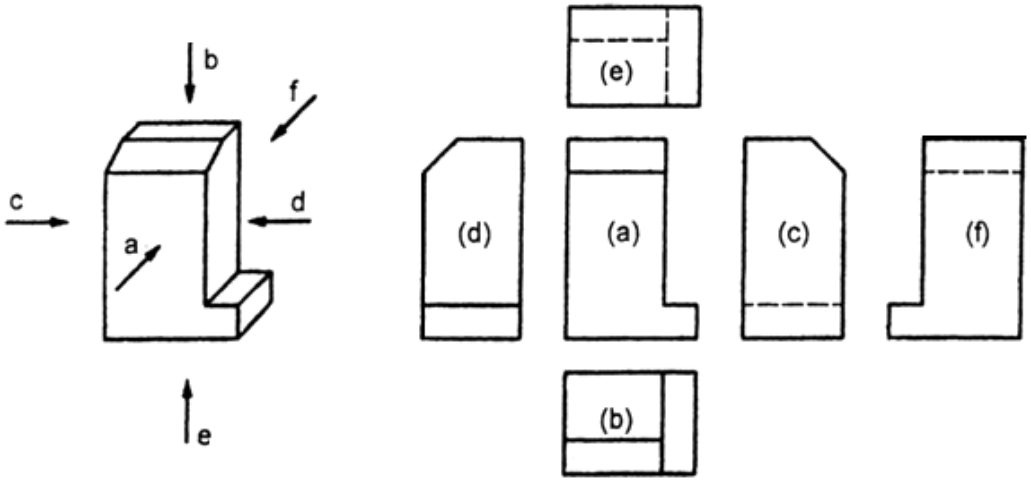


Рисунок 1.28 − Спосіб проеціювання у першому квадранті

Умовна графічна позначка проеціювання у першому квадранті показана на рис. 1.29.

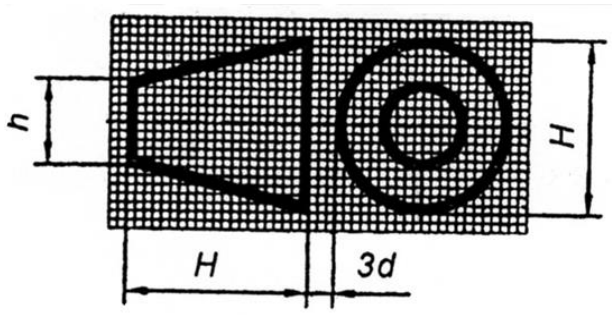


Рисунок 1.29 − Умовна графічна позначка проеціювання у першому квадранті

Спосіб проеціювання у третьому квадранті (third angle projection method) згідно з ДСТУ ISO 128–30:2005 відрізняється від способу проеціювання згідно з ГОСТ 2.305–2008.

Відносно фронтальної проекції (а) інші проекції розміщують таким чином (рис. 1.30):

− вид зверху (b) розміщують зверху;

− вид знизу (e) розміщують знизу;

− вид зліва (c) розміщують зліва;

− вид справа (d) розміщують справа;

− вид ззаду (f) можна розмістити як зручніше: або зліва, або справа.

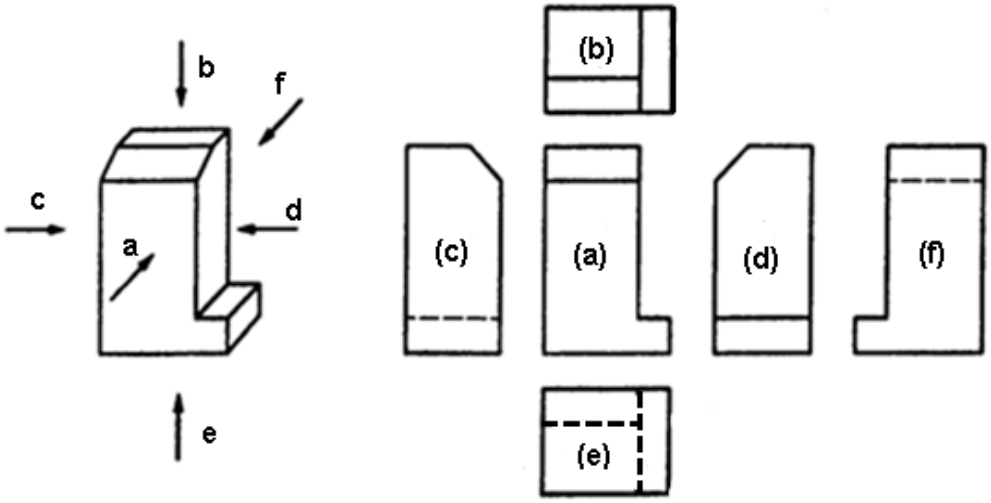


Рисунок 1.30 – Спосіб проеціювання у третьому квадранті

Умовна графічна позначка проеціювання у третьому квадранті зображена на рис. 1.31. Співвідношення даної позначки визначено ISO 5456–2.

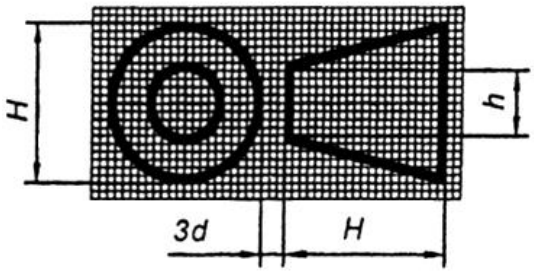


Рисунок 1.31 – Умовна графічна позначка проеціювання у третьому квадранті

На відміну від ГОСТ 2. 305–2008 (див. підрозділ 1.5) в ДСТУ ISO 128–30:2005 кожен вид, за винятком виду спереду (головного), має бути позначений великою літерою англійського алфавіту, яка повторює літеру біля посилальної стрілки, що визначає напрямокок погляду в разі отримання відповідного виду. Яким би не був напрямокок погляду, велику літеру розміщують над посилальною стрілкою або з її правого боку, але завжди в положенні зручного читання написів.

Позначені види можна розташовувати незалежно від головного виду. Великі літери, що позначають винесені види, розташовують безпосередньо над відповідними видами (рис. 1.32).

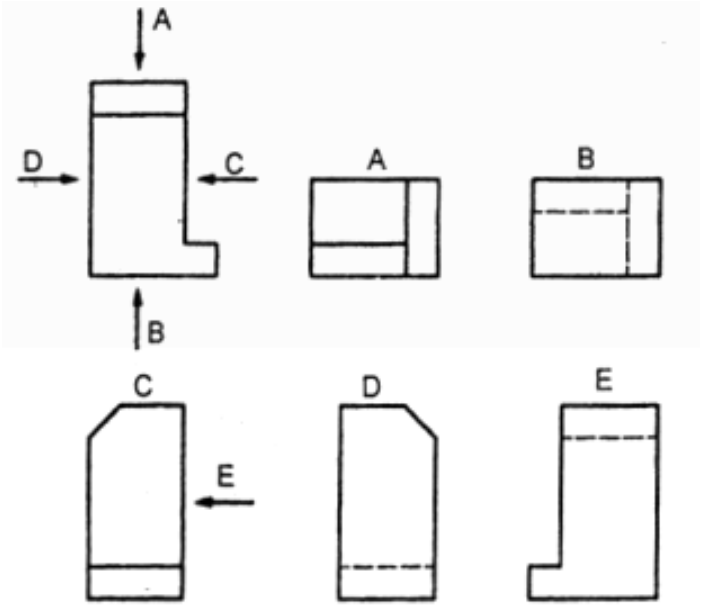


Рисунок – 1.32 – Позначення видів

На рис. 1.33 наведено зображення посилальної стрілки, а також висоти ідентифікаційних написів, застосовано вертикальний напис букви типу В згідно з ISO 3098–0. Дозволено також написи інших типів. Висота напису h, що ідентифікує певний вид, ма бути більшою за висоту інших написів на технічному кресленні в $\sqrt{2}$ разів, тобто на один номер шрифту більшою. Значення напису округляють до найближчого більшого номера шрифту.

У випадку, якщо види на кресленні зображенні в проеційному зв’язку, позначку виду не ставлять.

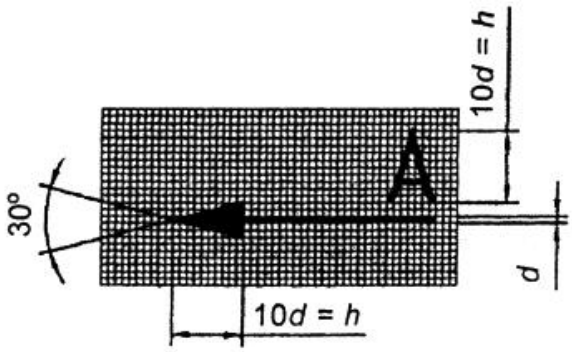


Рисунок 1.33 – Графічне зображення посилальної стрілки

Обирання видів. Якщо з'являється потреба у видах (зокрема, в розрізах і перерізах), то їх слід обирати за такими правилами:

− кількість видів (зокрема розрізів і перерізів) обмежують необхідним мінімумом, але достатнім для однозначного зображення предмета;

− уникають зображення невидимих контурів і граней;

− уникають непотрібного повторювання подробиць.

Часткові види. Деякі конструктивні особливості, які необхідно зобразити, але недоцільно зображати на повному виді, можуть бути зображені з використанням часткового виду, обмеженого тонкою суцільною лінією із зигзагами типу 01.1.19, згідно з ДСТУ ISO 128–24:2005 (рис. 1.34), а для часткових видів на будівельних кресленнях тип ліній беруть як 01.1.1, згідно з ДСТУ ISO 128–23:2005.

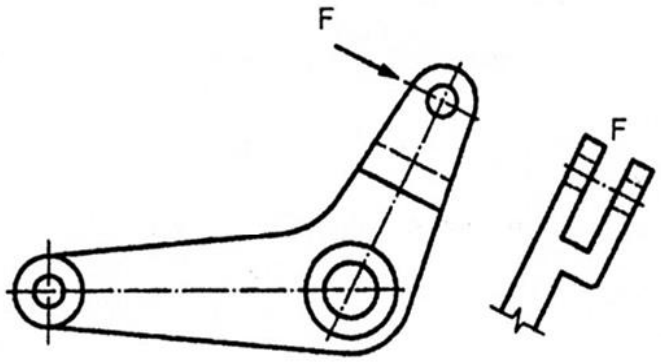
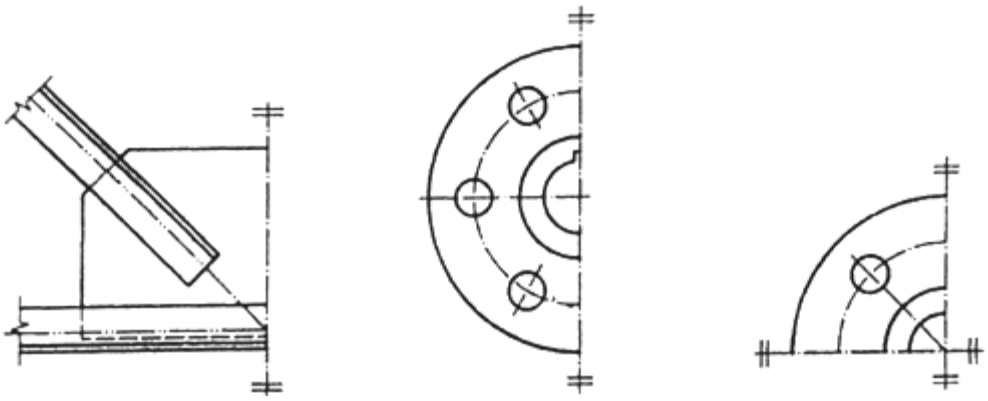


Рисунок 1.34 – Позначення часткового виду

Частковий вид симетричних деталей. З метою економії місця на березі креслення симетричні предмети можуть бути зображені як частина від цілого (рис. 1.35).

Лінію симетрії на її обох кінцях позначають двома тонкими короткими паралельними лініями, перпендикулярними до неї (рис. 1.36).



а *б* *в*

Рисунок 1.35 – Позначення часткового виду симетричних деталей

На рис. 1.35, *а, б* предмети уявно доповнюються симетрично відносно вертикальної лінії симетрії за типом 10.1 згідно з ДСТУ ISO 128–20: 2003. На рис. 1.35, *в* предмет уявно доповнюється симетрично відносно вертикальної лінії симетрії, а потім горизонтальної, або спочатку горизонтальної лінії симетрії, а потім вертикальної.

Умовну графічну позначку симетрії потрібно виконувати, як зображено на рис. 1.36.

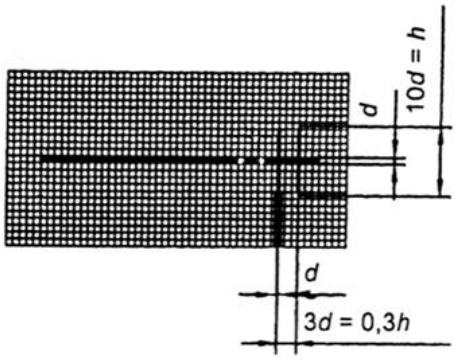
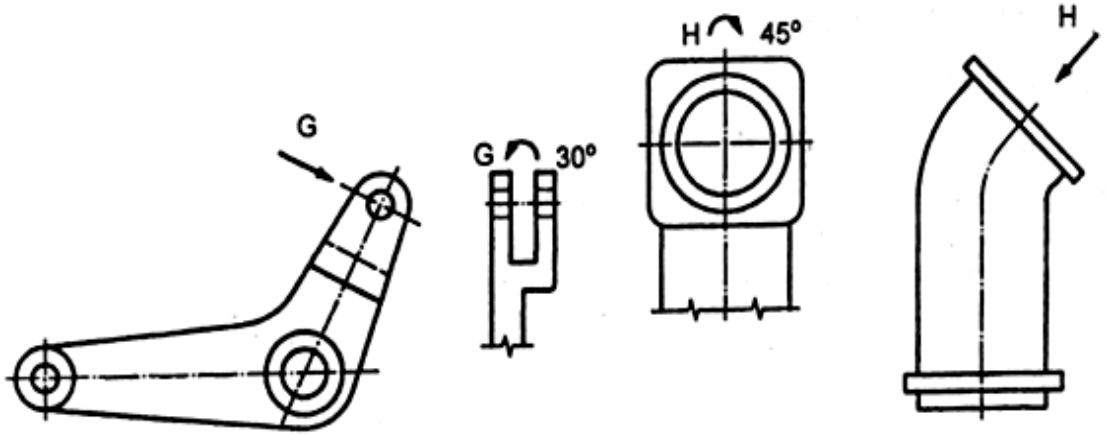


Рисунок 1.36 – Умовна графічна позначка симетрії

Додаткоіві види. Якщо буде потреба, дозволено подавати вид у положенні, відмітному від положення, що відповідає посилальним стрілкам.

Факт подання виду в іншому положенні має бути пояснений за допомогою дугоподібної стрілки, що відповідає напрямокку повороту, як це зображено на рис. 1.37, *а, б*. Кут повороту виду може бути вказаний після нанесення великої літери. Якщо це має місце, то послідовність дій буде такою: «ідентифікація виду – зображування дугоподібної стрілки − зазначення кута повороту».



а *б*

Рисунок 1.37 – Позначення додаткового виду

Дугоподібну стрілку слід зображувати відповідно до рис. 1.38.

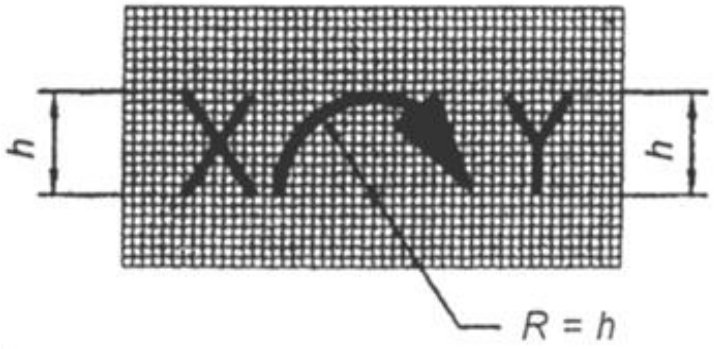


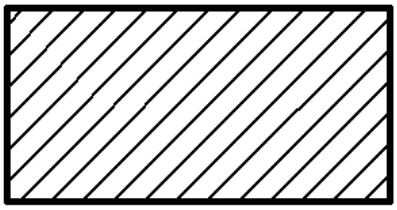
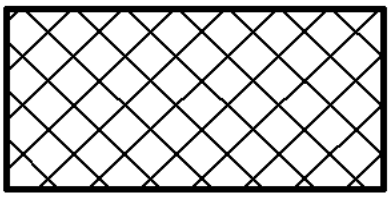
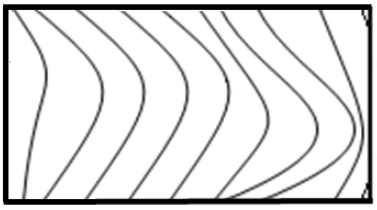
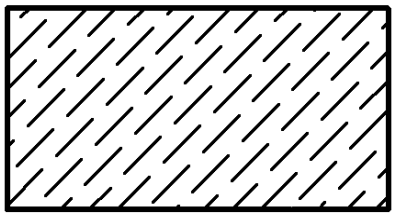
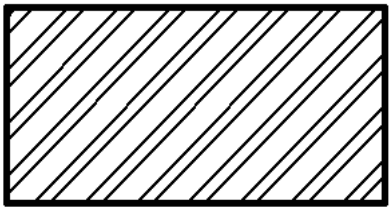
Рисунок 1.38 – Графічне зображення дугоподібної стрілки

1.8 Зображення матеріалів

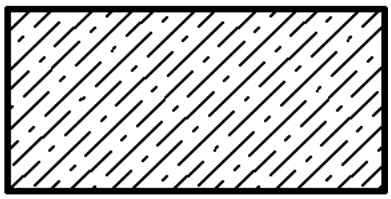
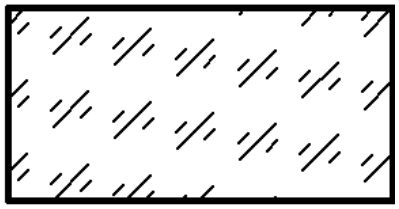
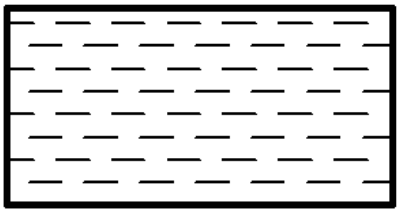
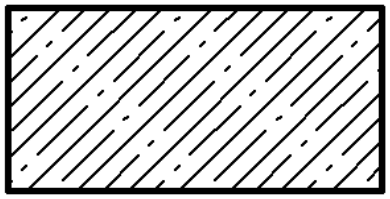
Графічні позначення матеріалів у розрізах, перерізах та на видах, а також правила нанесення їх на креслення, встановлені ГОСТ 2.306–68. Для умовного графічного зображення матеріалів застосовують різноманітні штрихування.

Графічні зображення матеріалів у розрізах та перерізах повинні відповідати наведенним у табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Позначення матеріалів згідно з ГОСТ 2.306–68

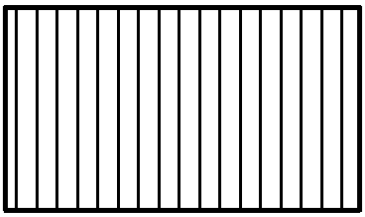
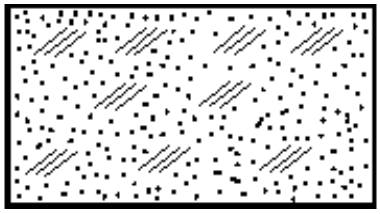
№ з/п	Позначення	Назва
1	2	3
1		Метали, тверді сплави, а також загальне графічне позначення будь-якого матеріалу
2		Неметалеві матеріали, в тому числі волокнисті та плитні (пресовані) за винятком зазначених нижче
3		Деревина
4		Природний камінь
5		Кераміка та силікатні матеріали для мурування

Продовження табл. 1.6

1	2	3
6		Бетон
7		Скло та інші світлопрозорі матеріали
8		Рідини
9		Природний грунт
10		Залізобетон

Також у розрізах та перерізах допускається застосовувати додаткові позначення матеріалів, не передбачені стандартом, але для них потрібно додавати пояснення на кресленні (табл. 1.7).

Таблиця 1.7 – Додаткові позначення матеріалів

№ з/п	Позначення	Назва
1		Сітки з будь-якого матеріалу
2		Засипка з будь-якого матеріалу

Похилі паралельні лінії штрихування повинні проводитися згідно з ГОСТ 2.303–68 тонкими лініями: від *S/2* до *S/3* під кутом 45° до лінії контуру зображення (рис.1.39) або до його осі (рис. 1.40), або до ліній рамки креслення (рис. 1.41)

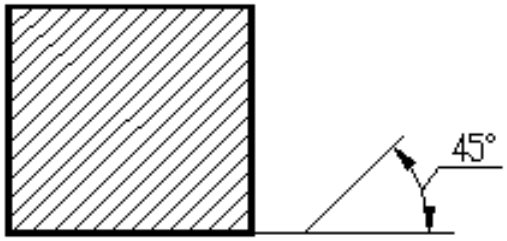


Рисунок 1.39 – Штрихування під кутом 45° до лінії контуру

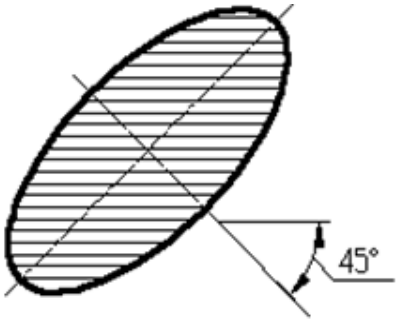


Рисунок 1.40 – Штрихування під кутом 45° до осі

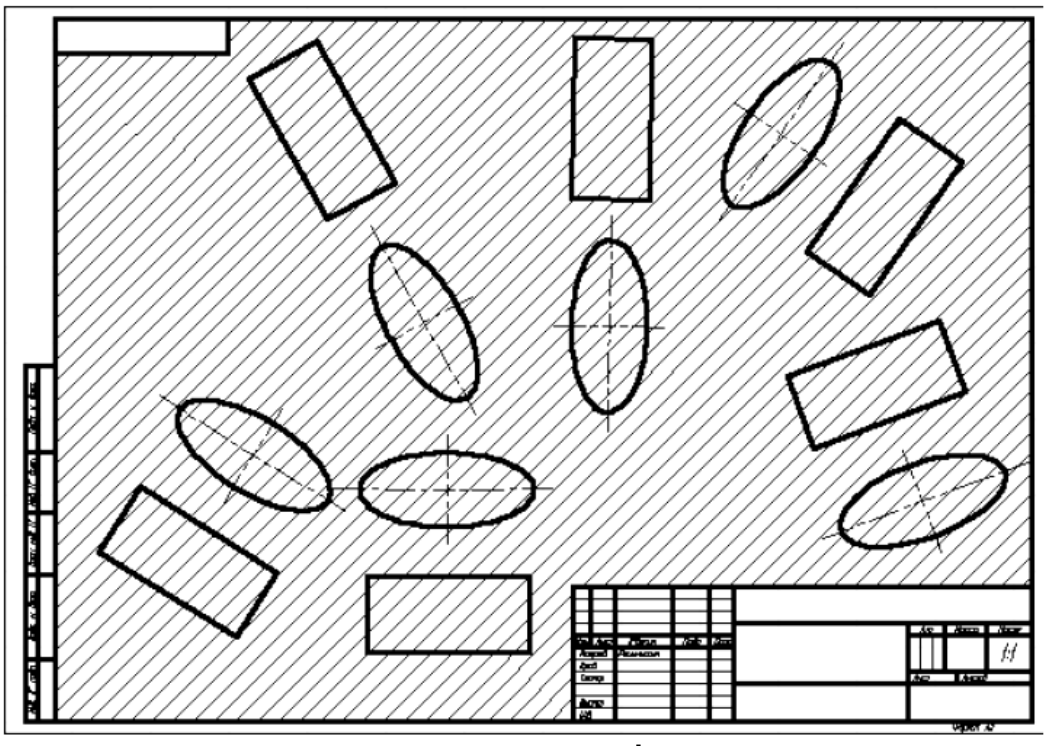


Рисунок 1.41 – Штрихування під кутом 45° до рамки креслення

Якщо лінії штрихування, наведені до лінії рамки креслення під кутом 45°, збігаються з лініями контуру або осьовими лініями, то замість кута 45° слід використовувати кут 30° або 60° (рис. 1.42).

Лінії штрихування повинні наноситися з нахилом вліво або вправо, але, як правило, в один і той самий бік на всіх перерізах, що належать до однієї і тієї деталі, незалежно від кількості аркушів, на яких ці перерізи розташовані.

Відстань між паралельними прямими лініями штрихування (частота) має бути, як правило, однаковою для всіх виконуваних в одному й тому самому масштабі перерізів цієї деталі й обирається залежно від площі штрихування й необхідності у різноманітнення штрихування суміжних перерізів. Зазначена відстань має становити від 1 до 10 мм, залежно від площі штрихування й необхідності урізноманітнення штрихування суміжних перерізів (наприклад, штампованих, вальцьованих та інших подібних деталей), ширина яких на кресленні становить від 2 до 4 мм. Рекомендується

штрихувати повністю тільки на кінцях і біля контурів отворів, а іншу площу перетину невеликими ділянками в декількох місцях (рис. 1.43). У таких випадках лінії штрихування скла потрібно наносити з нахилом 15 –20° до ліній більшого боку контуру перетину.

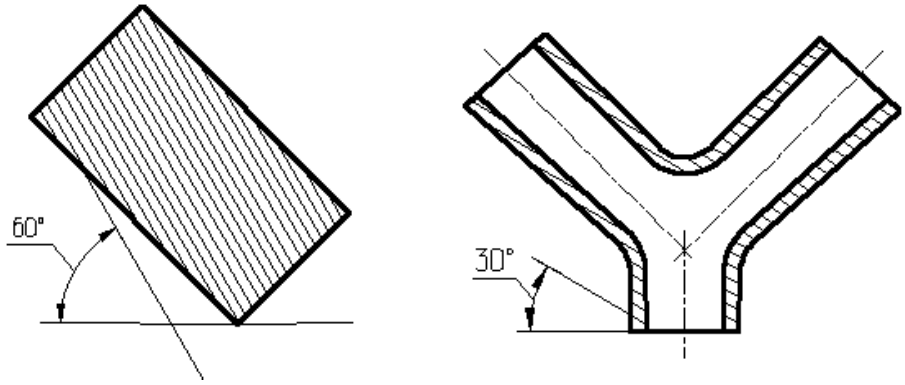


Рисунок 1.42 – Штрихування під кутом 60 і 30° до рамки креслення

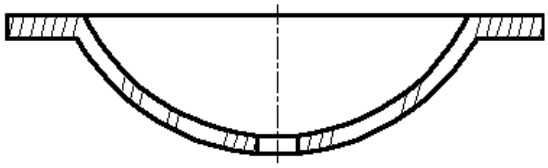


Рисунок 1.43 – Штрихування вузьких і довгих площин перерізів

Вузькі площини перерізів, ширина яких на кресленні становить не менше 2 мм, допускається зображувати зачорненими із залишенням просвітів між суміжними перерізами не меншими за 0,8 мм (рис. 1.44).

У будівельних кресленнях допускається на перерізах незначної площини будь-який матеріал позначати як метал або взагалі не застосовувати позначки, виконавши пояснюючі написи на березі креслення.

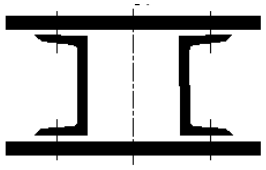


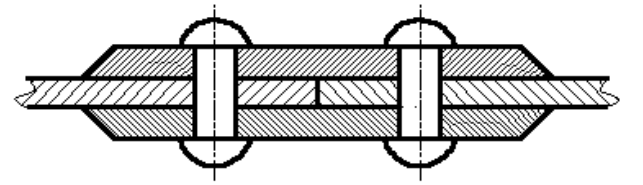
Рисунок 1.44 – Штрихування вузьких площин перерізів, ширина яких на кресленні становить не менше 2 мм

Для суміжних перерізів двох деталей слід застосовувати різний нахил ліній штрихування: для одного перетину вправо, для іншого – вліво (зустрічне штрихування).

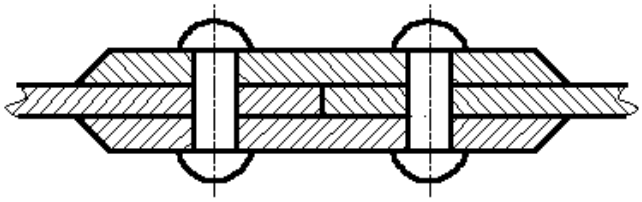
У випадку затосування штрихування в клітинку для суміжних перерізів двох деталей відстань між лініями штрихування у кожному перерізі має бути різною.

У суміжних перерізах із штрихуванням однакового нахилу і напрямку слід змінювати відстань між лініями штрихування (рис 1.45, *а*) або зміщувати ці лінії в одному перерізі відносно до іншого, не змінюючи кута їх нахилу (рис. 1.45, *б*).

За великих площ перерізів, а також при зазначенні профілю грунту допускається наносити позначки лише біля контуру перетину вузькою смужкою рівномірної ширини (рис. 1.46).



а



б

Рисунок 1.45 – Зразок нанесення штриховки суміжних площин перерізів

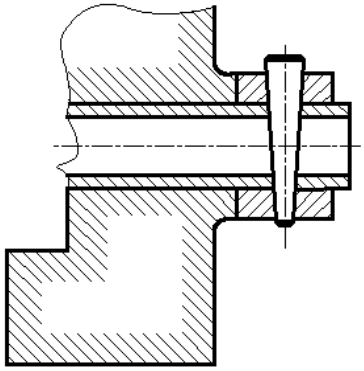


Рисунок 1.46 – Зразок нанесення штриховки великих площин перерізів

Контрольні запитання

1. Як визначаються формати аркушів креслень та інших документів?
2. Як підрозділяють формати?
3. В якому місці на форматах розташовують основний напис згідно з ГОСТ 2.301–68?
4. В якому місці на форматах розташовують основний напис згідно з ДСТУ ISO 5457 2006?
5. В якому місці проставляють позначку обрізання аркушів за форматом і який вона має вигляд?
6. З якою метою аркуш креслення розбивають на зони?
7. Із яких елементів складається позначка аркуша, що призначений для креслення?
8. Що називають масштабом?
9. У вигляді чого позначають масштаби?
10. Які три назви мають масштаби залежно від порівняння з одиницею?
11. Які форми основного напису вам відомі?
12. Якою має бути кількість зображень на кресленні?
13. За яким методом проеціювання виконуються креслення виробів?
14. Що називають видом?
15. У середину якого геометричного тіла подумки розміщують предмет у процесі створення проекцій?
16. Які існують встановлені назви зображень?
17. Які назви видів у необхідних випадках можуть присвоюватися в будівельних кресленнях?
18. В якому випадку напрямок проеціювання має бути зазначений стрілкою біля відповідного зображення?
19. Що собою являє вид?
20. Що собою являє переріз?
21. Що собою являє розріз?
22. У чому полягає різниця між зображенням розрізу і перетину?
23. Що собою являють прості й складні розрізи?
24. Що собою являють виносні елементи?
25. Як розміщують види згідно з ДСТУ ISO 128–30:2005 при використанні засобу проеціювання в третьому квадранті?

2 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ЛІНІЇ. ЛІНІЇ НА МАШИНОБУДІВНИХ КРЕСЛЕННЯХ

Лінії на кресленнях, схемах, діаграмах тощо виконують за стандартом ГОСТ 2.303–68 «Линии» або частиною 20 «Основних положень про лінії» (ISO128–20:1996, IDT) ДСТУ ISO 128–20:2003. Деякі положення цих документів відрізняються: найменування лінії (кожний тип лінії) за ДСТУ ISO 128–24 залежно від виду та товщини зображення має одне із значень – тонка або товста.

Потрібно мати на увазі, що однакові зображення ліній за вказаними стандартами мають не однакові номери. Наприклад, суцільна лінія за ГОСТ 2.303–68 має два номери: 1 і 2, а за ДСТУ ISO 128–20:2003 – один: 01.

2.1 Типи ліній за ГОСТ 2.303–68

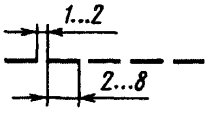
Стандарт ГОСТ 2.303–68 установлює зображення й основні призначення ліній на кресленнях усіх галузей промисловості та будівництва. Типи ліній обирають залежно від виду і формату креслення, величини та складності зображення, важливості предметів, що зображуються на кресленні.

Найменування, зображення, товщина лінії щодо товщини основної лінії та основні призначення ліній, застосовуваних під час виконання проектної документації, повинні відповідати вказаним у табл. 2.1.

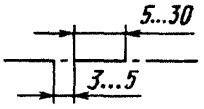
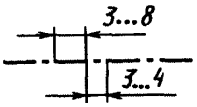
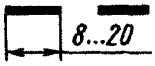
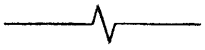
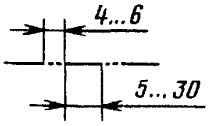
Таблиця 2.1 – Типи ліній за ГОСТ 2.303–68

Найменування	Зображення	Товщина лінії по відношенню до товщини основної лінії	Основне призначення
1	2	3	4
1 Суцільна товста основна		*s*	Лінії видимого контуру. Лінії переходу видимі. Лінії контуру перетину (винесеного й такого, що входить до складу розрізу)

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
2 Суцільна тонка		Від $\frac{S}{2}$ до $\frac{S}{3}$	Лінії контуру накладеного перетину. Лінії розмірні й виносні. Лінії-штриховки. Лінії-винесення. Полиці лінійвиносок й підкреслення написів. Лінії для зображення обмежень деталей «обстановка». Лінії-обмеження виносних елементів на видах, розрізах і перерізах. Лінії переходу уявні. Сліди площин, лінії побудови характерних точок у випадках спеціальних побудов
3 Суцільна хвиляста			Лінії обриву. Лінії розмежування виду і розрізу
4 Штрихова			Лінії невидимого контуру. Лінії переходу невидимі

Закынчення табл. 2.1

5 Штрих-пунктирна		Від $\frac{S}{2}$ до $\frac{S}{3}$	Лінії осьові й центрові. Лінії перетинів, симетрії, що є осями, для накладених або винесених перерізів
6 Штрих-пунктирна потовщена		Від $\frac{S}{2}$ до $\frac{S}{3}$	Лінії, що позначають поверхні, що підлягають термообробці або покриттю. Лінії для зображення елементів, розташованих перед січною площиною «накладена проекція»
7 Розімкнена		Від S до $1\frac{S}{2}$	Лінії перерізів
8 Суцільна тонка із зламами		Від $\frac{S}{2}$ до $\frac{S}{3}$	Довгі лінії обриву
9 Штрих-двопунктирна		Від $\frac{S}{2}$ до $\frac{S}{3}$	Лінії згину на розгортках. Лінії для зображення частин виробів у крайніх або проміжних положеннях. Лінії для зображення розгортки, суміщеної з видом

На рис. 2.1 наведено приклад позначення типів ліній згідно з ГОСТ 2.303-68.

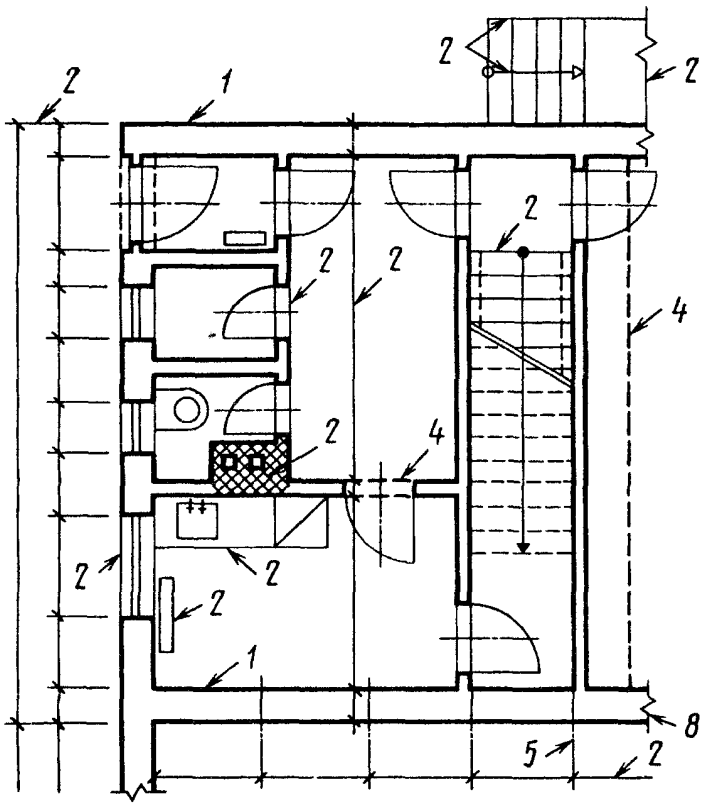


Рисунок 2.1 – Позначення ліній на будівельному кресленні

Штрихи в лінії, а також проміжки між штрихами і точками в лініях повинні мати приблизно однакову довжину. На місці перетину штрихових і штрих-пунктирних ліній має бути штрих (рис. 2.2, *а*), на місці перетину пунктирних ліній − точка (рис. 2.2, *б*). Штрих-пунктирні лінії, що застосовуються як центрові, слід замінювати на суцільні тонкі лінії, якщо діаметр кола або розмір геометричних фігур у зображенні є меншим 12 мм (рис. 2.3). Для розрізів і перерізів допускається кінці розімкненої лінії з'єднувати штрих-пунктирною тонкою лінією (рис. 2.4).

а *б*

Рисунок 2.2 – Перетини штрихових і пунктирних ліній

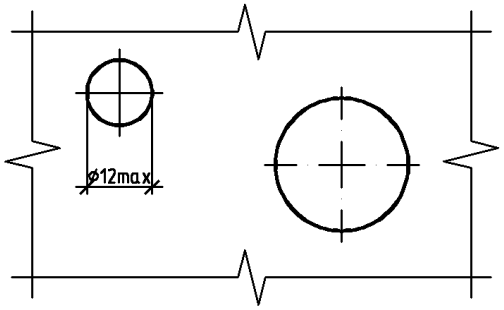


Рисунок 2.3 – Перетини штрих-пунктирних ліній

Рисунок 2.4 – Використання штрих-пунктирної лінії для позначення січної площини перерізів

Товщина суцільної основної лінії, *s*, має становити від 0,5 до 1,4 мм залежно від величини й складності зображення, а також від формату креслення.

Товщина ліній одного й того самого типу має бути однаковою для всіх зображень на цьому кресленні, що накреслюються в однаковому масштабі.

2.2 Типи ліній за ДСТУ ISO 128–20: 2003

Стандарт частини 20 «Основні положення про лінії» ДСТУ ISO 128-20:2003 встановлює типи ліній, їх позначки і конфігурацію, а також загальні правила нанесення ліній на технічних кресленнях, наприклад на діаграмах, планах чи картах.

У цьому стандарті застосовано такі терміни та визначення понять:

– **лінія** – геометричне тіло, довжина якого є більшою за половину його ширини, і яке з’єднує будь-яким способом деякий початок з деяким кінцем та може бути прямою, кривою, з перериваннями або без переривань. Довжина лінії маэ бути більшою за половину її ширини.

Примітка 1 Початок і кінець лінії можуть збігатися один з одним, наприклад, у випадку, якщо лінія утворює коло.

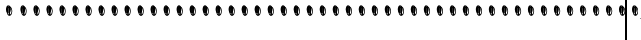
Примітка 2 Лінію, довжина якої є меншою або дорівнює половині її товщини, називають пунктиром.

Примітка 3 Зовнішній вигляд креслеників, призначених для мікрокопіювання або передавання факсом, потрібно контролювати.

– **елемент лінії –** окрема частина переривчастої лінії, наприклад, пунктири , різні за довжиною штрихи й пробіли;

– **сегмент лінії –** група з двох або більше різних елементів, які утворюють переривчасту лінію, наприклад, довгий штрих – пробіл – пунктир – пробіл – пунктир – пробіл.

Таблиця 2.2 – Основні типи ліній

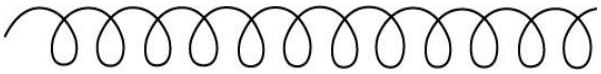
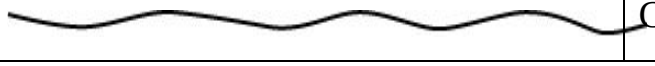
№ з/п	Зображення	Назва лінії
1	2	3
01		Суцільна
02		Штрихова
03		Штрихова розріджена
04		Довгоштрих-пунктирна
05		Довгоштрих-двопунктирна
06		Довгоштрих-трипунктирна
07		Пунктирна
08		Довгоштрих-короткоштрихова
09		Довгоштрих-двокороткоштрихова
10		Штрихпунктирна
11		Двоштрихпунктирна
12		Штрихдвопунктирна

Закінчення табл. 2.2

1	2	3
13		Двоштрих-двопунктирна
14		Штрихтрипунктирна
15		Двоштрих-трипунктирна

У таблиці 2.3 наведено можливі різновиди основних типів ліній відповідно до табл. 2.2.

Таблиця 2.3 – Різновиди основних типів ліній

№ з/п	Зображення	Назва лінії
1		Рівномірно хвиляста суцільна
2		Рівномірно спіральна суцільна
3		Рівномірно зигзагова суцільна
4		Суцільна від руки

Примітка. Таблиця 2.3 містить тільки різновиди лінії лише основного типу № 01. Різновиди ліній основних типів від № 02 до 15 можуть бути зображені аналогічно.

2.3 Лінії на машинобудівних кресленнях за ДСТУ ISO 128–24: 2005

Цей та інші стандарти ДСТУ ISO серії 128 мають груповий заголовок «Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення» чинні в Україні на альтернативних засадах із стандартами «Единой системы конструкторской документации» і мають однакову з ними юридичну силу. Під час виконання технічних креслеників, згідно з вимогами і правилами стандартів ДСТУ ISO серії 128, про це обов’язково виконують запис у відповідних документах, а на кресленнях ставлять умовну графічну позначку застосованого способу проеціювання згідно з ДСТУ ISO 5456–2:2005 (див. рис 1.29, 1.31).

Лінії на кресленнях, схемах, діаграмах і т. ін. виконують за стандартом ГОСТ 2.303–68 «Линии» або ДСТУ ISO 128–20:2003 «Основні положення про лінії». Деякі положення цих документів відрізняються: наприклад, за ГОСТ 2.303–68 лінія суцільна має три позиції: 1 – суцільна товста основна; 2 – суцільна тонка; 3 – суцільна хвиляста (див. рис. 2.4). Відповідно до ДСТУ ISO 128–20:2003, кожному типу ліній призначено свій номер і, наприклад, суцільна лінія має номер 01.

За ГОСТ 2.303–68 товщина ліній надається в інтервалі залежно від товщини основної лінії *s*. За ДСТУ ISO 128–20:2003 кожен тип ліній залежно від виду та товщини зображення має одне із значень: тонка, товста або надтовста.

2.3.1 Сфера застосування

Стандарт ДСТУ ISO 128–24:2003 встановлює загальні правила і основні положення щодо застосування типів ліній на машинобудівних кресленнях

2.3.2 Загальні положення

Типи ліній, їх позначки й розміри елементів ліній, як і основні правила їх використання, визначені в ДСТУ ISO128–20.

Вимоги щодо мікрофотокопіювання – згідно з ISO 6428.

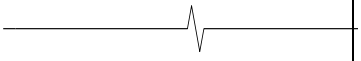
2.3.3 Типи ліній та їх застосування

Перша частина номера лінії (табл. 2.4) є номером типу відповідно до лінії за стандартом ДСТУ ISO 128–20.

Таблиця 2.4 – Типи ліній та їх застосування

№	Назва та зображення лінії	Застосування	Посилання на ISO
1	2	3	4
01.1	Суцільна тонка лінія ———	.1 уявні лінії переходу	–
		.2 розмірні лінії	129
		.3 виносні лінії	129
		.4 лінії-виноски та полиці ліній-виносок	128-22
		.5 штриховка	128-50

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4
		.6 контури накладених перерізів	128-40
		.7 короткі центрові лінії	
		.8 контур гвинтової різі по внутрішньому діаметру	6410-1
		.9 початок і закінчення розмірних ліній	129
		.10 діагоналі для позначання плоских поверхонь	–
		.11 лінії згину на розгортках і деталях після процесу згинання	–
		.12 позначання виносних елементів	–
		.13 положення повторюваних елементів	–
		.14 пояснювальні лінії ознак конусності	3040
		.15 позначання розташування багатошарових (пластинчатих) елементів	–
		.16 проекційні лінії	–
		.17 лінії координатної сітки	–
	Суцільна тонка від руки	.18 виконана вручну позначка межі частинних або переривчастих видів (видів з розривами), розрізів і перерізів, якщо ця межа не є лінією симетрії чи центровою лінією*	–
	Суцільна тонка лінія із зигзагами 	.19 інструментально виконана позначка межі частинних або переривчастих видів (видів з розривами), розрізів і перерізів, якщо ця межа не є лінією симетрії чи центровою лінією*	–

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4
01.2	Суцільна товста лінія	.1 видимі грані	128-30
		.2 видимі контури	128-30
		.3 контур гвинтової різі по зовнішньому діаметру	6410-1
		.4 межа ділянки гвинтової різі з повним профілем	6410-1
		.5 зображення основних ліній на діаграмах, картах, графіках	–
		.6 лінії систем (металевих інженерних конструкцій)	5261
		.7 лінії рознімних форм на литих деталях	10135
		.8 лінії вказівних стрілок розрізів і перерізів	128-40
02.1	Штрихова тонка лінія	.1 невидимі грані	128-30
		.2 невидимі контури	128-30
02.2	Штрихова товста лінія	.1 позначання поверхні, що підлягає оброблянню (наприклад, термічному)	–
04.1	Довгоштрих-пунктирна тонка лінія	.1 осьові лінії	–
		.2 лінії симетрії	–
		.3 ділильні кола зубчастих колес	2203
		.4 центрові кола	–
04.2	Довгоштрих-пунктирна товста лінія	.1 позначання (обмежених) площ поверхонь обов'язкового обробляння, наприклад, термічного	–
		.2 положення січних площин	128-40
05.1	Довгоштрих-двопунктирна тонка лінія	.1 контури суміжних деталей	–
		.2 граничне положення рухомих деталей	–
		.3 центроїдні лінії	–
		.4 початкові контури перед наданням форми	–

Закінчення табл. 2.4

1	2	3	4
		.5 частини предмета, розташовані перед січною площиною	–
		.6 контури можливих положень	–
		.7 контури готової деталі на зображенні заготівки	10135
		.8 позначання окремих зон/площ	–
		.9 контур заданого виступового поля допуску (розміщення)	10578
* На одному і тому самому кресленні рекомендовано використовувати лінію тільки одного і того самого типу.			

2.3.4 Товщина ліній

На машинобудівних кресленнях, як правило, використовують дві товщини однієї і тієї самої лінії. Співвідношення між товщинами цих ліній має бути 1:2.

У табл. 2.5 наведено встановлені групи ліній.

Товщину та групу ліній слід вибирати з урахуванням типу і розміру креслення та обраного масштабу зображення

Таблиця 2.5 – Товщина ліній

Група ліній	Товщина ліній	
	Для ліній № 01.2,02.2,04.2	Для ліній № 01.1,02.1,05.1
0,25	0,25	0,13
0,35	0,35	0,18
0,5*	0,5	0,25
0,7*	0,7	0,35
1	1	0,5
1,4	1,4	0,7
2	2	1

*Переважні групи ліній

Контрольні запитання

1. Яку кількість найменувань типів ліній містить ГОСТ 2.303 –68?
2. Яку кількість найменувань типів ліній містить ISO 128–20:2003?
3. Що повинно знаходитись місці перетину штрихових і штриховопунктирних ліній?
4. Який вигляд має осьова лінія?
5. Який вигляд має центроїдна (центрова) лінія?
6. Лінією якої т товщини і типу зображують видимий контур предмета?
7. Лінією якої товщини і типу зображують не видимий контур предмета?
8. Який вигляд мають осі згідно з ДСТУ ISO 128–20:2003 ?

3 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗУБЧАСТІ ПЕРЕДАЧІ

3.1 Основні поняття і визначення

Передачею називається пристрій, призначений для передачі енергії від двигуна до виконавчого механізму. Розрізняють механічні, пневматичні, гідравлічні, й електричні передачі. З механічних передач найбільш поширеними є передачі обертального руху. За принципом дії вони поділяються на передачі тертям і передачі зачепленням. До першого належать пасові і фрикційні передачі, до других – зубчасті, зубопасові, ланцюгові і черв'ячні. У машинобудуванні зубчасті передачі є найбільш поширеним типом передач. Вони мають такі переваги великий діапазон переданої потужності, висока надійність у роботі, забезпечення сталості передаточного числа, компактність, простота експлуатації, високий ККД і ряд ін. До недоліків передач належать: порівняльна складність виготовлення, що потребує спеціального устаткування й інструмента, підвищений шум при високих швидкостях унаслідок неточності виготовлення, необхідність точного монтажу.

Згідно з ГОСТ 16530-83 встановлені загальні терміни, визначення та позначення зубчастих передач різних видів із постійним передаточним відношенням. ГОСТ 16531-83 встановлює терміни, визначення та позначення циліндричних зубчастих передач. ГОСТ 12289-76 і ГОСТ 19325-73 встановлюють терміни і позначення параметрів конічних зубчастих передач.

Зубчаста передача – триланцюговий механізм, у якому дві рухливі ланки є зубчастими колісьми, що утворюють з нерухомою ланкою обертальну (вісь чи вал) або поступальну пару.

Зубчасте зачеплення – кінематична пара, утворена зубчастими колесами передачі. *Зубчаста пара* – два сполучених зубчастих колеса передачі.

Зубчасте колесо – зубцювата ланка із замкнутою системою зубців, що забезпечує безупинний рух іншої зубцюватої ланки.

Зубчаста ланка – це ланка, що має один чи декілька зубців.

Зуб – виступ на ланці для передачі руху за допомогою взаємодії з відповідними виступами іншої ланки.

Ведуче зубчасте колесо – колесо передачі, що надає рух парному зубчастому колесу, *ведене* – це зубчасте колесо, якому надає рух парне зубчасте колесо.

Зубчасте колесо передачі з меншою кількістю зубців називається *шестірнею*, а з більшою – *колесом*. При однаковійкількості зубців коліс передачі шестірнею називають ведуче колесо, а колесом – ведене. Якщо ведений вал повинен обертатися з тією самою кількістю обертів, що і ведучий, то на ньому закріпляють колесо з такою же кількістю зубців, як у колеса веденого вала.

Якщо потрібно одержати уповільнене обертання веденого вала, то на нього закріпляють зубчасте колесо з більшою кількістю зубців, ніж у ведучого колеса, і навпаки, щоб одержати прискорене обертання, на веденому валу необхідно закріпити зубчасте колесо з меншою кількістю зубців. У позначеннях індекс «1» беруть для величин, що належать до шестірні, індекс «2» – для величин, що належать до колеса.

Зубчасті передачі за розташуванням осей підрозділяють на *зубчасті передачі з рівнобіжними осями* (рис. 3.1, *а−г*), *зубчасті передачі з перетинними осями* (рис. 3.1, *д*, *е*) і *зубчасті передачі з перехресними осями* (рис. 3.1, *ж*). До зубчастих передач із рівнобіжними осями належать *циліндричні* зубчасті передачі (рис. 3. 1, *а−г, и*). До передач з перетинними осями належать *конічні* зубчасті передачі (рис. 3.1, *д, е*). До передач із перехресними осями належать *гвинтові* зубчасті передачі (рис. 3.1, *ж*), *гіперболоїдні* передачі, *гіпоїдні*, *спіроїдні і черв'ячні* (рис. 3.1, *к*).

За формою розташування зубця на зубчастому колесі розрізняють: *прямі* (рис. 3.1, *а, г, д, и*), *гвинтові* (рис. 3.1, *б, в, е, ж*) та *криволінійні зубці*. Залежно від взаємного розташування зубчастих коліс розрізняють зубчасті передачі з *зовнішнім* (рис. 3.1, *а−в, б−и*) і *внутрішнім* зачепленням (рис. 3.1, *г*). Ознакою передачі з зовнішнім зачепленням є обертання її зубчастих коліс у протилежні сторони, а передачі з внутрішнім зачепленням − в одному напрямокку.

Різновидом зубчастої передачі є рейкова передача (рис. 3.1, *и*), що складається зі зчіпних між собою шестірні і рейки та служить для перетворення обертального руху шестірні на зворотно-поступальний рух рейки, чи навпаки.

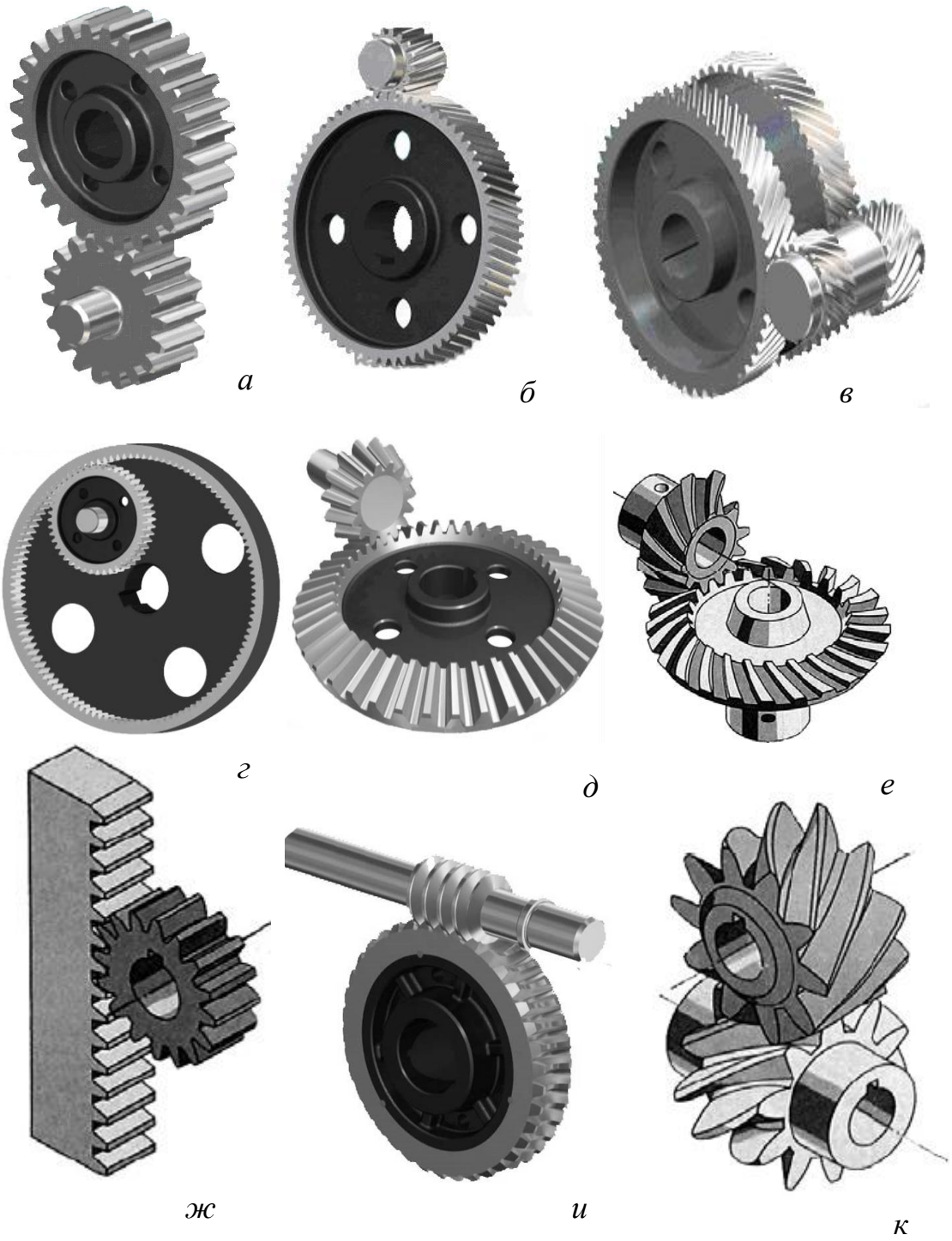


Рисунок 3.1 − Зубчасті передачі

Зубчасті передачі застосовують не тільки у вигляді пари зчіпних зубчастих коліс, але й у більш складних з’єднаннях, що утворюють багатосхідчасті зубчасті передачі, а також планетарні пере-

дачі, котрі включають у себе зубчасті колеса з геометричними осями, що переміщаються, і хвильові передачі, в яких одне з зубчастих коліс являє собою гнучкий вінець.

Розрізняють такі види циліндричних зубчастих передач: рейкова циліндрична зубчаста передача, однією з ланок якої є зубчаста рейка (рис. 3.1, *з*); прямозуба циліндрична передача (рис. 3.1, *а, г*); косозуба циліндрична передача (рис. 3.1, *б*); шевронна зубчаста передача (рис. 3.1, *в*) та ін.

На рис. 3.2, рис. 3.3 наведено основні елементи та параметри зубчастих коліс та зубчастих зачеплень.

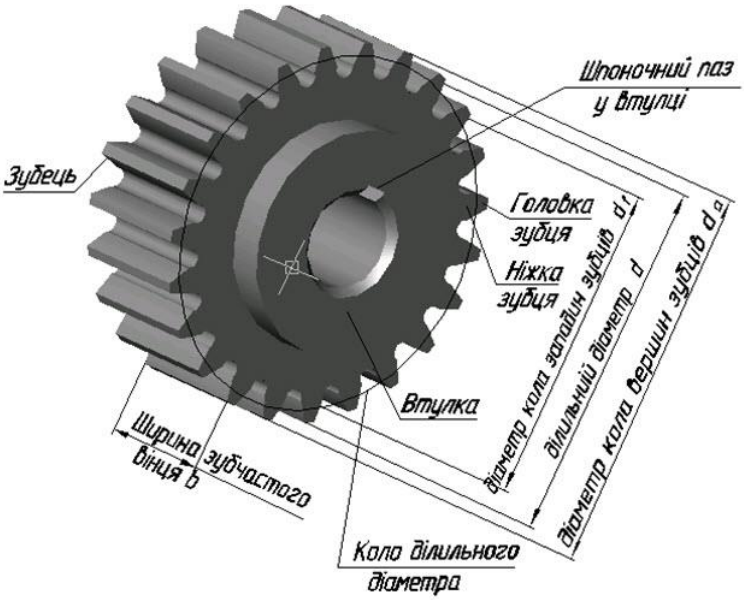


Рисунок 3.2 − Основні елементи зубчастого колеса

Діаметр циліндричного зубчастого колеса – діаметр концентричного кола зубчастого колеса. Розрізняють: *кола западин і вершин зубців*, обумовлені діаметром западин d_f і вершин d_a (див. рис 3.2); *основне коло*, обумовлене діаметром d_b, *ділильне (початкове) коло*, обумовлене діаметром d.

Ділильна міжосьова відстань a_ω *циліндричної зубчастої передачі* – це міжосьова відстань, рівна півсумі ділильних діаметрів d при зовнішньому зачепленні (піврізниці при внутрішньому зачепленні).

Висота зубця циліндричного зубчастого колеса h – відстань між колами вершин і западин зубців циліндричного зубчастого колеса.

Висота ділильної головки h_a *(ніжки* h_f*) зуба циліндричного зубчастого колеса* – відстань між ділильним колом циліндричного зубчастого колеса і його колами вершин (западин).

Міжосьова лінія – пряма лінія, що перетинає осі зубчастих коліс передачі під прямим кутом.

Коловий P_t *та нормальний* P_n *крок зубців* – відстань між однойменними профілями сусідніх зубців по дузі ділильного кола колеса відповідно в торцевому та нормальному перерізах для прямозубчастих коліс $P_t = P_n$.

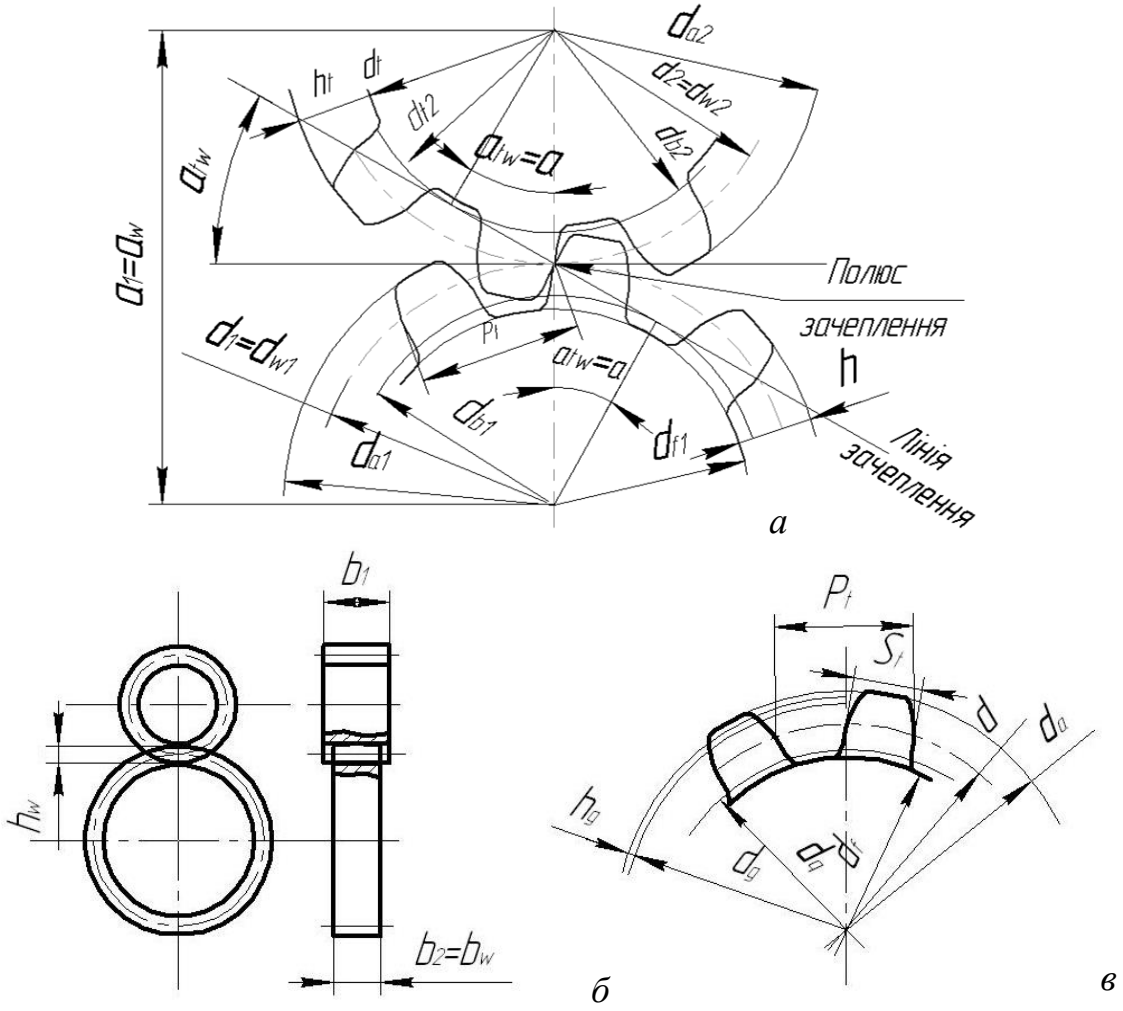


Рисунок 3.3 – Основні позначення зубчастого колеса та зубчастої передачі

Розрахунковий m, коловий m_t та нормальний m_n модулі зубчастого колеса

Модуль – це лінійна величина, в π разів менша від відповідного кроку зубчастого колеса; для прямозубчастих коліс $m = m_t = m_n$.

Колова s_t та нормальна s_n товщина зуба – відстань між різнойменними профілями зубця по дузі ділильного кола колеса відповідно в торцевому та нормальному перерізах (рис. 3.3, *в*); для прямозубчастих коліс $s_t = s_n$

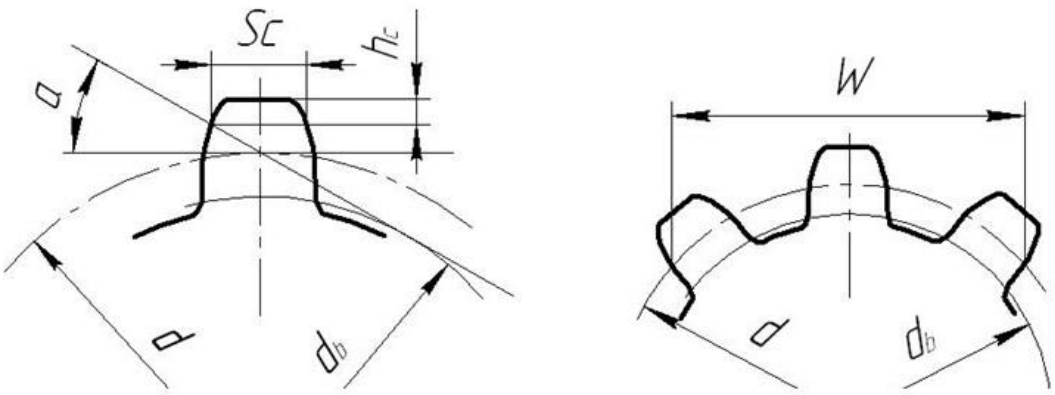
Ширина вінця b циліндричного зубчастого колеса – найбільша відстань між торцями зубців циліндричного колеса по лінії, рівнобіжній його осі.

Робочий профіль зуба – профіль зуба, розташований на його робочій стороні.

Довжина загальної нормалі W (рис. 3.4.)

W_T – довжина загальної нормалі прямо зубчастого колеса з модулем m_n = 1 мм;

W_n – частина довжини загальної нормалі косозубчастого колеса, що дорівнює дробовій частині числа z_K; z_K – умовна кількість зубців, для прямозубчастого колеса $z_K = z$; z_T – ціла частина числа z_K.



а *б*

Рисунок 3.4 – Контрольовані параметри профілю зубців

3.2 Метод розрахунку геометричних параметрів зубчастих циліндричних передач

3.2.1 Розрахунок основних геометричних параметрів циліндричної зубчастої передачі та зубчастих коліс

ГОСТ 16532-70 встановлює метод розрахунку геометричних параметрів зубчастих циліндричних евольвентних передач із зовнішнім зачепленням та зубчастих коліс.

Відношення кількості зубців ведучого зубчастого колеса до веденого зубчастого колеса позначають буквою i і називають передаточним кількістьм зубцюватої пари:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_2}{z_1}\ , \tag{3.1}$$

де n_1, n_2 – кількість обертів коліс за хвилину; z_1, z_2 – кількість зубців на колесах.

Ділильна міжосьова відстань передачі, мм:

$$a = \frac{(z_2 + z_1)m_t}{2}\ , \tag{3.2}$$

де m_t – коловий модуль;

m_n – нормальний модуль, для прямозубої циліндричної передачі $m_t = m_n$, для косозубої циліндричної передачі $m_t = \frac{m_n}{\cos\beta}$, мм.

Точне значення модуля вибирають з ДСТУ ISO 54-2001 (найближче за величиною до отриманого в розрахунку):

Перший ряд: 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20.

Другий ряд: 1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7; 9; 11; 14; 18; 22.

Модулі від 0,05 до 0,9, а також від 25 до 100, прийняті з ДСТУ ISO 54-2001, не приведені. Переважно вибирати модуль з першого ряду.

Ділильний обводовий крок зубців, мм:

$$p_t = \pi \cdot m_t\ . \tag{3.3}$$

Ділильний нормальний крок зубців, мм:

$$p_n = \pi \cdot m_n, \tag{3.4}$$

для прямозубої циліндричної передачі $p_t = p_n$.

Ділильний діаметр зубчастого колеса, мм:

$$d = z \cdot m_t . \quad (3.5)$$

Діаметр вершин зубців зубчастого колеса, мм:

$$d_a = d + 2 \cdot m_n . \quad (3.6)$$

Діаметр западин зубців зубчастого колеса, мм:

$$d_f = d - 2{,}4 \cdot m_n . \quad (3.7)$$

Висота зуба, мм:

$$h = 2{,}2 \cdot m_n . \quad (3.8)$$

3.2.2 Розрахунок контрольованих параметрів взаємного положення різнойменних профілів зубців

Довжина постійної хорди зубця, мм:

$$\bar{S}_c = 1{,}387 \cdot m_n . \quad (3.9)$$

Висота до постійної хорди зубця, мм:

$$\bar{h}_c = 0{,}7476 \cdot m_n . \quad (3.10)$$

Частина довжини загальної нормалі косозубчастого колеса, мм:

$$W_n = 0{,}0149 \cdot (z_K - z_T) . \quad (3.11)$$

Довжина загальної нормалі, мм:

$$W = m_n (W_T + W_n) . \quad (3.12)$$

Довжину загальної нормалі прямозубчастого колеса W_T з модулем m_n = 1 мм беруть по табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Довжина загальної нормалі W_T для зубчастих коліс із модулем m_n = 1 мм.

Кількість зубців колеса z	Кількість зубців, охоплюваних при вимірюванні	W_T, мм	Кількість зубців колеса z	Кількість зубців, охоплюваних при вимірюванні	W_T, мм
17	3	7,6184	22	3	7,6884
18		7,6324	23		7,7024
19		7,6464	24		7,7165
20		7,6604	25		7,7305
21		7,6744			

Закінчення табл. 3.1

Кількість зубців колеса z	Кількість зубців, охоплюваних при вимірюванні	W_T, мм	Кількість зубців колеса z	Кількість зубців, охоплюваних при вимірюванні	W_T, мм
26	4	10,6966	40	5	13,8448
27		10,7106	41		13,8588
28		10,7246	42		13,8728
29		10,7386	43		13,8868
30		10,7526	44	6	16,8529
31		10,7666	45		16,8669
32		10,7806	46		16,8810
33		10,7946	47		16,8950
34		10,8086	48		16,9090
35	5	13,7748	49		16,9230
36		13,7888	50		16,9370
37		13,8028	51		16,9510
38		13,8168			

3.2.3 Розрахунок конструктивних елементів циліндричних зубчастих коліс

Конструктивні елементи зубчастих коліс зображено на рис. 3.2, 3.9.

Ширина вінця зубчастого колеса, мм:

$$b = (8\ldots10)m. \quad (3.13)$$

Внутрішній діаметр обода, мм:

$$D_0 = d - (6\ldots10)m. \quad (3.14)$$

Товщина обода, мм:

- для коліс із литва $s = (2\ldots3)m$;
- для штампованих коліс $s = (2{,}5\ldots4)m$.

(3.15)

Товщина диска зубчастого колеса, мм:

- для звичайних коліс $k = 0{,}56 \cdot b$;

– для шевронних коліс $k = (0{,}3\ldots0{,}35)b.$ (3.16)

Зовнішній діаметр втулки зубчастого колеса, мм:

$$d_{вт} = (1{,}5\ldots.1{,}7)\ d_{в} \quad (3.17)$$

Довжина втулки зубчастого колеса, мм:

$$l_{вт} = (1\ldots1{,}5)d_{в}, \text{ але } l_{вт} \geq b \quad (3.18)$$

Діаметр розташування технологічних отворів у дисках коліс, мм:

$$D_1 = 0{,}5(D_0 + d_{вт}). \quad (3.19)$$

Розміри фасок на торцях зубчастого вінця, мм:

$$f = 0{,}5 \cdot m. \quad (3.20)$$

Діаметр посадочного отвору під вал $d_{в}$ визначається розрахунком. Розміри шпонкового паза в посадочному отворі колеса вибирається за стандартом на шпонки (табл. 3.4). Шорсткість поверхонь зубчастих коліс беруть за табл. 3.2 та відповідно до рис. 3.5, 3.6.

Таблиця 3.2 – Рекомендована шорсткість поверхонь циліндричних зубчастих коліс

Види поверхні	Шорсткість, мкм, при ступені точності за нормами контакту				
	5	6	7	8	9
Базові поверхні зубців	R_a 0,63		R_a 1,25; R_a 2,5	R_a 2,5; R_z 20	R_z 20; R_z 40
Циліндр виступів: вимірювання $\bar{S}_c$	R_a 1,25		R_a 2,5	R_a 2,5; R_z 20	R_z 20; R_z 40
вимірювання M	R_a 2,5		R_z 20	R_z 20	R_z 20; R_z 40
Базовий торець	R_a 2,5		R_a 2,5; R_z 20	R_z 20	R_z 40

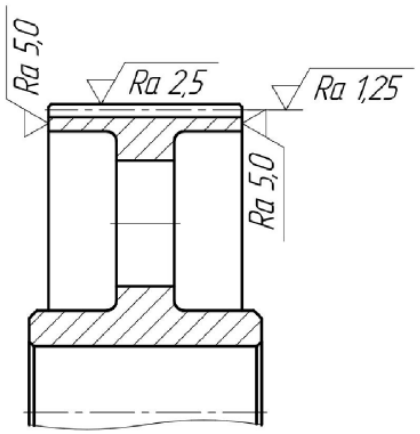


Рисунок 3.5 – Шорсткість поверхні циліндричних зубчастих коліс

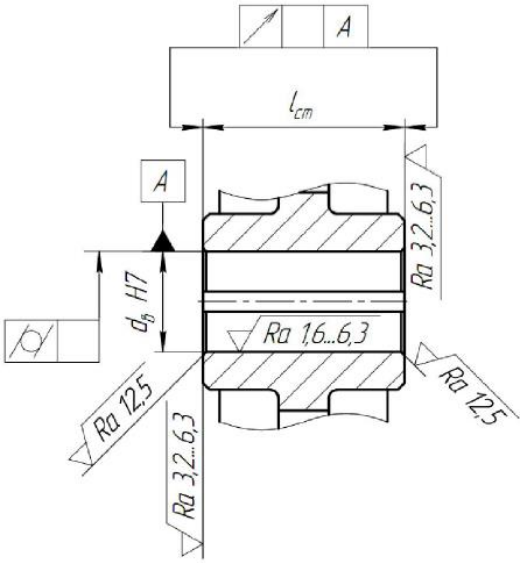


Рисунок 3.6 – Шорсткість та точність виготовлення втулки циліндричних зубчатих коліс

3.3 Умовні зображення на кресленнях циліндричних зубчастих передач та зубчастих коліс (ГОСТ 2.402-68)

Зображення циліндричних зубчастих коліс із зовнішніми зубцями наведено на рис. 3.7 *а, б,* з внутрішніми зубцями – на рис. 3.7,*в*.

Виконуючи умовні зображення зубчастих коліс, рейок і циліндричних зубчастих передач, дотримуються таких основних правил (рис. 3.7, 3.8):

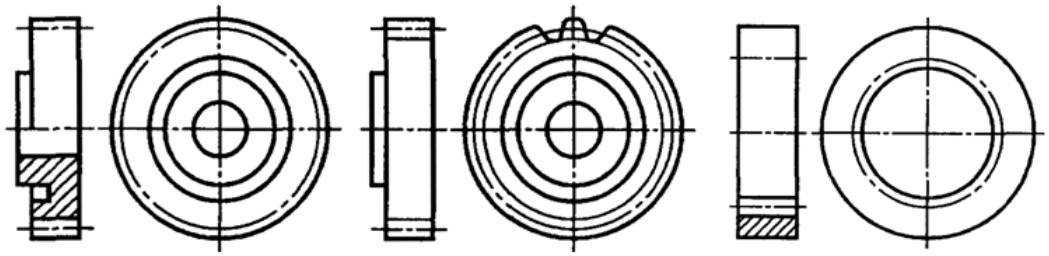
– зубці зубчастих коліс зображують лише на осьових розрізах і перерізах, зубці рейок – на поперечних, в інших випадках зображення зубців обмежують поверхнями вершин;

– у разі потреби профіль зубця креслять на виносному елементі або на обмеженій ділянці зображення деталі (рис. 3.7, *б*);

– кола і твірні поверхонь вершин зубців зображують суцільними основними лініями, в тому числі і в зоні зачеплення коліс;

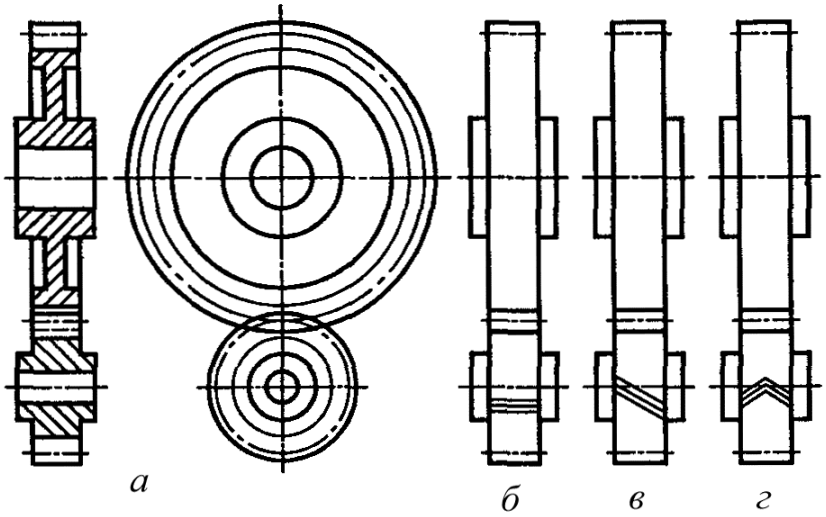
– ділильні (початкові) кола, а також твірні їх поверхонь показують на всіх видах і розрізах штрихпунктирними тонкими лініями;

– кола та твірні поверхонь западин зубців у розрізах і перерізах зображують суцільними основними лініями (рис. 3.7, *а, в*); на виглядах ці елементи допускається показувати суцільними тонкими лініями (рис. 3.7, *б*, 3.8, *а*);



а *б* *в*

Рисунок 3.7 – Умовні зображення зубчастих коліс на кресленні



а *б* *в* *г*

Рисунок 3.8 – Умовні зображення зубчастих передач на кресленні

– якщо січна площина проходить через вісь зубчастого колеса, то на розрізах і перерізах коліс зубці умовно суміщують з площиною креслення і зображують неперерізаними незалежно від кута нахилу лінії (див. рис. 3.7, *а, в*);

– якщо січна площина проходить перпендикулярно до осі зубчастого колеса, то зубчасті колеса, як правило, зображують неперерізаними; якщо їх потрібно показати перерізаними, використовують місцевий розріз і проводять штриховку до лінії поверхні западин;

– на розрізі зубчастої передачі січною площиною, що проходить через осі зубчастих коліс, у зоні зачеплення зубець одного з коліс (ведучого) показують розташованим перед зубцем зчіпного колеса (див. рис. 3.8 *а, в*);

– якщо необхідно показати напрямокок зубців зубчастого колеса, то на зображенні поверхні зубців біля осі наносять три суцільні тонкі лінії з відповідним нахилом (див. рис. 3.8, *б, в, г*);

– елементи невидимих контурів допускається не показувати.

3.4 Конструктивні елементи циліндричних зубчастих коліс

Конструкція та спосіб виготовлення зубчастих коліс обумовлюються їх розмірами й серійністю виробництва. Зубчасті колеса виготовляють з валами як одне ціле (вал-шестірня) або насадними залежно від співвідношення розмірів валів і зубчастих коліс. Конструюючи вали-шестерні (рис 3.9, *а*), розмір *l* заходу та виходу фрези діаметром $D_ф$ можна брати однаковим з шириною *е* канавки для виходу черв'ячних фрез при нарізуванні шевронних коліс (рис. 3.9, *д*). Заготовками для валів-шестерень в одиночному виробництві є прокат, у серійному та масовому – штамповки.

Найменші розміри насадних циліндричних коліс залежать від проміжку між западиною і шпонковим пазом (рис. 3.9, *б*), розмір якого повинен бути $s \geq 2m$; в іншому разі зубчасті колеса виготовляють із валом як одне ціле. Торці втулки колеса використовують як складальну та установлювальну базу, що потребує високої точності й чистоти оброблення.

У зубчастих коліс, діаметр кола вершин яких $d_a \geq 150$ мм, для створення установлювальних баз влаштовують поясок завширшки $a \approx 2{,}5$ мм і завглибшки 1...2 мм (рис. 3.9, *в*). Якщо ширина втулки перевищує ширину вінця в колесах дискової конструкції, то її рекомендується зміщувати по осі колеса до збігу її торця з торцем вінця. Така конструкція дає змогу одночасно виготовляти два колеса.

Співвідношення розмірів основних елементів штампованих циліндричних зубчастих коліс (рис. 3.9 *г, д*) наведено в табл. 3.3.

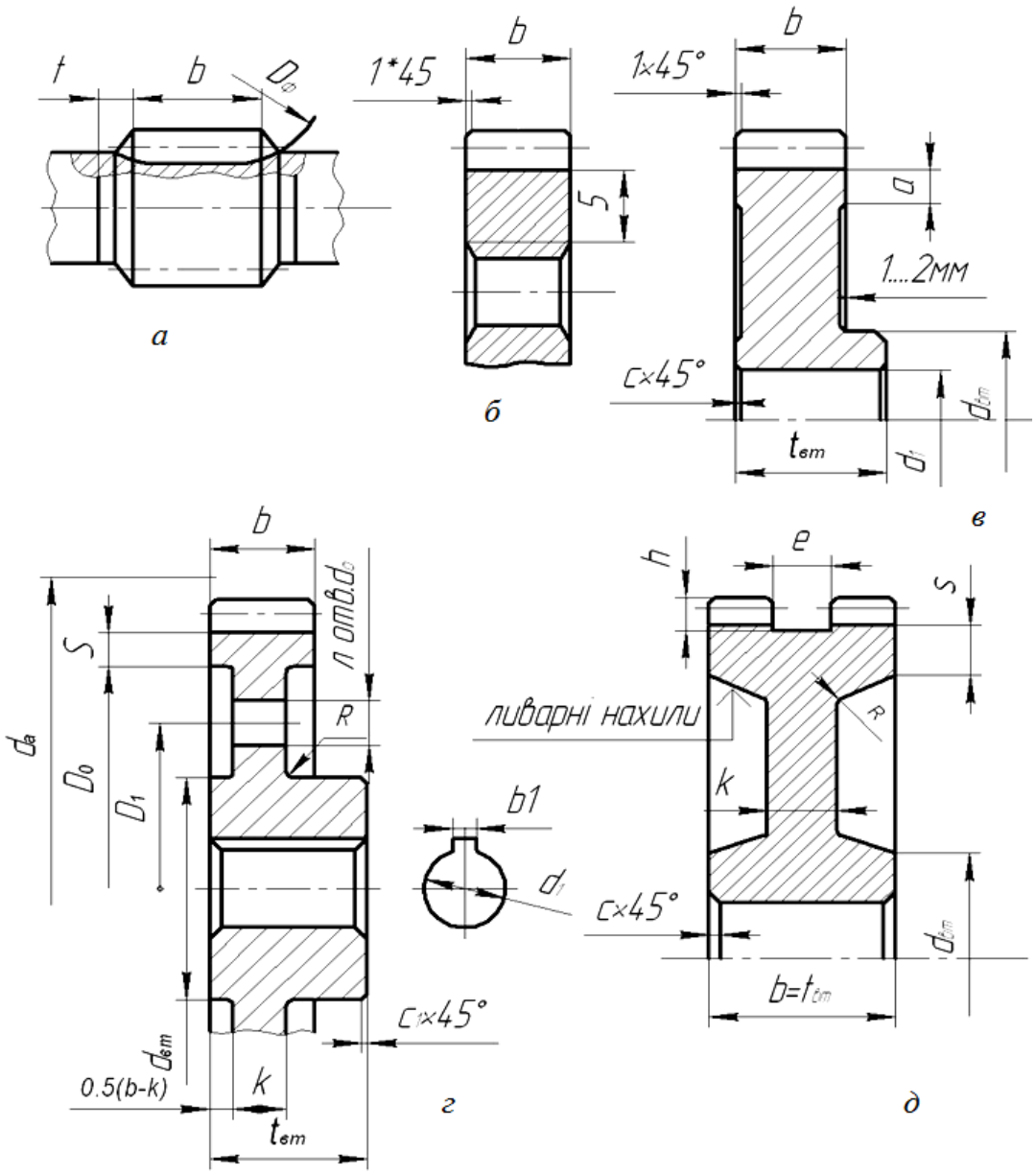


Рисунок 3.9 - Конструктивне виконання зубчастого колеса

Граничні відхилення розмірів фасок беруть залежно від розміру d_1 за 14-м квалітетом зі знаком «+».

У коліс литої та штампованої конструкцій для кріплення заготовок при обробленні виконують 4...6 технологічних отворів. Отвори великих розмірів влаштовують для зменшення маси коліс і виходу ливарних газів при відливанні (у литих колесах). При штампуванні для полегшення заповнення штампа металом і звільнення

його від заготовки штамп і заготовка колеса повинні мати відповідні радіуси закруглення і формові похили (6... 12°).

Таблиця 3.3 – Розміри фасок *c* у посадочному отворі колеса залежать від діаметра цього отвору $d_в$

$d_в$, мм	3...6	6...10	10...18	18...28
c, мм	0,6	1	1,6	2
$d_в$, мм	28...46	46...68	68...100	100...150
c, мм	2,5	3	4	5

Шевронні колеса (див. рис. 3.7, *д*) характеризуються збільшеною шириною, порівняно з іншими циліндричними колесами, і такими конструктивними параметрами: $h = 2{,}5m$; $e = (10...15)m$ (інші параметри наведені в формулах(3.13) – (3.20) та табл. 3.2).

У штампованих зубчастих коліс внутрішня поверхня обода, зовнішня поверхня втулки та поверхні диска механічному обробленню не підлягають, інші ж поверхні обробляються. Рекомендовані параметри шорсткості поверхонь наведені в табл. 3.2.

3.5 Виконання креслень циліндричних зубчастих коліс згідно (ГОСТ 2.404-85)

Креслення зубчастих коліс виконують за наявності таких даних:

– геометричних параметрів зубчастого вінця, одержаних при виконанні відповідних розрахунків (див. формули (3.1) – (3.8));

– найменування матеріалу зубчастого вінця, виду зміцнювального оброблення та механічних характеристик зубців після нього;

– конструктивного виконання зубчастого колеса (рис. 3.9);

– способу з’єднання колеса з валом (шліцьове, шпонкове та ін.);

– діаметра отвору у втулці колеса, який дорівнює діаметрові вала в місці посадження на нього зубчастого колеса;

– параметрів конструктивних елементів колеса (див. формули (3.13) – (3.20));

– способу одержання заготовки колеса (кування, виливання тощо). Зубчасте колесо на кресленні можна зображувати у двох виглядах. Якщо для виявлення форми зубчастого колеса вистачає одного головного вигляду, то за наявності шпонкового паза замість повного вигляду зліва допускається давати лише контур отвору і паза.

На кресленнях циліндричних зубчастих коліс зазначають:

– діаметр d_a вершин зубців;

– ширину b зубчастого вінця;

– кут сектора по колу вершин зубців (для сектора);

– розміри фасок або радіуси кривини ліній притуплення на кромках зубців (ці розміри допускається наводити в технічних вимогах креслення);

– шорсткість бічної поверхні зубців;

– глибину модифікації для зубчастих коліс із поздовжньою модифікацією зубців (переріз зубця ділильною поверхнею);

– розміри конструктивних елементів зубчастих коліс.

На кресленнях також зазначають биття F_T базового торця, граничні відхилення отвору відповідно до вибраної посадки, відхилення розмірів елементів шпонкового паза шліцьового з'єднання.

Інші дані, необхідні для виготовлення та контролю точності зубчастих коліс, наводять у таблиці параметрів і в технічних вимогах. Таблицю параметрів розташовують у правому верхньому куті креслення, а технічні вимоги – під таблицею (рис. 3.10).

Таблиця параметрів складається з трьох частин, відокремлених одна від одної суцільними товстими лініями – основних даних, даних для контролю та довідкових даних.

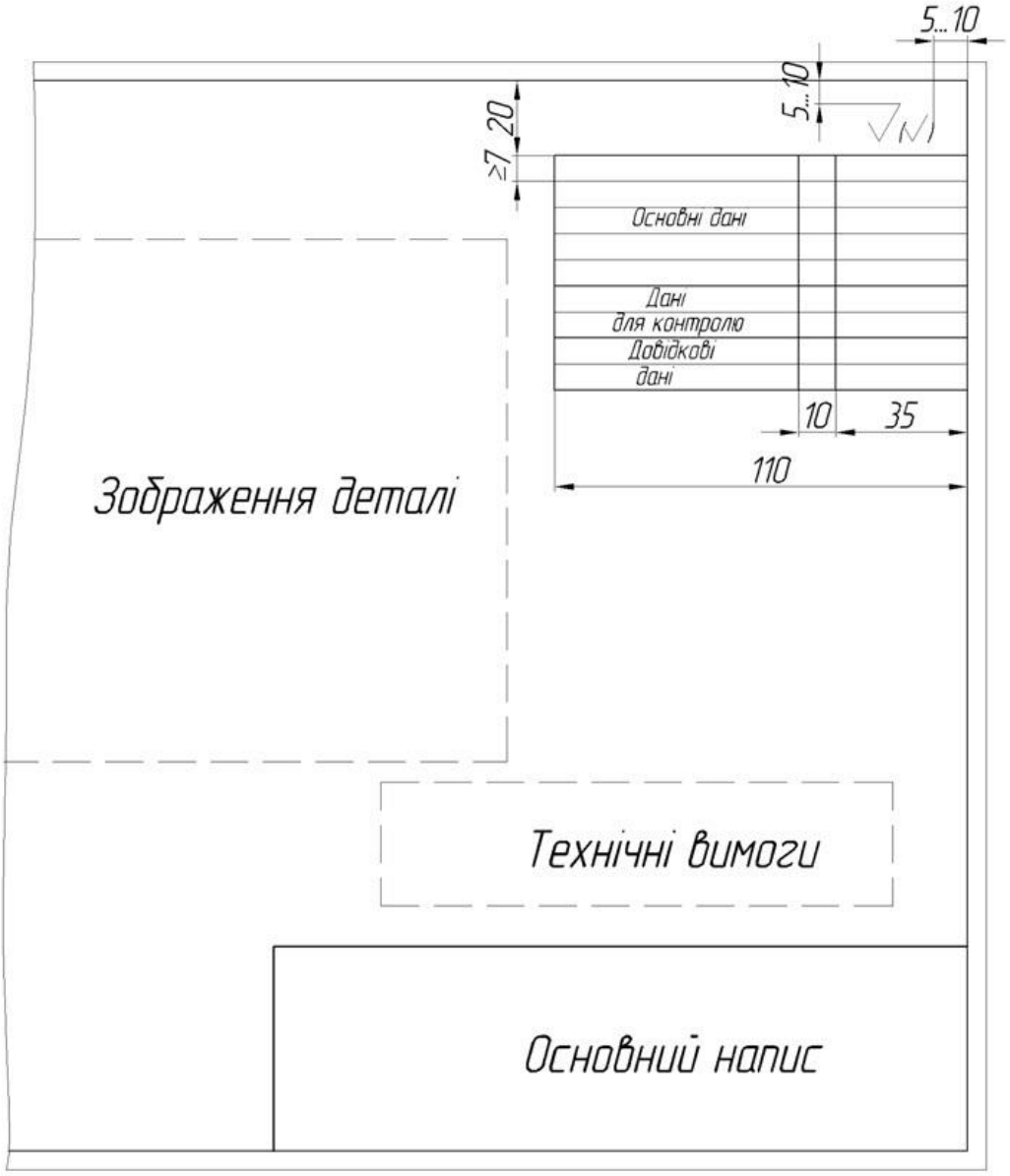


Рисунок 3.10 – Розташування таблиці параметрів, технічних вимог і шорсткості на кресленні зубчастого колеса

У першій частині таблиці параметрів (основні дані) наводять:

– модуль m; кількість зубців z; кут нахилу β лінії зубця (для косозубчастих і шевронних зубчастих коліс); напрямокок лінії косого зубця з написом «Правий», «Лівий» або «Шевронний»;

– параметри вихідного контуру (для стандартного контуру – за ГОСТ 13755-81);

– коефіцієнт зміщення x (коли немає зміщення, то у відповідній графі таблиці параметрів проставляють знак «0»);

– ступінь точності зубчастих коліс та вид спряження за нормами бічного проміжку згідно з ГОСТ 1643-81 для передач з $m \geq$ 1мм, за ГОСТ 9178-81 – для передач з $m <$ 1мм.

У другій частині таблиці параметрів (дані для контролю) наводять:

– дані для контролю взаємного положення різнойменних профілів зубців за одним із таких параметрів: довжиною постійної хорди зубця $\overline{S}_c$ і висотою до постійної хорди $\overline{h}_c$; довжиною загальної нормалі *W*; торцевим розміром по роликах *M* і діаметром ролика (див. формули (3.9) – (3.12));

– дані для контролю за нормами кінематичної точності, плавності роботи, контакту зубців у передачі і бічного проміжку (для нестандартного вихідного контуру).

Для зубчастих передач 5-го ступеня точності і точніших у дані для контролю рекомендується додатково вводити узгоджені з виробником показники та норми точності.

У третій частині таблиці параметрів (довідкові дані) наводять: ділильний діаметр *d*; інші довідкові дані, необхідні для виготовлення та контролю зубчастого вінця.

Точність виготовлення зубчастих коліс обумовлюється ступенем точності за нормами кінематичної точності, плавності роботи й контакту зубців у передачі, а вимоги до бічного проміжку – видом спряження та видом допуску бічного проміжку.

ГОСТ 1643-81 і ГОСТ 9178-81 встановлюють допуски для 12 ступенів точності передач (від 1-го – найбільш точного до 12-го – найменш точного). Допуски для 1-го і 2-го ступенів точності не регламентовані; їх передбачать для майбутнього розвитку.

Залежно від вибраного гарантованого бічного проміжку та незалежно від ступеня точності встановлено такі види спряження: за ГОСТ 1643-81 -*A, B, C, Д, E, H*; за ГОСТ 9178-81 – *D, E, F, G, H*. Видам спряження *D* ($m <$ 1 мм) та *E* ($m \geq$ 1 мм) відповідають види допусків відповідно *e* та *h*, а видам спряження *A, B, C, F, G, H* – види допусків відповідно *a, b, c, d, g, h*. Приклад умовного позначення точності циліндричної передачі ($m <$ 1 мм) 7-го ступеня точності

за трьома нормами точності, з видом спряження *F*, видом допуску бічного проміжку *f* (якщо вид допуску бічного проміжку і вид спряження позначаються однаковими літерами, то вид допуску в умовному позначенні не наводять): *7-F ГОСТ 9178-81*.

Якщо комбінують норми ступенів точності і змінюють відповідність між видом спряження та видом допуску на бічний проміжок, в умовному позначенні послідовно вказують три цифри і дві літери. Перша цифра означає ступінь точності за нормами кінематичної точності, друга – ступінь точності за нормами плавності роботи, третя – ступінь точності за нормами контакту зубців; перша літера – вид спряження, друга – вид допуску на бічний проміжок. Між цифрами і перед першою літерою ставлять дефіс, а літери пишуть разом.

Приклад умовного позначення точності циліндричної передачі ($m \geq 1$ мм) 8-го ступеня точності за нормами кінематичної точності, 7-го ступеня за нормами плавності роботи, 7-го ступеня за нормами контакту зубців, з видом спряження *B*, видом допуску на бічний проміжок *a*: *8-7-7-Ba ГОСТ 1643-81*.

Невикористані рядки таблиці параметрів рекомендується не давати або закреслювати.

3.6 Конструювання з'єднання «вал-втулка»

Для передачі обертального моменту від вала розташованим на ньому деталям – шківам, зубчастим колесам, маховикам, кулачкам, півмуфтам, важелям тощ – призначене шпонкове та шліцьове з'єднання. Ці з'єднання використовують у тих випадках, коли до точності центрування з'єднуваних деталей ставляться особливі вимоги.

3.6.1 Вибір шпонкових з'єднань

За призначенням шпонкові з'єднання можуть бути нерухомі або рухомі вздовж осі вала. За формою шпонки поділяються на призматичні, клинові, сегментні та тангенціальні.

Форма і розміри перерізів шпонок та пазів стандартизовані і залежать від діаметра вала. На поздовжніх розрізах шпонкових з'єднань усі типи шпонок умовно зображують не перерізаними.

При виконанні креслення зубчастого зчеплення пропонується використовувати призматичні шпонки за ГОСТ 23360-78, розміри яких приведені в табл. 3.4. та на рис. 3.11.

Таблиця 3.4 – Розміри (в мм) перерізів призматичних шпонок і пазів (ГОСТ 23360-78)

Діаметр вала *d*	Розміри перетину шпонок		Глибина паза		Радіус округлення пазів *r* чи фаски *s*×45		Довжина шпонки *l**	
			вала	втулки				
	b	h	t_1	t_2	найм.	найб.	від	до
Від 6 до 8	2	2	1,2	1,0	0,08	0,16	6	20
Більш 8 до 10	3	3	1,8	1,4			6	36
<10 >12	4	4	2,5	1,8			8	45
<12 >17	5	5	3	2,3	0,16	0,25	10	56
<17 >22	6	6	3,5	2,8			14	70
<22 >30	8	7	4	3,3			18	90
<30 >38	10	8	5	3,3	0,25	0,4	22	110
<38 >44	12	8	5	3,3			28	140
<44 >50	14	9	5,5	3,8			36	150
<50 >58	16	10	6	4,3			45	160
<58 >65	18	11	7	4,4			50	200
<65 >75	20	12	7,5	4,9	0,4	0,5	56	220
<75 >85	22	14	9	5,4			63	250
<85 >95	25	14	9	5,4			70	280
<95 >110	28	16	10	6,4	0,4	0,6	80	320
<110 >130	32	18	11	7,4			90	360

*Довжину шпонок слід вибирати з ряду: 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220; 250; 280; 320; 360; 400; 450; 500 мм.

Умовне позначення призматичних шпонок складається зі слова «шпонка», позначення виконання (виконання 1 не вказують), розмірів перетину $b \times h$ і довжини l шпонки та позначення стандарту.

Приклад умовних позначень: призматична шпонка – виконання 1 з розмірами b = 14 мм, h =9 мм та l = 80 мм – *шпонка 14×9×80 ГОСТ 23360-78;*

Те саме, виконання 2 – *шпонка 2-14×9×80 ГОСТ 23360-78*.

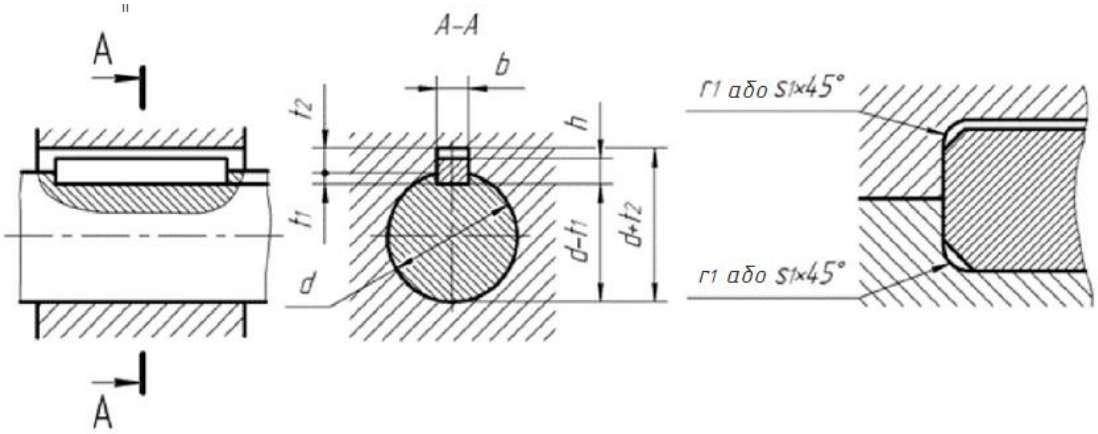


Рисунок 3.11 – Шпонкове з’єднання

Поля допусків та посадок для шпонкових з’єднань

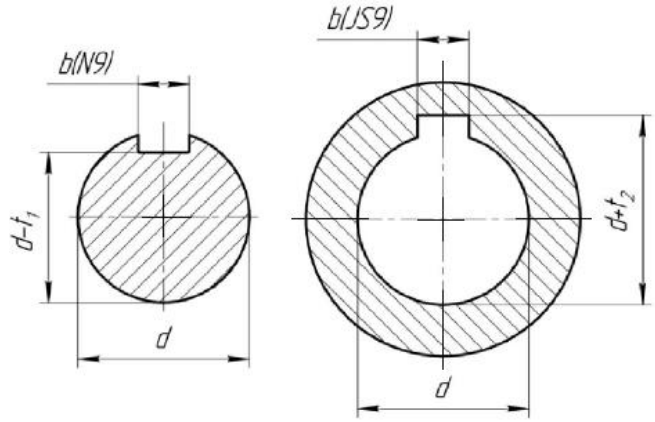


Рисунок 3.12 – Поля допусків шпонкових пазів вала та втулки

Для шпонок:

– поле допуску ширини *b-h*9*;*

– поле допуску висоти h:

при $h \le 6$ мм - *h*9*;*

при $h > 6$ мм – *h*11.

Для шпонкового пазу при вільному з'єднанні:

– поле допуску ширини паза вала – *H*9;

– поле допуску ширини паза вала – *D10.*

Для шпонкового паза при нормальному з'єднанні:

– поле допуску ширини паза вала – *N*9;

– поле допуску ширини паза вала – *JS*10.

Для шпонкового паза при щільному з'єднанні поле допуска ширини паза вала і втулки – *P*9 (рис. 3.12).

Для шпонкового паза граничні відхилення глибини паза вала t_1 та втулки t_2:

при $b \le 6$ мм – $^{+0,1}_{0}$;

при $6 < b \le 32$ мм – $^{+0,2}_{0}$.

Замість контролю розмірів t_1 та t_2 допускається контролювати розміри (d-t_1) nf (d-t_2), граничні відхилення яких повинні відповідати зазначеним табл. 3.5

Таблиця 3.5 – Граничні відхилення розмірів шпонкового паза, мм

Висота шпонки	d-t_1	d-t_2
Від 2 до 6	0 – 0,1	+0,1 0
Більше 6 до 18	0 – 0,2	+0,2 0
Більше 18 до 50	0 – 0,3	+0,3 0

Граничні відхилення розміру довжини паза валу повинні відповідати полю допуску *H*15.

Шорсткість поверхні шпонкового паза наноситься відповідно до рис. 3.13.

Шорсткість бічних поверхонь шпонкового паза вала та втулки – *Ra* 3,2.

Шорсткість дна паза вала *Ra* 6,3, втулки *Ra* 25.

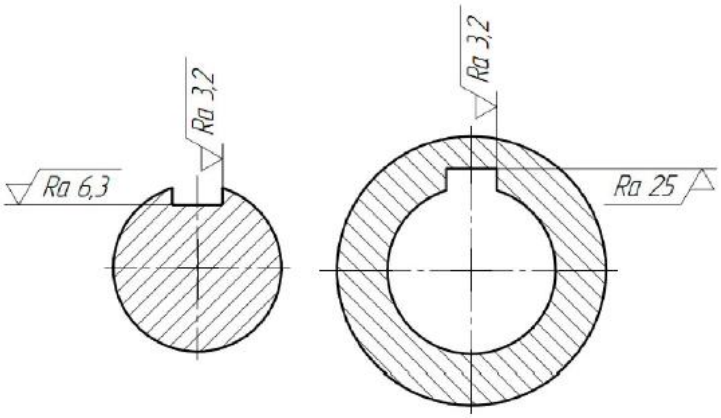
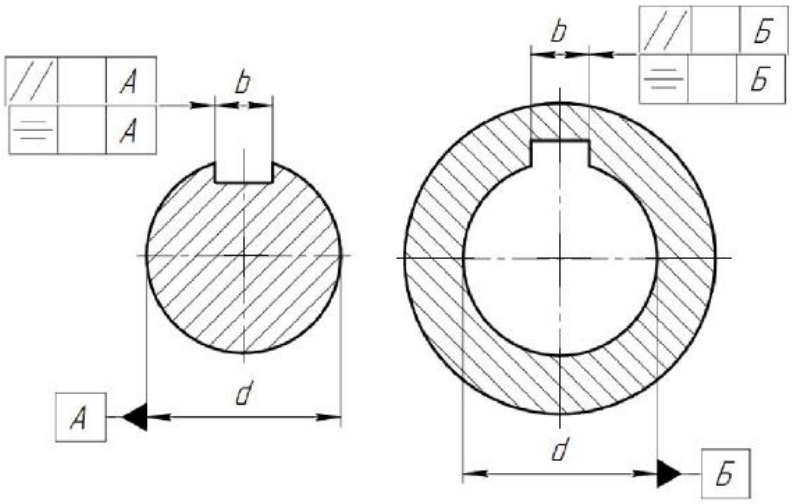


Рисунок 3.13 – Шорсткість поверхні шпонкового паза вала та втулки

Допуск форми та розташування поверхонь виконують відповідно до рис. 3.14.



а *б*

Рисунок 3.14 – Допуск форми та розташування поверхонь шпонкового паза на валу *а* та на втулці *б*

Паралельність шпонкового паза до вісі вала (втулки) обирається з табл. 3.6

Таблиця 3.6 – Величина допуску паралельності шпонкового паза до осі вала (втулки), мкм

Вид з'єднання, деталь	Величина допуску паралельності при ширині паза					
	до 3	більш 3 до 6	більш 6 до 10	більш 10 до 18	більш 18 до 30	більш 30 до 50
Вільне (вал) Нормальне (вал, втулка)	12	15	18	22	25	30
Вільне (втулка)	20	23	29	35	40	50

Симетричність шпонкового паза обирається з табл. 3.7

Таблиця 3.7 – Величина допуску симетричності шпонкового паза, мкм

Вид з'єднання, деталь	Величина допуску паралельності при ширині паза					
	до 3	більш 3 до 6	більш 6 до 10	більш 10 до 18	більш 18 до 30	більш 30 до 50
Вільне (вал) Нормальне (вал, втулка)	50	60	72	84	100	120
Вільне (втулка)	80	90	115	140	165	200

3.6.2 Вибір шліцьових з'єднань

Прямобічні шліцьові з'єднання найбільш поширені. Розміри з'єднань вибирають залежно від діаметра вала за ГОСТ 1139-80 (табл. 3.8, рис. 3.15). Стандартом передбаченні три серії з'єднань: легка, середня і важка, які відрізняються за висотою і кількістю зубців.

З'єднання з прямобічними шліцами виконують з центруванням за бічними гранями зубців розміру *b* або за зовнішнім *D* чи внутрішнім *d* діаметрами вала. Центрування за бічними гранями забезпечує більш рівномірний розподіл навантаження по зубцям, тому його застосовують при важких умовах роботи (ударні навантаження).

Діаметр центрування вибирають виходячи із технологічних умов. Якщо твердість матеріалу втулки дозволяє оброблення про-

тягуванням (НВ<350), то рекомендують центрування за зовнішнім діаметром, при високій твердості втулки – за внутрішнім діаметром.

Поля допусків валів рекомендується брати такими:

7 квалітет – $f7$; h7; js7; k7;

8 квалітет – d8; e8; $f8$; h8;

9 квалітет – e9; $f9$; h9.

Поля допусків втулок – H7; F8; H8; D9; D10; F10; Js10. Поля допусків не центрованих діаметрів валів – a11, втулок – H11 або H12.

Позначення шліцьових з'єднань валів і втулок повинні містити: літеру, що позначає поверхню центрування; кількість зубців та номінальні розміри d, D і b з'єднання, вала і втулки; позначення полів допусків чи посадок діаметрів, а також розміри b, розміщені після відповідних розмірів. Допускається не вказувати позначення допуску нецентрованих діаметрів.

Приклад умовного позначення з'єднання з кількістю зубців z = 8, внутрішнім діаметром d = 36 мм, зовнішнім діаметром D = 40 мм, шириною зубця b = 7 мм, з центруванням за внутрішнім діаметром з посадкою за діаметром центрування $\frac{H7}{e8}$ і за розміром b $\frac{D9}{f8}$:

$$d - 8 \cdot 36\frac{H7}{e8} \cdot 40\frac{H12}{a11} \cdot 7\frac{D9}{f8},$$

те саме при центруванні за зовнішнім діаметром з посадкою за діаметром центрування $\frac{H8}{h7}$ і за розміром b $\frac{F10}{h9}$:

$$D - 8 \cdot 36 \cdot 40\frac{H8}{h7} \cdot 7\frac{F10}{h9}.$$

Те саме при центруванні по бічних сторонах:

$$b - 8 \cdot 36 \cdot 40 \frac{H12}{a11} \cdot 7 \frac{D9}{h8}.$$

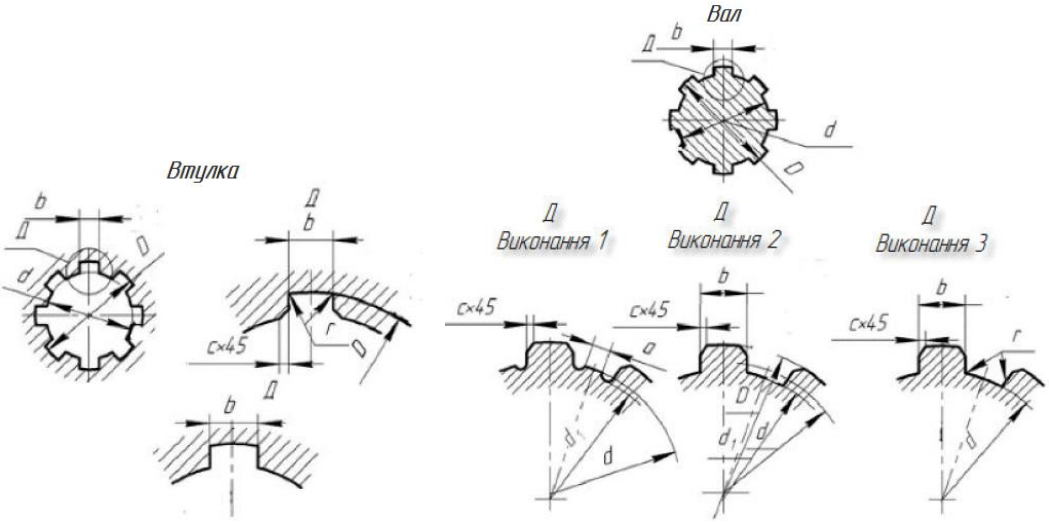


Рисунок 3.15 – Шліцьове з’єднання

Таблиця 3.8 – Розміри (в мм) та кількість зубців шліцьових з’єднань (ГОСТ 1139-80)

Розміри легкої серії, мм

z× *d* × *D*	Кіль-кість зуб-ців *z*	*d*	*D*	*b*	d_1, не менше	*a*, не менше	*c*		*r* , не більше
							Номін.	Гранич. відх.	
6 × 23 × 26	6	23	26	6	22,1	3,54	0,3	+0,2	0,2
6 × 26 × 30	6	26	30	6	24,6	3,85	0,3	+0,2	0,2
6 × 28 × 32	6	28	32	7	26,7	4,03	0,3	+0,2	0,2
8 × 32 × 36	8	32	36	6	30,4	2,71	0,4	+0,2	0,3
8 × 36 × 40	8	36	40	7	34;5	3,46	0,4	+0,2	0,3
8 × 42 × 46	8	42	46	8	40,4	5,03	0,4	+0,2	0,3
8 × 46 × 50	8	46	50	9	44,6	5,75	0,4	+0,2	0,3
8 × 52 × 58	8	52	58	10	49;7	4,89	0,5	+0,3	0,5
8 × 56 × 62	8	56	62	10	53,6	6,38	0,5	+0,3	0,5
8 × 62 × 68	8	62	68	12	59,8	7,31	0,5	+0,3	0,5
10 × 72 × 78	10	72	78	12	69,6	5,45	0,5	+0,3	0,5
10 × 82 × 88	10	82	88	12	79,3	8,62	0,5	+0,3	0,5
10 × 92 × 98	10	92	98	14	89,4	10,08	0,5	+0,3	0,5
10× 102 ×108	10	102	108	16	99,9	11,49	0,5	+0,3	0,5
10 × 112 × 120	10	112	120	18	108,8	10,72	0,5	+0,3	0,5

Розміри середньої серії, мм

z× *d* × *D*	Кіль-кість зубців, z	*d*	*D*	*b*	d_1, не менше	*a*, не менше	*c*		*r* , не більше
							Номін.	Гранич. відх.	
6 × 11 × 14	6	11	14	3,0	9,9	–	0,3	+0,2	0,2
6 × 13 × 16	6	13	16	3,5	12,0	–	0,3	+0,2	0,2
6 × 16 × 20	6	16	20	4,0	14,5	–	0,3	+0,2	0,2
6 × 18 × 22	6	18	22	5,0	16,7	–	0,3	+0,2	0,2
6 × 21 × 25	6	21	25	5,0	19,5	1,95	0,3	+0,2	0,2
6 × 23 × 28	6	23	28	6,0	21,3	1,34	0,3	+0,2	0,2
6 × 26 × 32	6	26	32	6,0	23,4	1,65	0,4	+0,2	0,3
6 × 28 × 34	6	28	34	7,0	25,9	1,70	0,4	+0,2	0,3
8 × 32 × 38	8	32	38	6,0	29,4	–	0,4	+0,2	0,3
8 × 36 × 42	8	36	42	7,0	33,5	1,02	0,4	+0,2	0,3
8 × 42 × 48	8	42	48	8,0	39,5	2,57	0,4	+0,2	0,3
8 × 46 × 54	8	46	54	9,0	42,7	–	0,5	+0,3	0,5
8 × 52 × 60	8	52	60	10,0	48,7	2,44	0,5	+0,3	0,5
8 × 56 × 65	8	56	65	10,0	52,2	2,50	0,5	+0,3	0,5
8 × 62 × 72	8	62	72	12,0	57,8	2,40	0,5	+0,3	0,5
10 × 72 × 82	10	72	82	12,0	67,4	–	0,5	+0,3	0,5
10 × 82 × 92	10	82	92	12,0	77,1	3,00	0,5	+0,3	0,5
10 × 92 × 102	10	92	102	14,0	87,3	4,50	0,5	+0,3	0,5
10 × 102 × 112	10	102	112	16,0	97,7	6,30	0,5	+0,3	0,5
10 × 112 × 120	10	112	125	18,0	106,3	4,40	0,5	+0,3	0,5

Розміри важкої серії, мм

z× *d* × *D*	Кількість зубців z	*d*	*D*	*b*	d_1, не менше	*c*		*r* , не більше
						Номін.	Гранич. відх.	
10 × 16 × 20	10	16	20	2,5	14,1	0,3	+0,2	0,2
10 × 18 × 23	10	18	23	3,0	15,6	0,3	+0,2	0,2
10 × 21 × 26	10	21	26	3,0	18,5	0,3	+0,2	0,2
10 × 23 × 29	10	23	29	4,0	20,3	0,3	+0,2	0,2
10 × 26 × 32	10	26	32	4,0	23,0	0,4	+0,2	0,3
10 × 28 × 35	10	28	35	4,0	24,4	0,4	+0,2	0,3
10 × 32 × 40	10	32	40	5,0	28,0	0,4	+0,2	0,3
10 × 36 × 45	10	36	45	5,0	31,3	0,4	+0,2	0,3
10 × 42 × 52	10	42	52	6,0	36,9	0,4	+0,2	0,3
10 × 46 × 56	10	46	56	7,0	40,9	0,5	+0,3	0,5
16 × 52 × 60	16	52	60	5,0	47,0	0,5	+0,3	0,5
16 × 56 × 65	16	56	65	5,0	50,6	0,5	+0,3	0,5
16 × 62 × 72	16	62	72	6,0	56,1	0,5	+0,3	0,5
16 × 72 × 82	16	72	82	7,0	65,9	0,5	+0,3	0,5
20 × 82 × 92	20	82	92	6,0	75,6	0,5	+0,3	0,5
20 × 92 × 102	20	92	102	7,0	85,5	0,5	+0,3	0,5
20 × 102 × 115	20	102	115	8,0	94,0	0,5	+0,3	0,5
20 × 112 × 125	20	112	125	9,0	104,0	0,5	+0,3	0,5

Залежно від центрування шліцьового прямобічного з’єднання наведено креслення на рис. 3.16 – 3.18.

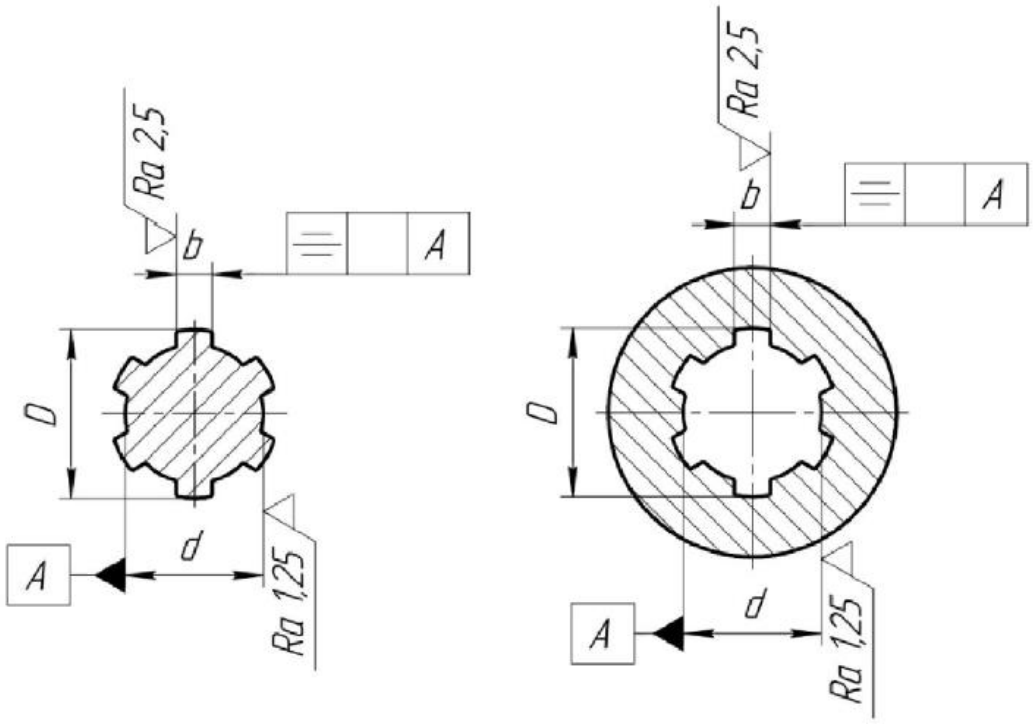


Рисунок 3.16 – Базові поверхні, чистота обробки та допуски форм і розташування поверхонь шліцьового прямобічного з’єднання при центруванні за внутрішнім діаметром

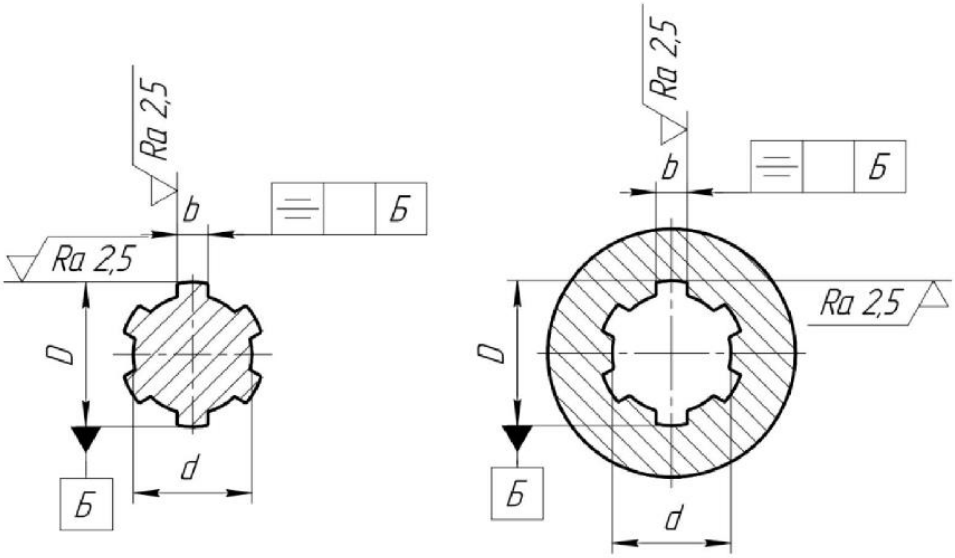


Рисунок 3.17 – Базові поверхні, чистота обробки та допуски форм і розташування поверхонь шліцьового прямобічного з’єднання при центруванні за зовнішнім діаметром

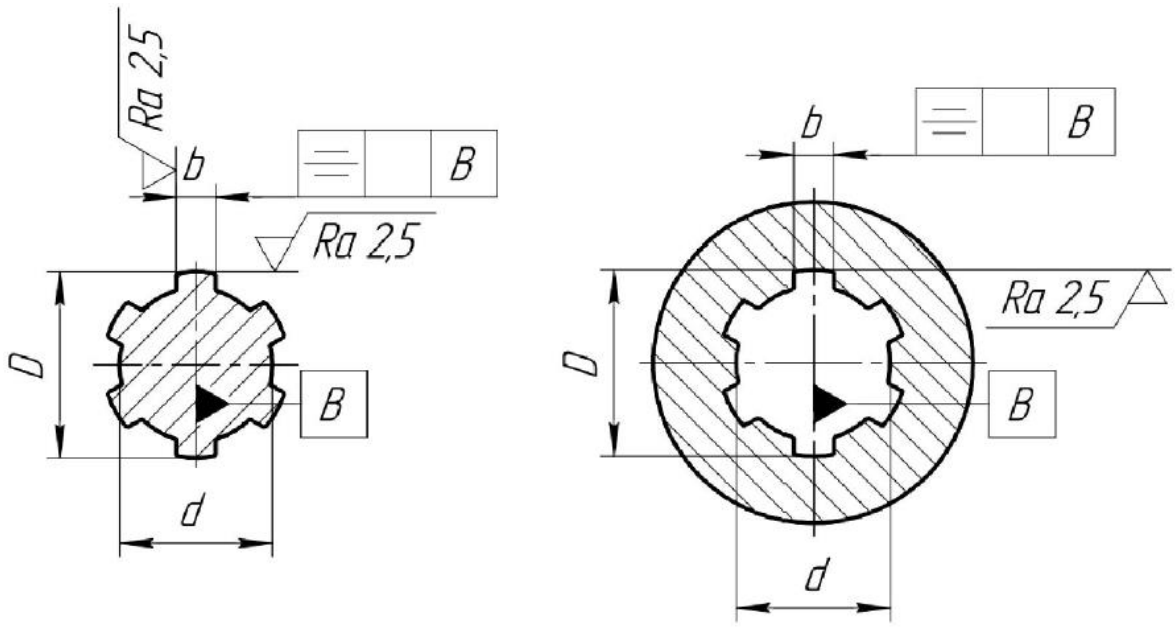


Рисунок 3.18 – Базові поверхні, чистота обробки та допуски форм і розташування поверхонь шліцьового прямобічного з'єднання при центруванні по бічних сторонах

Шорсткість бічних сторін шліців – Ra 2,5.

Шорсткість внутрішнього діаметра при центруванні за внутрішнім діаметром – Ra 1,25.

Шорсткість зовнішнього діаметра втулки при центруванні за зовнішнім діаметром або по бічних сторонах зубців – Ra 2,5.

Шорсткість зовнішнього діаметра вала: при центруванні за зовнішнім діаметром Ra 1,25; при центруванні по бічних сторонах зубців – Ra 2,5.

Шорсткість інших поверхонь – Ra 10

Допуск симетричності □ зубців до осі вала (втулки) обирається з табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Величина допуску симетричності зубців до осі вала (втулки), мкм

Ширина зубця *b*,мм	до 3	більш 3 до 6	більш 6 до 10	більш 10 до 18
Вільне (втулка)	10	12	15	18

Зображення шліцьових з'єднань наведено на рис. 3.19, 3.20.

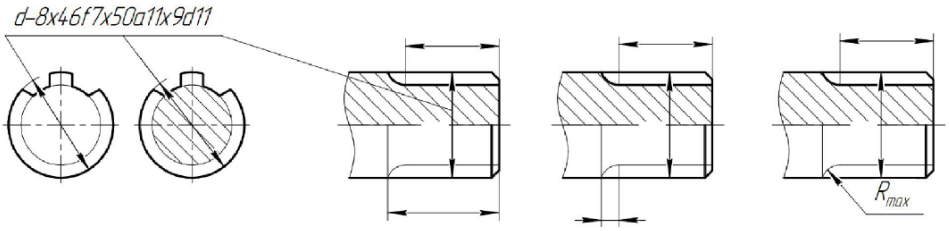


Рисунок 3.19 – Зображення на кресленнях шліцьового вала

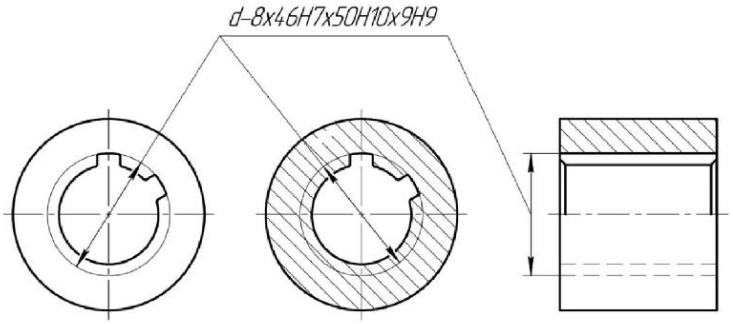


Рисунок 3.20 – Зображення на кресленнях шліцьової втулки

Контрольні запитання

1. Як поділяють зубчасті передачі за способом розташування осей? Наведіть приклади.
2. Як розрізняють зубчасті колеса за формою розташування зубця?
3. Які бувають види зубчастих передач?
4. Як поділяються зубчасті передачі за коловою швидкістю зубчастих коліс?
5. Що таке зубчаста передача?
6. Що таке зубчасте зачеплення?
7. Що таке зубчаста ланка та зубчасте колесо?
8. Яким індексом позначається шестірня та зубчасте колесо?
9. Назвіть основні елементи циліндричного зубчастого колеса.
10. Що таке модуль зубчастого колеса?
11. Як пов’язані між собою розрахунковий, коловий та нормальний модулі прямозубчастих коліс?
12. Як визначити довжину загальної нормалі профілю зубця?
13. Наведіть зображення зубчастого колеса з зовнішнім та внутрішнім зачепленнями.
14. Яким типом ліній та якою їх товщиною зображують кола і поверхні вершин зубців та западин?
15. У якому випадку суміщають зображення виду та розрізу на одному кресленні?

4 ВИКОНАННЯ КРЕСЛЕНЬ

4.1 Ескіз зубчастого колеса з натури

За наявним зубчастим колесом (відповідно до варіанта) визначте його основні геометричні параметри і виконайте ескіз на форматі А4, а також складіть таблицю основних параметрів зубчастого колеса. Вимоги до виконання креслення зубчастого колеса наведені в розділах 3.5 – 3.6.

Для виконання ескізу зубчастого колеса необхідно:

1) заміряти з зубчастого колеса такі параметри (вимірювання розмірів за допомогою штангенциркуля наведено на рис. 4.1 – 4.5):

– кількість зубців z = 21;

– діаметр вершин зубців d_a = 69 мм;

– діаметр западин зубців зубчастого колеса d_f = 56 мм;

– ширина вінця зубчастого колеса b = 28 мм;

– зовнішній діаметр втулки зубчастого колеса $d_{вт}$ = 27 мм;

– довжина втулки зубчастого колеса $l_{вт}$ = 35 мм;

– діаметр отвору під вал $d_в$ = 16 мм;

– розмір пазу під шпонку b = 5 мм, t_2 = 2,3 мм;

2) розрахувати такі параметри:

– нормальний модуль (3.5), (3.6)

$$m_n = \frac{d_a}{z+2} = \frac{69}{21+2} = 3 \text{ мм};$$

– ділильний обводовий та нормальний крок зубців (3.3), (3.4)

$$p_t = p_n = \pi \cdot m_n = 3{,}14 \cdot 3 = 9{,}42 \text{ мм};$$

– висота зубця (3.8)

$$h = 2{,}2 \cdot m_n = 2{,}2 \cdot 3 = 6{,}6 \text{ мм};$$

– довжина постійної хорди зубця (3.9)

$$\overline{S}_c = 1{,}387 \cdot m_n = 1{,}387 \cdot 3 = 4{,}16 \text{ мм};$$

– висота до постійної хорди зубця (3.10)

$$\overline{h}_c = 0{,}7476 \cdot m_n = 0{,}7476 \cdot 3 = 2{,}24 \text{ мм};$$

– довжина загальної нормалі (3.12),

$$W = 7{,}6744 \cdot m_n = 3 \cdot 7{,}6744 = 23{,}02 \text{ мм};$$

– розміри фасок на торцях зубчастого вінця

$$f = 0{,}5 \cdot m_n = 0{,}5 \cdot 3 = 1{,}5 \text{ мм};$$

3) з урахуванням виконаних замірів та розрахунків виконати креслення зубчастого колеса;

4) нанести необхідні розміри та шорсткість поверхонь зубчастого колеса;

5) виконати таблицю основних, контролю та довідкових даних (див. рис. 3.8).

Приклад виконання ескізу зубчастого колеса наведено на рис. 4.5.

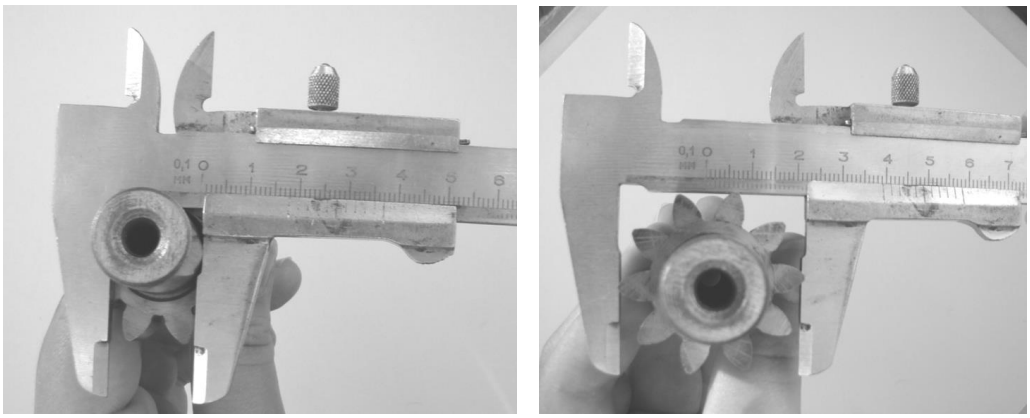


Рисунок 4.1 – Вимірювання зовнішніх діаметральних розмірів

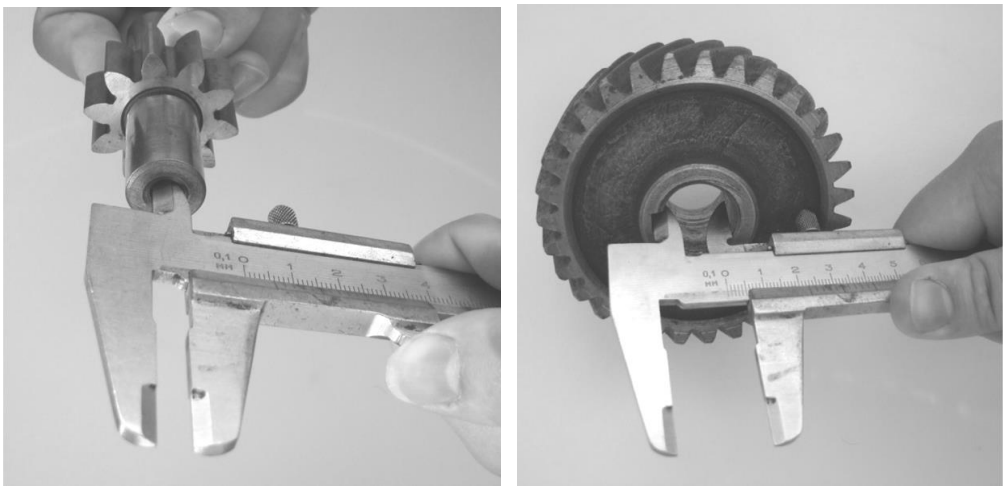


Рисунок 4.2 – Вимірювання внутрішніх діаметральних розмірів

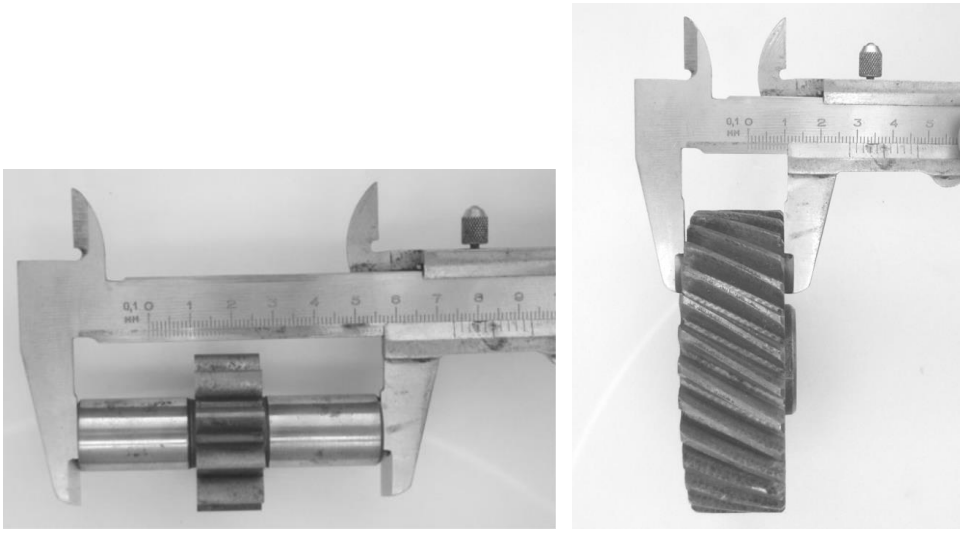


Рисунок 4.3 – Вимірювання лінійних розмірів

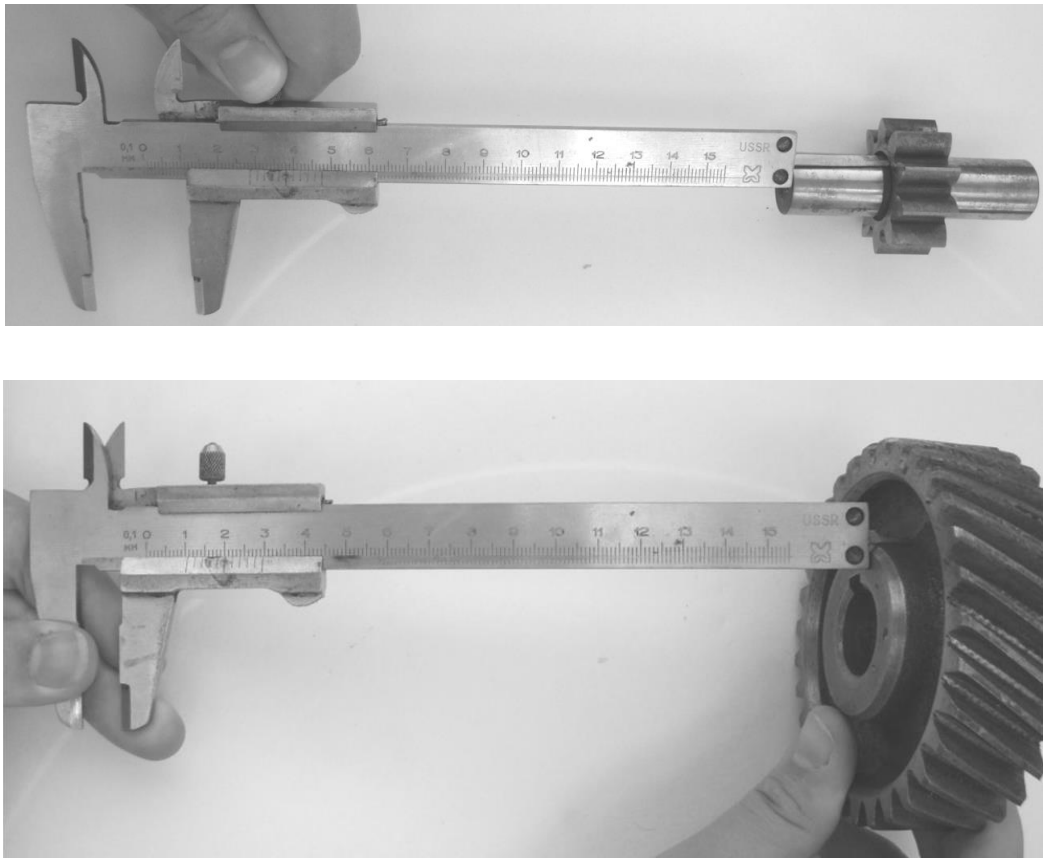


Рисунок 4.4 – Використання глибиноміра для вимірювання лінійних розмірів

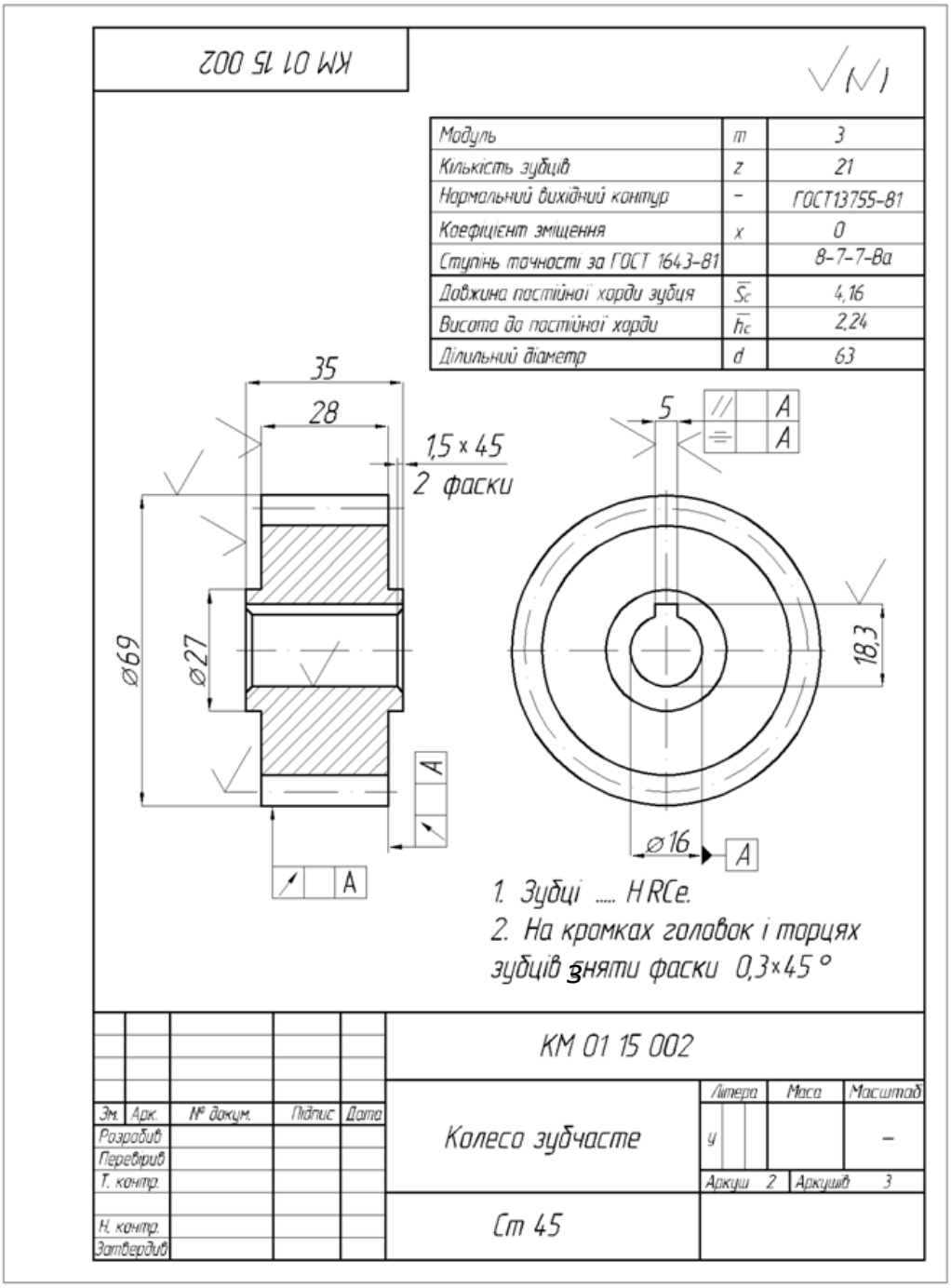


Рисунок 4.5 – Приклад виконання креслення зубчастого колеса

4.2 Креслення зубчастої передачі

Як вихідні дані для циліндричної зубчастої передачі беруть дані попереднього завдання, тобто зубчастого колеса, з якого виконувався ескіз. Значення передаточного числа *і* візьмемо згідно з ГОСТ 8032-84. Розрахунок параметрів зубчастої передачі за фор-

мулами (3.1)–(3.20) розд. 3.2 – 3.4 має бути поданий на форматі А4 рис. 4.5.

Приклад виконання розрахунку для креслення зубчастого зачеплення:

– передаточне кількість і = 1,5;

– кількість зубців на веденому колесі (3.1)

$z_2 = z_2 \cdot i = 21 \cdot 1{,}5 = 31{,}5$ візьмемо кількість зубців 32, тоді передаточне кількість $i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{32}{21} = 1{,}52$;

– нормальний модуль (див. розділ 3.1) $m_n = 3$ мм;

– ділильна міжосьова відстань передачі (3.2), мм

$$a = \frac{(z_2 + z_1) \cdot m_t}{2} = \frac{(32 + 21) \cdot 3}{2} = 79{,}5;$$

– ділильний обводовий та нормальний крок зубців (3.3), (3.4), мм

$$p_t = p_n = \pi \cdot m_n = 3{,}14 \cdot 3 = 9{,}42;$$

– ділильний діаметр зубчастого колеса (3.5), мм

$$d = z \cdot m_n = 32 \cdot 3 = 96;$$

– діаметр вершин зубців зубчастого колеса (3.6), мм

$$d_a = d + 2 \cdot m_n = 96 + 2 \cdot 3 = 102;$$

– діаметр западин зубців зубчастого колеса (3.7), мм

$$d_f = d - 2{,}4 \cdot m_n = 96 - 2{,}4 \cdot 3 = 90;$$

– висота зубця (3.8), мм

$$h = 2{,}2 \cdot m_n = 2{,}2 \cdot 3 = 6{,}6;$$

– довжина постійної хорди зубця (3.9), мм

$$\overline{S}_c = 1{,}387 \cdot 3 = 4{,}16;$$

– висота до постійної хорди зубця (3.10), мм

$$\bar{h}_c = 0{,}7476 \cdot 3 = 2{,}24;$$

– довжина загальної нормалі (3.12), мм

$$W = 7{,}6744 \cdot m_n = 3 \cdot 7{,}6744 = 23{,}02;$$

– ширина вінця зубчастого колеса (3.13), мм

$$b = (8\ldots10) \cdot m_n = (8\ldots10) \cdot 3 = (24...30)$$

візьмемо b = 25 мм;

– зовнішній діаметр втулки зубчастого колеса (3.17), мм

$$d_{вт} = (1{,}5\ldots1{,}7) \cdot d_в = (1{,}5\ldots1{,}7) \cdot 24 = (36...41),$$

візьмемо $d_{вт}$ = 38 мм;

– довжина втулки зубчастого колеса (3.18), мм

$$l_{вт} = (1{,}0\ldots1{,}5) \cdot d_в = (1{,}0\ldots1{,}5) \cdot 24 = (24...41),$$

візьмемо $l_{вт}$ = 40 мм;

– розміри фасок на торцях зубчастого вінця (3.20), мм

$$f = 0{,}5 \cdot m = 0{,}5 \cdot 3 = 1{,}5;$$

– розміри шпонок для зубчастих коліс та валів візьмемо за табл. 3.4 – для ведучого зубчастого колеса шпонка 5×5×28 ГОСТ 23360-78,

для веденого зубчастого колеса шпонка 8×7×32 ГОСТ 23360-78.

Розрахунок параметрів зубчастої передачі за формулами (3.1)–(3.20) розд. 3.1, 3.2 має бути поданий на форматі А4.

Вимоги до виконання креслення зубчастої передачі наведені в розд. 3.6, 3.7. Приклад виконання креслення зубчастого зачеплення наведено на рис. 4.6.

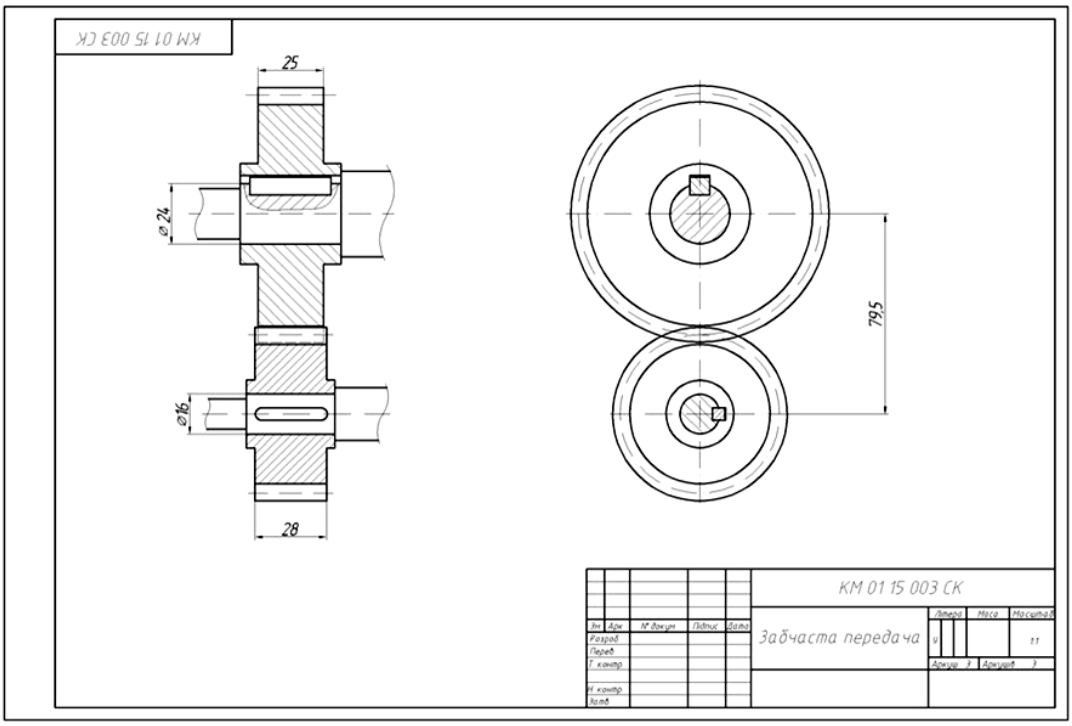


Рисунок 4.6 – Приклад виконання креслення зубчастої передачі

Контрольні запитання

1. За наявності яких даних виконують креслення циліндричних зубчастих коліс?
2. Які розміри вказують на кресленні зубчастих коліс?
3. Які дані наводять у таблиці параметрів?
4. Для чого служать шпонки?
5. Від чого залежать розміри шпонок?
6. Наведіть умовне позначення призматичної шпонки з розмірами:

b = 10 мм, h = 8 мм та l = 40 мм;
b = 16 мм, h = 10 мм та l = 50 мм;
b = 20 мм, h = 12 мм та l = 80 мм;
b = 3 мм, h = 3 мм та l = 6 мм;
b = 32 мм, h = 18 мм та l = 280 мм.

Укажіть розміри шпонок для валів діаметром:10 мм, 17 мм, 32 мм. 76 мм, 38 мм, 95 мм, 15 мм.

5 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СИСТЕМУ КОМПАС

5.1 Запуск системи КОМПАС

Запуск системи КОМПАС здійснюється так, як і запуск будь-яких інших Windows-додатках. Для запуску системи потрібно зробити такі дії:

1) установити курсор миші на кнопку **«Пуск»** та натиснути ліву клавішу (рис. 5.1);

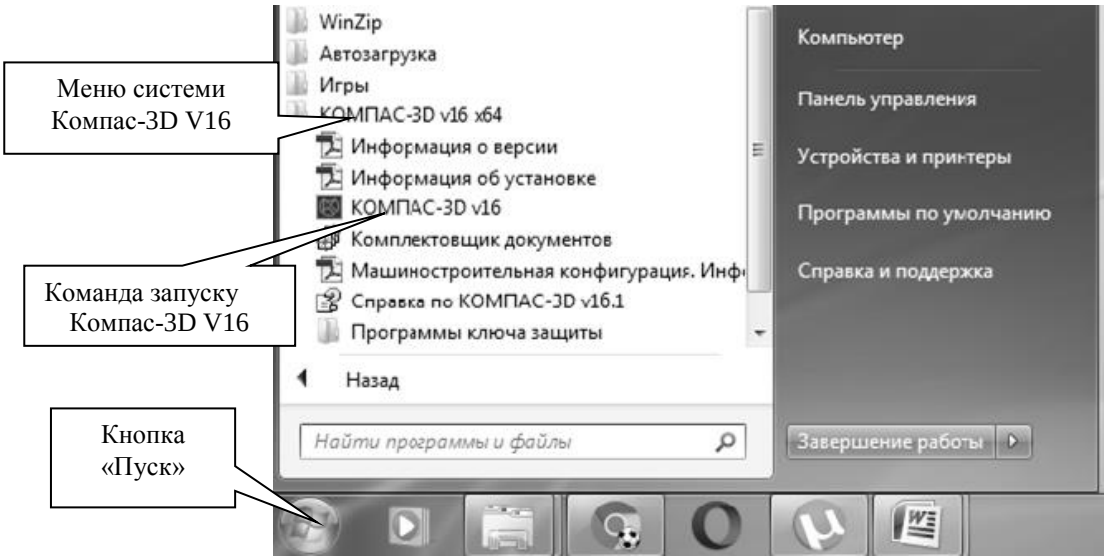


Рисунок 5.1 – Запуск програми системи **КОМПАС**

2) обрати курсором миші меню **Компас-3D V16.** Зі списку пунктів, що з'являться на екрані, обрати команду **Компас-3D V16.** Що і відповідає за запуск системи, а інші пункти меню мають допоміжний характер (довідка, видалення та ін.);

3) далі потрібно запустити програму. Для цього активізується пункт меню **Компас-3D V16,** після чого починається процес завантаження програми. Після початкового запуску **Компас-3D V16** відкривається **Главное окно** системи, в якому ще немає жодного відкритого документа, тобто воно буде порожнім, ним керує **Панель управления** (рис. 5.2).

5.2 Інтерфейс системи КОМПАС

Інтерфейс **КОМПАС** (рис. 5.2, рис. 5.4) складається з таких частин:

Заголовок – містить назву, номер версії системи, ім'я поточного документа, кнопки системного меню, а також кнопки керування вікном системи.

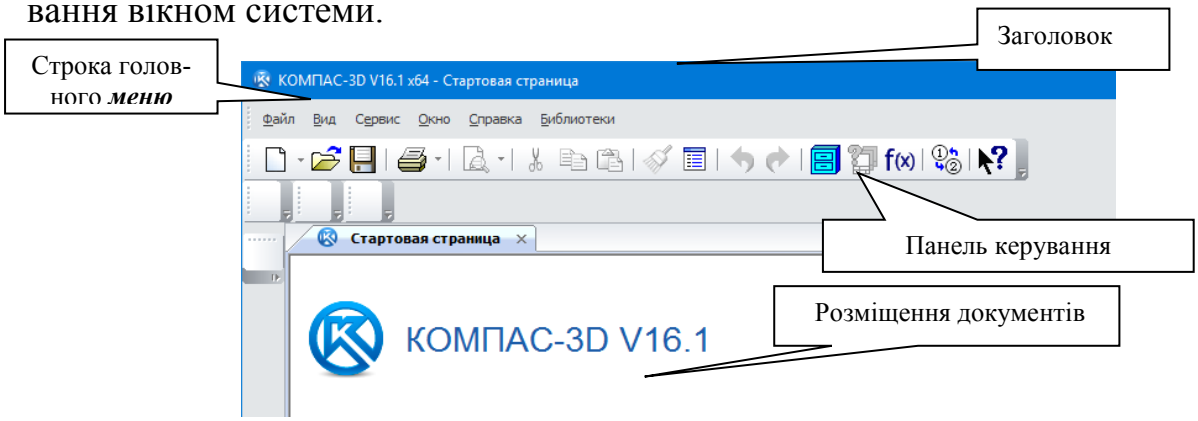


Рисунок 5.2 – Фрагмент головного вікна системи

Строка главного меню – розташована в другому рядку головного вікна системи та містить назви сторінок висхідних меню системи **КОМПАС**. Склад головного меню залежить від типу поточного документа і режиму роботи системи. Для активізації **Строки главного меню** достатньо відкрити будь-яке меню, що входить до неї. Для закриття меню необхідно натиснути ліву клавішу миші в будь-якому місці вікна **КОМПАС** поза меню, або натиснути клавішу <ESC> на клавіатурі.

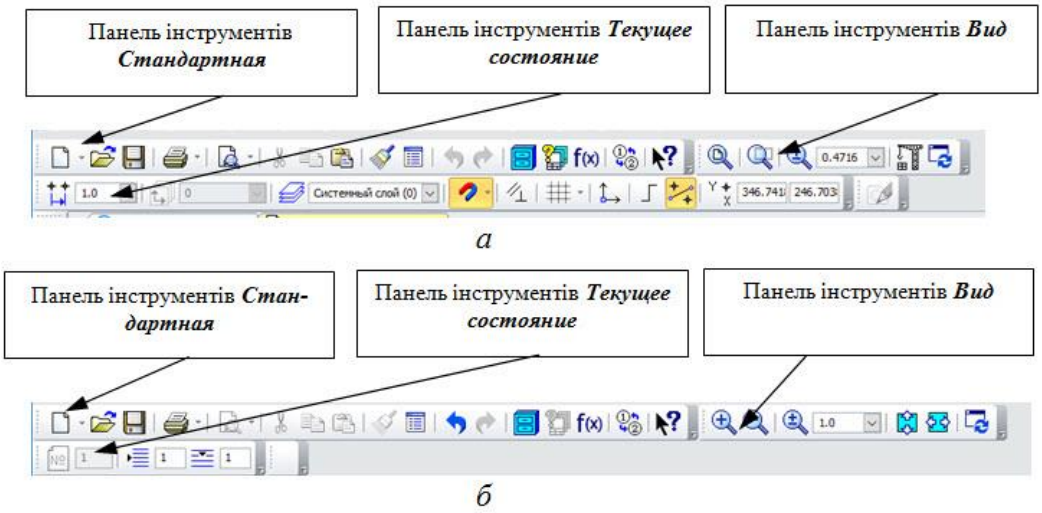


Рисунок 5.3 – Панель керування

Панель управления розташована у верхній частині вікна системи відразу під **Строкой главного меню** (див. рис. 5.2). В цій панелі розташовані **Панели инструментов** (рис. 5.3), що дозволяють звернутися до найбільш часто використовуваних під час роботи з **КОМПАС** команд: створення, відкриття і збереження файлів документів, виведення на плоттер і принтер і т.д. Склад **Панели управления** різний для різних режимів роботи системи. Наприклад, під час редагування креслення вона виглядає так, як це показано на рис. 5.3, *а*, та складається з панелей інструментів: **Стандартная, Вид, Текущее состояние**, а під час уведення або редагування тексту в неї входять ті самі панелі інструментів, що мають вигляд, як подано на рис. 5.3, *б*. Крім того, набір кнопок на **Панели управления** можна змінити за допомогою засобів налаштування системи.

Команди в **Панели управления** дублюють команди **Строки главного меню**. Запуск команд із **Панели управления** здійснюється простим натисненням на відповідній кнопці.

Призначення і використання кнопок на **Панели управления** будуть розглянуті нижче.

Компактная панель – містить декілька інструментальних панелей і кнопки перемикання між ними. Склад **Компактной панели** залежить від типу активного документа.

Окно работы с переменными и уравнениями f(x) – у графічних документах служить для роботи із змінними і рівняннями, в документах-моделях - для роботи із змінними.

Менеджер библиотек – служить для роботи з **КОМПАС** – бібліотеками.

Панель свойств – служить для налаштування об’єкта під час його створення або редагування.

Строка сообщений – містить повідомлення системи, що належать до поточної команди або елемента робочого вікна, на який указує курсор.

Дерево построений – відображає порядок створення моделі (креслення) і зв'язку між її елементами та компонентами. Може розташовуватися тільки всередині документа.

Після запуску програми і відкриття будь-якого документа відкривається головне вікно системи зі всіма його основними елементами. Так, наприклад, при відкритті документа **чертеж** головне меню документа має вигляд зображень (рис. 5.4).

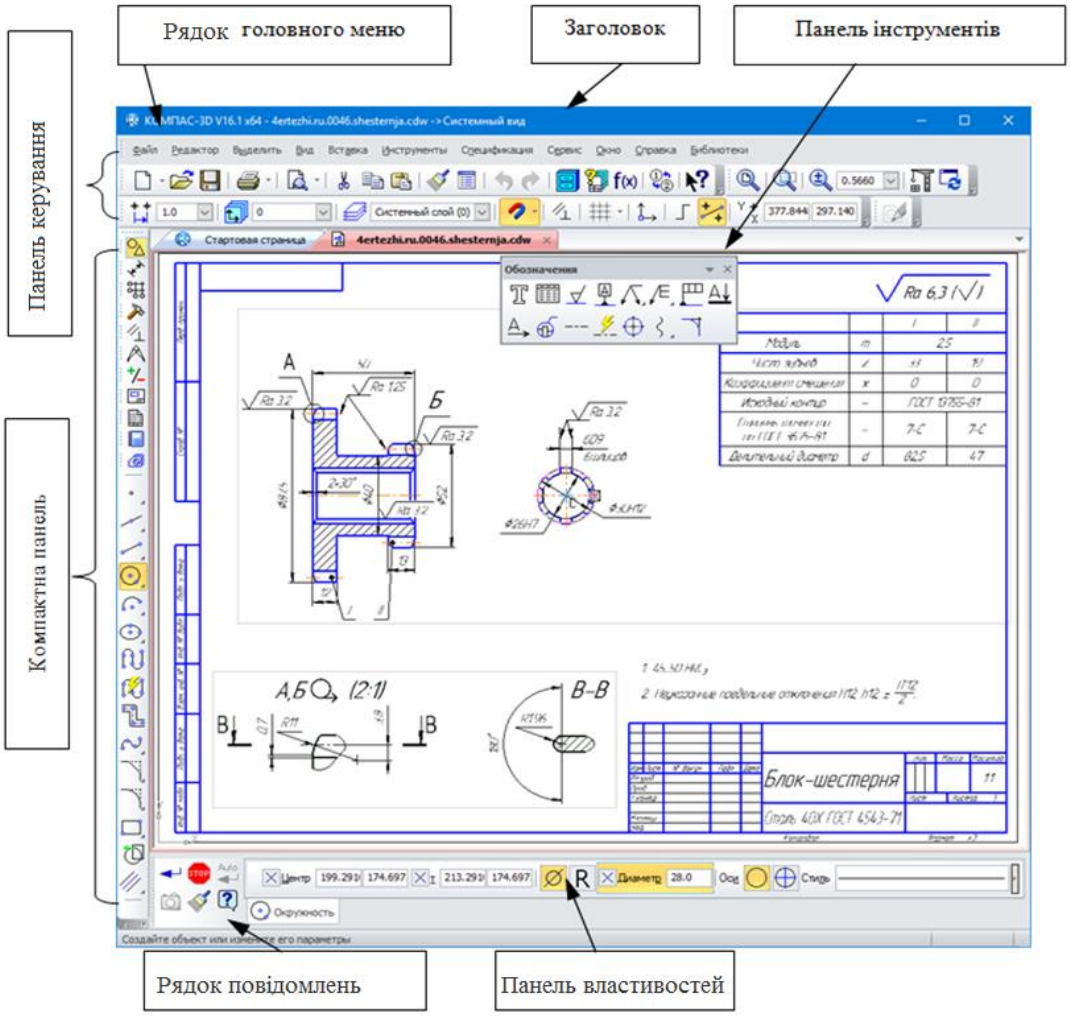


Рисунок 5.4 – Основні елементи інтерфейсу **КОМПАС**

5.3 Створення нового документа

За допомогою **КОМПАС** можна створювати документи типів: **чертеж, фрагмент, текстовый документ, спецификация, сборка и деталь.**

Чертеж − це основний тип документа, що створюється в

КОМПАС. Він повністю відповідає формату креслення, яке конструктор креслить на кульмані, і складається з рамки, основного надпису, технічних вимог, позначення шорсткості невказаних поверхонь та одного або декількох видів.

Деякі з цих елементів на кресленні можуть бути тимчасово відсутніми, але, найголовніше, для них зарезервовано місце і вони можуть бути створені в будь-який момент. Файл документа **чертеж** має позначення *.cdw.

Фрагмент КОМПАС, на відміну від креслення, повністю позбавлений елементів оформлення і є порожнім електронним листом необмеженого розміру. Можна креслити в ньому абсолютно вільно в будь-який бік, не побоюючись, що одного разу досягнете його меж. Файл документа **фрагмент** має позначку *. frw.

Чертежи и фрагменты КОМПАС у системі Windows представлені своїми унікальними позначками (рис. 5.5). Операційна система сама привласнюватиме документам потрібний тип позначки. А ім'я документа користувач повинен задати сам.

а *б*

Рисунок 5.5 – Позначки креслення *а* і фрагмента *б*

Текстовий документ − документ, що містить переважно текстову інформацію. Текстовий документ оформляється рамкою та основним написом. Він частіш за все буває багатостроковим. У текстовому документі може бути створена пояснювальна записка, технічні вимоги та ін. Файл документа **текстовий документ** має позначку *. kdw.

Спецификация − документ, що містить інформацію про склад збірки, який має вигляд таблиці. Специфікація оформляється рамкою та основним написом. Файл документа **спецификация** має позначку*. spw

Сборка − модель виробу, що складається з декількох деталей

із заданим взаємним положенням. До складу збірної одиниці можуть входити інші збірні одиниці та стандартні вироби. Файл документа **сборка** має позначення *. a3d

Деталь − модель виробу, виготовленого з однорідного за найменуванням і маркою матеріалу, без застосування складних операцій. Файл документа **деталь** має позначку *. m3d

5.3.1 Створення нового креслення та фрагмента

Для створення нового креслення в системі **КОМПАС** слід відкрити в **Строке главного меню Файл** команду **Создать** (рис. 5.6, *а*), або натиснути кнопку **Создать** на **Панели управления** (рис. 5.6, *б*). В діалоговому вікні **Новый документ** обрати документ **Чертеж** (рис. 5.6, *в*) і на екрані з'явиться новий кресленик (рис.5.7).

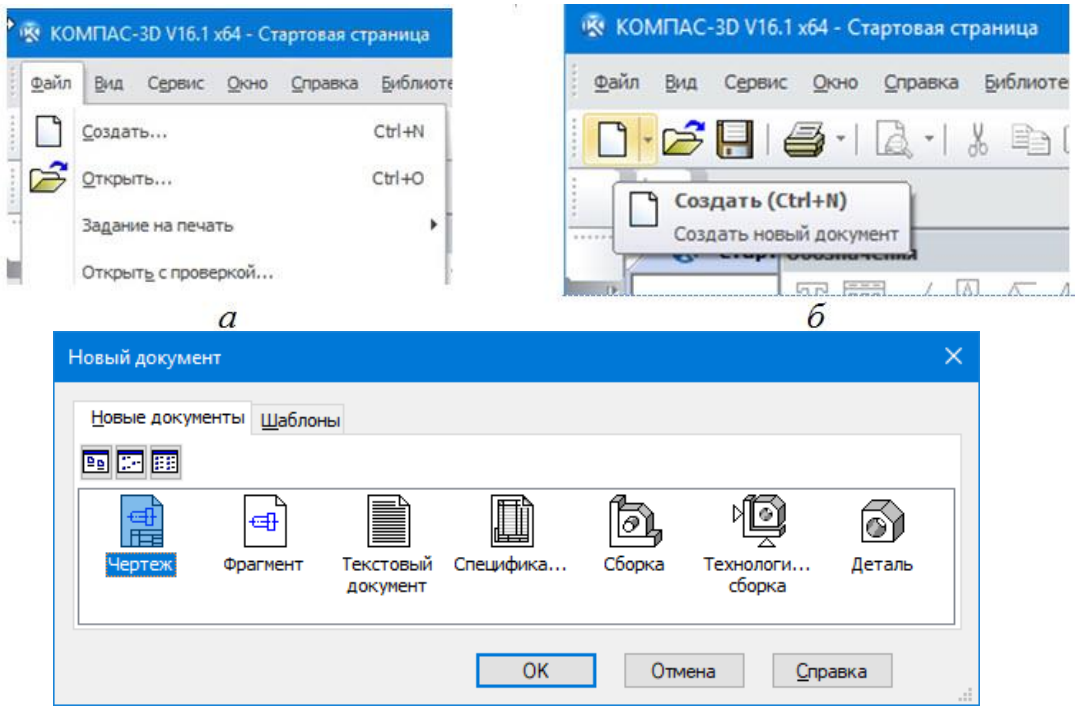


Рисунок 5.6 – Створення нового документа

За умовчанням система створює аркуш формату А4 вертикальної орієнтації з типом основного напису **Чертеж конструкторский. Первый лист** за ДСТУ ГОСТ 2.104:2006.

Для створення нового фрагмента слід виконати таку послідовність команд: **Файл → Создать** або викликати команду **Создать**

на **Панели управления** (див. рис. 5.6). В діалоговому вікні **Новый документ** обирають документ **Фрагмент.**

Оскільки фрагменти не мають елементів керування, звичайно, ніякого налаштування для них не виконується, і можна відразу почати креслення. Збереження фрагментів на диску виконується за тими самими правилами, що й збереження форматів креслень.

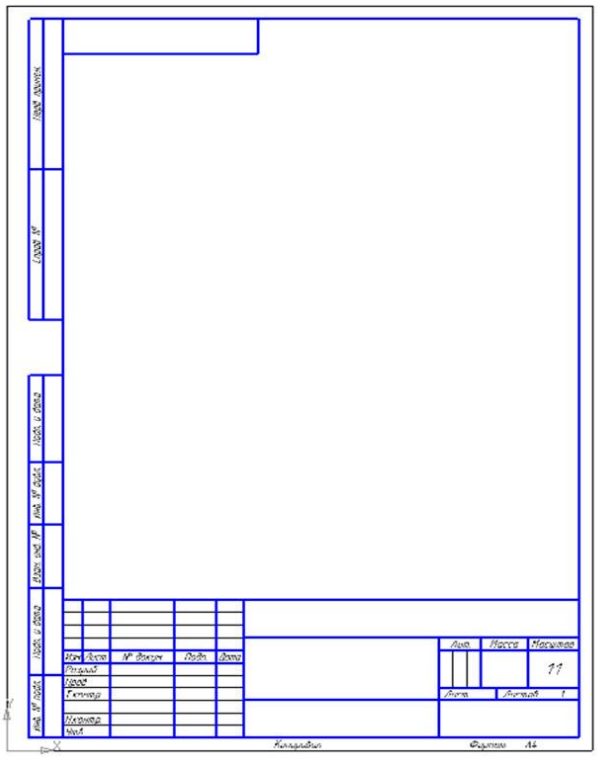


Рисунок 5.7 – Повне відображення формату креслення А4

5.3.2 Збереження документа

Відразу після створення документа рекомендується надати йому ім’я і записати на диск у потрібну папку. Спочатку система автоматично привласнила новому документу ім’я **БЕЗ ИМЕНИ:1** (рис. 5.8). Це ім’я є тимчасовим. Користувач повинен сам надати ім’я документу.

Рисунок 5.8 – Ім’я документа за умовчанням

Для того щоб задати ім’я новому документу и записати його на диск в потрібну папку, необхідно викликати команду **Сохранить** на **Панели управления**. На екрані з’явиться діалогове вікно **Укажите имя файла для записи**. В цей момент потрібно пояснити системі, в якому каталозі і під яким ім’ям повинен бути збережений створений документ. Наприклад, C:\Documents and Settings\ Мои документы\ Валік.cdw. Файл Валік знаходиться в каталозі C:\Documents and Settings\ Мои документы\, а розширення cdw вказує на те, що цей файл є кресленням.

5.3.3 Рядок повідомлень

Після відкриття документа або створення нового на екрані з’являється **Строка сообщений**, розташована в самому низу програмного вікна **КОМПАС** (рис. 5.4). У ній відображаються різні повідомлення і запити системи, тому слід уважно стежити за її станом. Наприклад, на рис. 5.9 зверху показано стан **Строки сообщений** з указівкою на кнопку **Показать все** на **Панели управления**, усередині − указівкою на кнопку **Ввод отрезка** на сторінці **Геометрические построения Инструментальной панели**, а внизу − в режимі уведення відрізка.

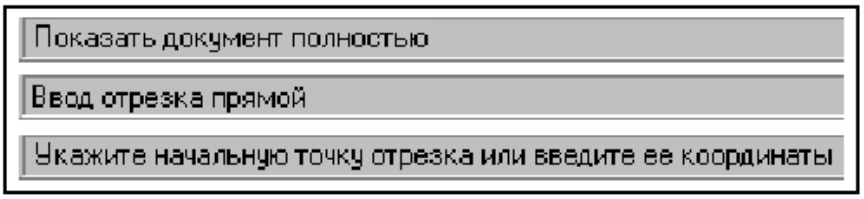


Рисунок 5.9 – Рядок повідомлень у режимі побудови відрізка

5.3.4 Панель інструментів. Поточний стан

Панель инструментов текущего состояния знаходиться в **Панели управления** (див. рис. 5.3, *б*). У цьому рядку відображаються параметри поточного документа − **вид** (якщо документ є аркушем креслення), **слой,** крок курсора у разі переміщення клавішами, його поточні координати і т.д. Основні елементи **Панели инструментов текущего состояния** зображені на рис. 5.10.

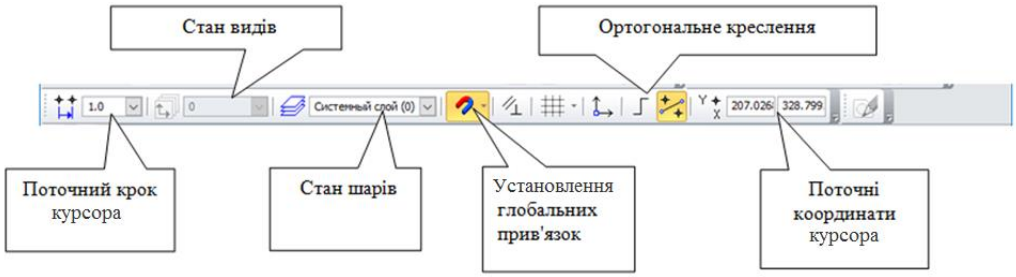


Рисунок 5.10– Панель інструментів поточного стану

Стан системи і поточного документа поданий стандартними елементами керування: кнопками, полями і списками. Наприклад, засоби керування виглядамивмикають кнопку **Состояние видов**, поле **Текущий вид** і кнопку **Список видов**.

5.4 Панель перемикання інструментів

5.4.1 Інструментальна панель

Инструментальная панель містить кнопки виклику команд. Інструментальні панелі можуть об'єднуватися в компактні панелі (див. рис. 5.4). Користувач може керувати складом інструментальних панелей, їх розміщенням на екрані, а також створювати власні. Активізація інструментальних панелей проводиться за допомогою кнопок-перемикання. Для спрощення виклику команд інструментальні панелі об'єднують у компактну панель. Склад **Компактной панели** залежить від типу активного документа.

Користувач може змінити склад **Компактной панели**. Поряд із кнопками перемикання знаходяться маркери переміщення. Щоб витягнути з **Компактной панели** будь-яку **Инструментальную панель**, потрібно «перетягнути» відповідний їй маркер мишею за межі **Компактной инструментальной панели**.

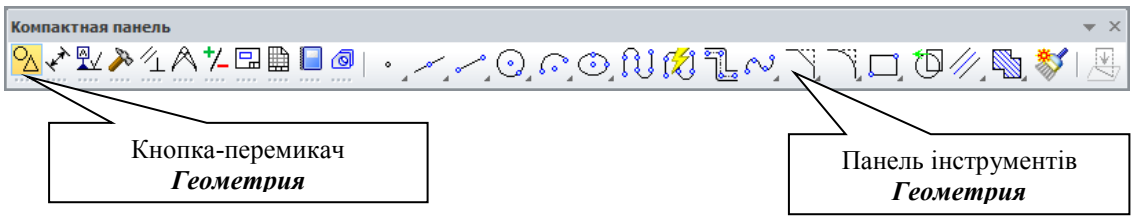


Рисунок 5.11 – Компактна панель

Щоб повернути або додати **Инструментальную панель** до складу **Компактной панели**, потрібно натиснути й утримати клавішу <Alt>. Потім мишею «перетягнути» заголовок **Инструментальной панели** так, щоб «накласти» її на **Компактную панель**. Якщо поряд із курсором з'явиться знак «плюс», слід відпустити клавішу миші і клавішу <Alt>. **Инструментальная панель** буде включена до компактної.

Відразу після запуску системи автоматично вмикається кнопка-перемикач **Геометрия** на **Компактной панели**. Для перемикання між сторінками використовуються кнопки **Панели переключения инструментов** (рис. 5.11, рис. 5.12). Одночасно на екрані відображається тільки одна сторінка панелі.

В інструментальній панелі **Геометрия** згруповані кнопки за типами команд, які вони викликають, наприклад, група кнопок для побудови відрізка. На панелі відображається тільки одна кнопка з групи. Щоб побачити решту кнопок, потрібно натиснути на видиму кнопку групи і не відпускати клавішу миші. Через секунду поряд із курсором з'явиться панель, що містить решту кнопок для виклику команд обраного типу (розширена панель команд). Як і раніше, не відпускаючи клавішу миші, потрібно перемістити курсор на кнопку виклику потрібної команди. Після чого обрана кнопка з'явиться на **Инструментальной панели**, а відповідна їй команда буде активізована. Кнопки, що дозволяють викликати розширену панель команд, відмічені маленьким чорним трикутником у правому нижньому куті.

Інструментальна панель **Геометрия** (див. рис. 5.11) забезпечує можливість накреслити будь-яку лінію або фігуру будь-яким стандартним типом лінії, а також виконати штрихування будь-якої ділянки.

Інструментальна панель **Размеры** (рис. 5.12, *а*) містить команди, що дозволяють нанести будь-який тип розміру, що повністю відповідає СКД, написати текст, створити таблицю, а також усі елементи оформлення креслення.

Інструментальна панель **Редактирование** (рис. 5.12, *б*) містить команди, що дозволяють виконувати редагування елементів

креслення − переміщати, масштабувати, копіювати, повертати будь-які об’єкти на кресленні та ін.

Інструментальна панель **Параметризация** (рис. 5.12, *в*) містить команди, що дозволяють створювати параметричні креслення або перетворювати в них раніше створені звичайні креслення.

Інструментальна панель **Измерения (2D)** (рис. 5.12, *г*). Усі побудови в **КОМПАС** виконуються у масштабі 1:1 з високою точністю, що дозволяє проводити різні вимірювання і розрахунки безпосередньо на кресленні. Інструментальна панель містить команди, що забезпечують такі вимірювання − лінійні, кутові, периметри і площі різних геометричних об’єктів та ін.

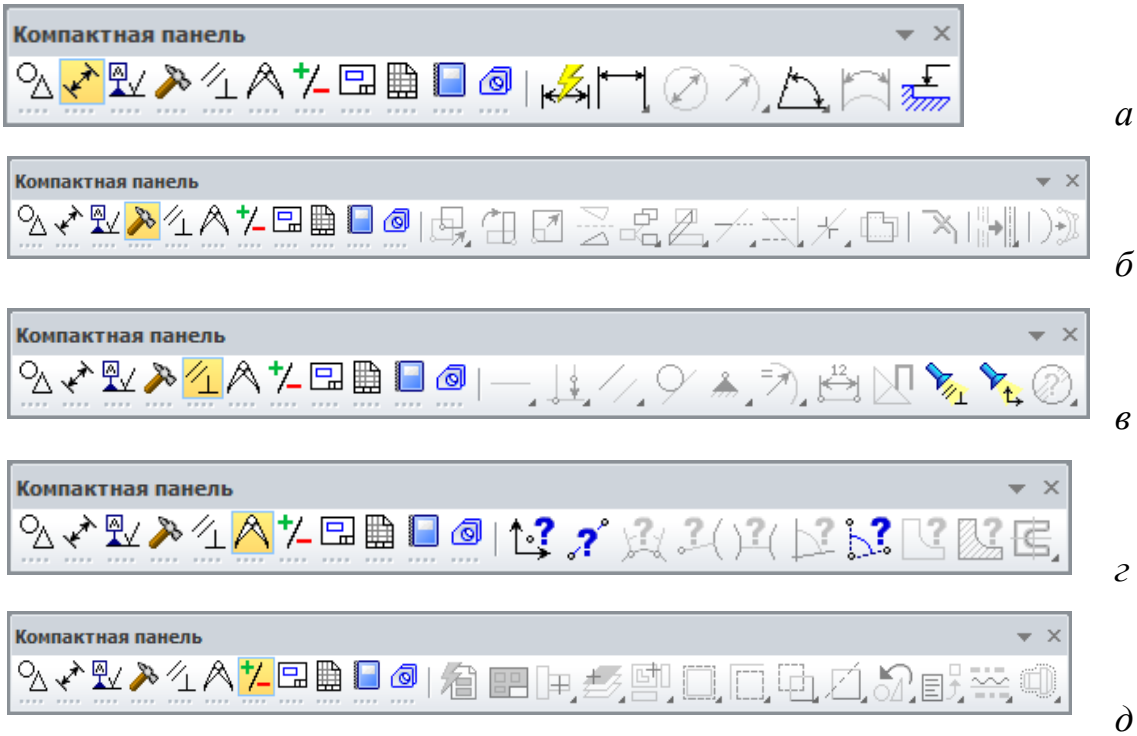


Рисунок 5.12 – Елементи панелі перемикання інструментів

Інструментальна панель **Выделение** (див. рис. 5.12, *д*). Перш ніж проводити будь-які зміни на кресленні, необхідно виділити об’єкти, що підлягають зміні. Для простого виділення об’єкта досить клацнути на ньому мишею. Якщо ж потрібно виділити групу елементів, наприклад, з якоюсь загальною властивістю або розташованих на якійсь частині креслення, одного клацання мишею не

достатньо. Для виконання таких складних виділень і служать команди панелі виділення.

Панель специального управления (рис. 5.13) з'являється на екрані тільки після виклику будь-якої команди і розташована під поточною інструментальною панеллю. Кнопки, розташовані на ній, дозволяють контролювати процес виконання цієї команди.

Рисунок 5.13 – Панель спеціального керування

Зміст **Панели специального управления** залежить від основної команди, викликаної з **Инструментальной панели** і виконуваної в цей момент. Наприклад, на рис. 5.14 зображено зміст **Панели специального управления** в режимі введення відрізків (рис. 5.14, *а*), побудови допоміжної паралельної прямої (рис. 5.14, *б*) і в режимі штрихування ділянок (рис. 5.14, *в*). Деякі кнопки зустрічаються частіше за інші. Так, практично постійно на панелі присутні кнопки **Прервать команду** і **Создать объект** .

Рисунок 5.14 – Варіанти панелі спеціального керування

Вибір команди на **Панели специального управления** здійснюється викликом потрібної команди. Після завершення роботи основної команди **Панель специального управления** автоматично зникає з екрана.

5.4.2 Панелі розширених команд

Більшість команд на сторінках **Инструментальной панели** передбачають декілька варіантів виконання. Наприклад, відрізок у **КОМПАС** може бути побудований декількома різними способами.

За замовчуванням будується відрізок, що проходить через дві вказані точки.

Щоб отримати доступ до інших варіантів побудови відрізків, необхідно викликати на екран **Панель расширенных команд** побудови відрізків (рис. 5.15).

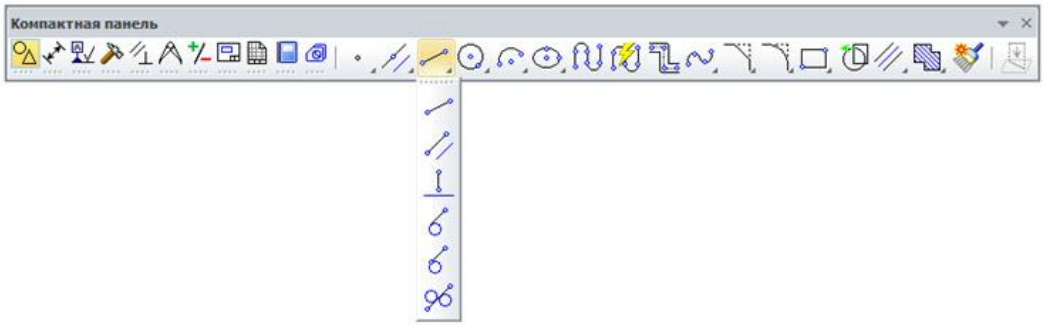


Рисунок 5.15 − Панель розширених команд з увімкнутою панеллю інструментів **Геометрия**

Для виклику **Панели расширенных команд**:

1) обирають кнопку-піктограму відповідної команди лівою клавішею миші та не відпускають її. Через нетривалий час на екрані з'явиться пов'язана з цією кнопкою **Панель расширенных команд**;

2) Після появи панелі для вибору необхідного варіанта команди встановлюють курсор на відповідну кнопку-піктограму панелі і відпускають клавішу миші.

Кнопки-піктограми на сторінках **Инструментальной панели**, що мають **Панели расширенных команд**, помічені чорним трикутником у їх правому нижньому куті.

5.4.3 Панель властивостей

Строка параметров объектов є найважливішим елементом інтерфейсу **КОМПАС**. Як і **Панель специального управления**, вона автоматично з'являється на екрані тільки після виклику будь-якої команди або в режимі редагування об'єктів і розташовується відразу під вікном документа (див. рис. 5.4).

Кожен креслярський об'єкт, що створюється в **КОМПАС**, володіє певним набором параметрів. Наприклад, параметрами

відрізка прямої лінії є координати його початкової і кінцевої точок, довжина, кут нахилу і стиль лінії (рис. 5.16).

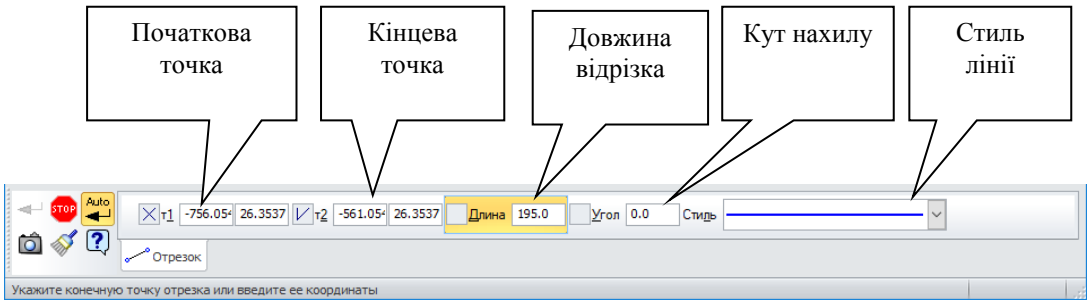


Рисунок 5.16 – **Панель свойств** у режимі введення відрізків

Інші об’єкти (прямокутники, кола, штрихування і т.д.) володіють своїми наборами параметрів. Тому вигляд **Панели свойств** залежить від того, який об’єкт створюється або редагується в цей час. Проте керування будь-яким параметром здійснюється за загальними правилами.

За зовнішнім виглядом кнопки можна судити про стан поля (рис. 5.17). Поле може перебувати в одному з трьох станів: фіксованому, в режимі очікування введення і бути просто доступним для введення.

Під час створення або редагування креслярських об’єктів робота з **Панелью свойств** зводиться до активізації потрібних полів і введення в них потрібних значень. Після введення мінімального набору параметрів, достатніх для побудови об’єкта, система автоматично створює відповідний об’єкт (якщо увімкнений режим Автостворення об’єкта

). Після припинення роботи команди побудови або редагування об’єкта **Панель свойств** автоматично вимикається, і параметри об’єкта стають недоступними.

Рисунок 5.17 – Відображення стану точки

5.5 Керування переміщенням курсора і формою його подання

Поточні координати курсора відображаються в спеціальних полях у правій частині інструментальної панелі **Текущего состояния** (рис. 5.18). Це абсолютні координати курсора, що відлічуються від початку поточної системи координат. Точка початку поточної системи координат відображається на екрані спеціальним системним значком і завжди має абсолютні координати **X = 0; Y = 0**.

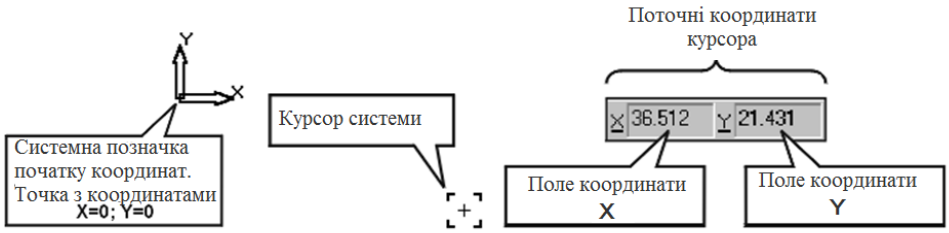


Рисунок 5.18 – Рядок поточного стану

5.6 Переміщення курсора миші

Під час переміщення курсора по документу в різних напрямках, значення поточних координат відносно осей X і Y змінюються у відповідних полях інструментальної панелі **Текущего состояния** X 36.512 Y 21.431. При цьому можна швидко перемістити курсор у будь-яку точку документа. Це основний спосіб переміщення курсора. Проте за допомогою миші неможливо абсолютно точно встановити курсор у потрібну точку, оскільки його координати відстежуються з точністю до трьох знаків після коми, тобто до 1/1000 мм.

Для зміни поточного кроку курсора потрібно в інструментальній панелі **Текущего состояния** обрати **Текущий шаг курсора** (рис. 5.19) та зі списку значень кроків обрати потрібне значення.

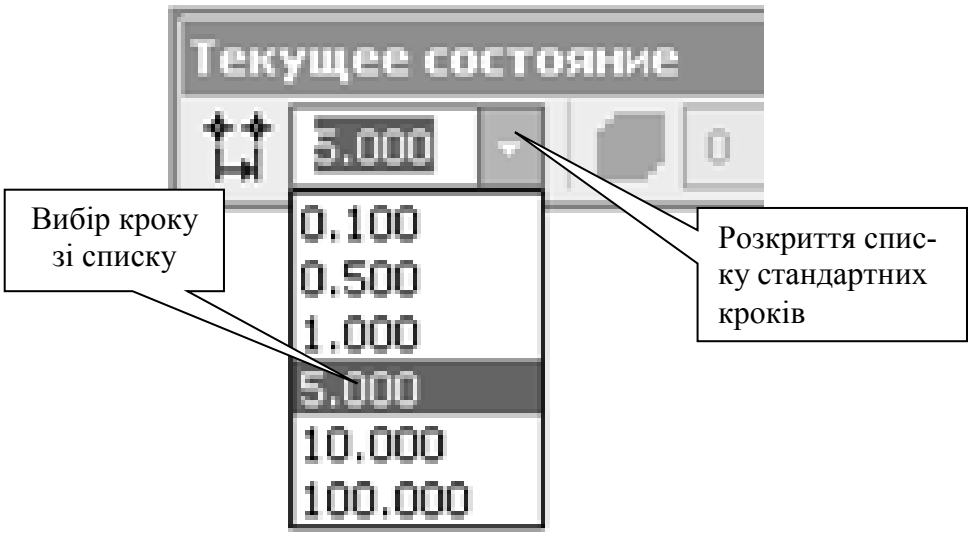


Рисунок 5.19 – Зміни поточного кроку курсора

5.7 Використання прив'язок

5.7.1 Характерні точки геометричних примітивів

У процесі роботи над кресленням у користувача постійно виникає необхідність точно встановити курсор у різні точки елементів, що вже існують на кресленні, іншими словами, виконати прив'язку до точок або об'єктів. Поняття прив'язки нерозривно пов'язане з поняттям характерних точок об'єктів. Такими в **КОМПАС** є точки, що визначають геометрію об'єкта або його положення на кресленні. У таблиці 5.1 наведено основні геометричні об'єкти **КОМПАС** і їх характерні точки.

На рис. 5.20 характерні точки основних геометричних об'єктів, доступні для виконання прив'язок, зображені явно. На звичайному кресленні їх, зрозуміло, не видно.

При виконанні операцій прив'язок на основі характерних точок система може обчислити деякі додаткові точки: середні точки відрізків і дуг, точки перетину і дотику об'єктів і т.д. (рис. 5.21).

КОМПАС дає найрізноманітніші команди прив'язок до характерних точок (граничні точки, центр) і об'єктів (перетин, по нормалі, по напрямках осей координат і т.д.). Ці команди об'єднані в три незалежних групи прив'язок: глобальні, локальні і клавіатурні. Перші два типи прив'язок розглянуто в посібнику.

Таблица 5.1 – Характерні точки геометричних об’єктів, що використовуються для об’єктної прив’язки

Геометричний об’єкт	Характерні точки геометричних об’єктів
Точка	Сама точка
Отрезок	Початок відрізка, кінець відрізка
Дуга	Початок дуги, кінець дуги і центр
Окружность	4 точки квадрантів і центр
Прямоугольник	4 точки в кутах прямокутника
Правильный многоугольник	Точки перетину сторін і центр
Эллипс	Кінцеві точки півосей і центр
Сплайн	Точки перегину сплайна
Ломаная линия	Точки перегину ламаної
Фаска	Початок фаски, кінець фаски
Скругление	Початок дуги, кінець дуги і центр
Строка текста	Точки початку і кінця рядка
Штриховка	Точки в кутах контуру штрихування
Таблица	Початкові і кінцеві точки всіх відрізків

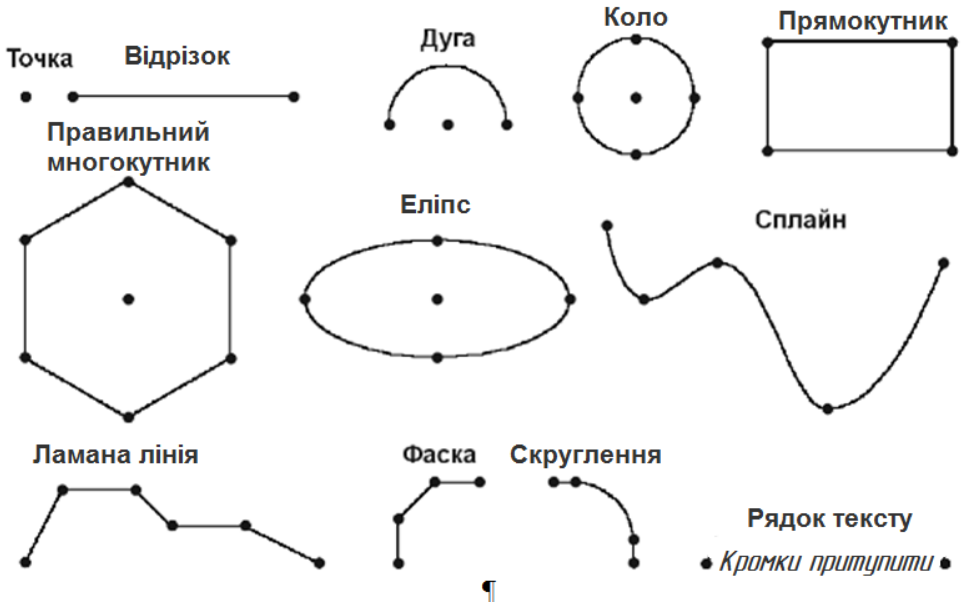


Рисунок 5.20 – Характерні основні точки об’єктних прив’язок

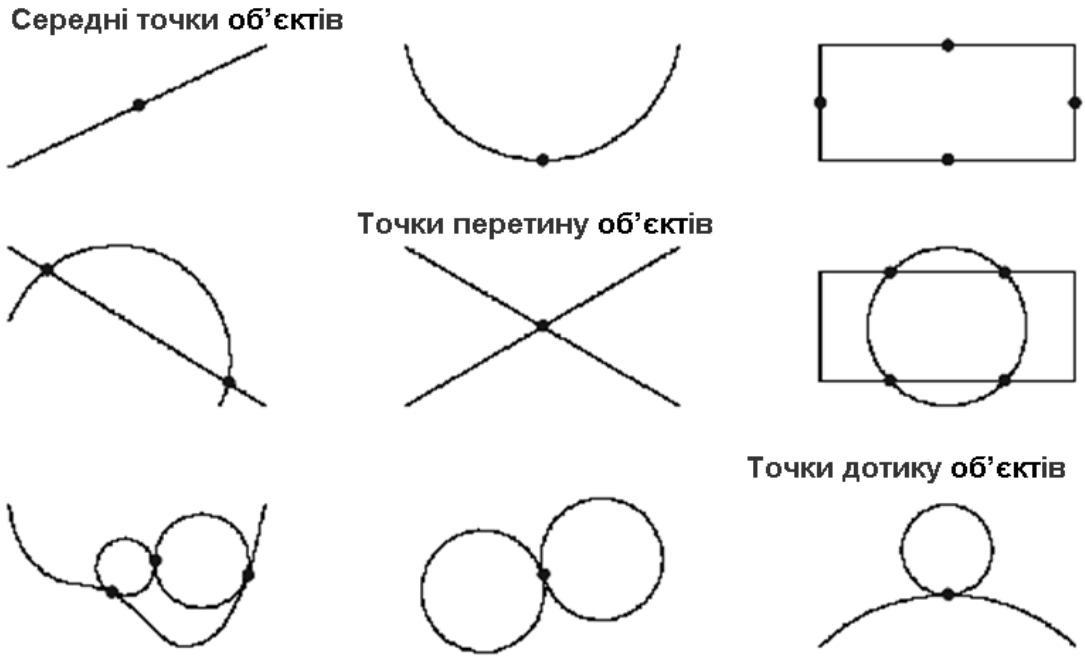


Рисунок 5.21 – Додаткові точки об'єктних прив'язок

5.7.2 Глобальні і локальні прив'язки

Глобальні прив'язки − це перший тип прив'язок, які завжди діють за замовчуванням під час виконання операцій введення і редагування. Наприклад, якщо варіант глобальної прив'язки включений до перетинів, то в разі введення точки система автоматично виконуватиме пошук найближчого перетину об'єктів у межах пастки курсора. Якщо перетин буде знайдено, точка буде зафіксована саме в цьому місці. Важлива особливість глобальних прив'язок полягає в тому, що в **КОМПАС** можна включати декілька різних глобальних прив'язок до об'єктів, і всі вони працюватимуть одночасно. При цьому розрахунок точки виконується «на льоту»: на екрані відображається фантом, що відповідає цій точці, і, за необхідності, текст з ім'ям діючої в цей момент прив'язки.

Кнопка для виклику діалогу налаштувань глобальних прив'язок розташована в **Строке текущего состояния** (рис. 5.22).

Рисунок 5.22 – Виклик команди налаштування глобальних прив'язок

Після натиснення цієї кнопки на екрані з'явиться діалогове вікно **Установка глобальных привязок** (рис. 5.23). Для встановлення потрібної комбінації глобальних прив'язок потрібно увімкнути або вимкнути прапорці в діалоговому вікні. За замовчуванням активна лише прив'язка **Ближайшая точка**.

Перевірка ділянки креслення навколо поточного положення курсора щодо відповідності одному з типів прив'язки здійснюється в тому порядку, в якому вони розташовані в діалоговому вікні, тобто спочатку відшукуються найближчі точки найближчого елемента. Якщо таких точок не існує, то починається відшукування середньої точки найближчого елемента і т.д.

Локальні прив'язки дозволяють виконувати ті самі процедури прив'язки курсора до характерних точок існуючих геометричних об'єктів на кресленні, що й глобальні. Проте вони володіють двома важливими особливостями:

1) локальна прив'язка є пріоритетною, ніж глобальна, тобто під час виклику будь-якої її команди вона переважає встановлені глобальні прив'язки на час своєї дії (до уведення точки або відмови від введення);

2) будь-яка з них виконується тільки для одного (поточного) запиту точки.

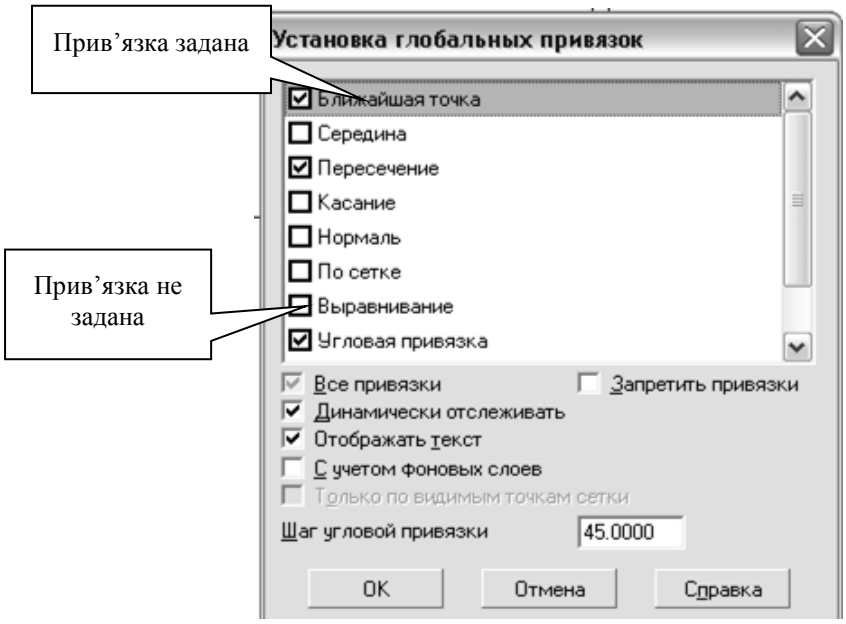


Рисунок 5.23 – Установка глобальних прив’язок

Після введення поточної точки активізована локальна прив’язка вимикається, і система повертається до виконання глобальних прив’язок. Якщо необхідно виконати ще одну локальну прив’язку для чергової точки, доведеться викликати меню локальних прив’язок заново.

Усі локальні прив’язки зібрано в **меню локальных привязок** (рис. 5.24). Для виклику меню на екран під час виконання команди потрібно натиснути правою клавішею миші в будь-якій точці креслення. У контекстному меню, що з’явилося, потрібно встановити курсор на каскадне меню **Привязки**. Після цього розкриється список локальних прив’язок.

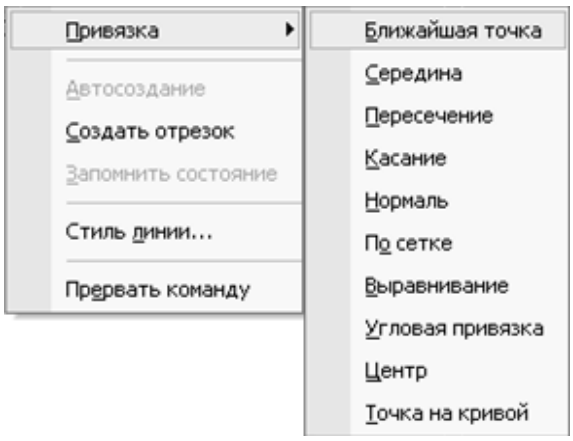


Рисунок 5.24 – Меню локальних прив’язок

Активізація потрібної прив’язки здійснюється після наведення курсора на відповідну команду і натиснення клавіші <Enter>. Після цього меню прив’язок закриється і продовжиться виконання основної команди побудови або редагування об’єкта. Для обчислення поточної точки система виконає конкретно вказану прив’язку. Після спрацьовування прив’язки точка фіксується натисненням лівої клавіші миші.

Під час виконання реальних креслень користувач, звичайно, включає одну або дві глобальні прив’язки, які необхідні частіше за інші. З цієї точки зору найзначніший інтерес становлять прив’язки **Ближайшая точка** та **Пересечение**. Вони потрібні практично постійно. Решта прив’язок активізується в міру необхідності з **меню локальных привязок.**

5.8 Геометричні примітиви

У **КОМПАС** команди викреслювання різних об’єктів доступні через кнопки інструментальної панелі **Геометрия**, або з меню **Инструменты → Геометрия**.

Кнопки команд уведення геометричних об’єктів згруповані за типами об’єктів, введення яких вони викликають (наприклад, група кнопок для введення точок, група кнопок для введення кіл і т.д.). На інструментальній панелі **Геометрия** видимою є тільки одна кнопка з групи. Для того, щоб побачити решту кнопок групи і обрати одну з них, потрібно натиснути на видиму кнопку групи і не відпускати клавішу миші. Через секунду поряд з курсором з’явиться панель, що містить решту кнопок для виклику команд побудови обраного об’єкта (розширена панель команд). Як і раніше, не відпускаючи клавішу миші, переміщають курсор на кнопку виклику потрібної команди і не відпускають клавішу миші. При цьому обрана кнопка з’явиться на інструментальній панелі **Геометрия**, а відповідна їй команда буде активізована.

Кнопки, що дозволяють викликати розширену панель команд, помічені маленьким чорним трикутником у правому нижньому куті.

Введення точки

Точка

Точки перетину двох кривих

Всі точки перетину

Точки по кривій

Точки на заданому уздовж кривої відстані

Безперервне уведення об’єктів

Введення допоміжних прямих

Допоміжна пряма

Горизонтальна пряма

Вертикальна пряма

Паралельна пряма

Перпендикулярна пряма

Дотична пряма через зовнішню точку

Дотична пряма через точку кривої

Пряма, дотична до двох кривих

Бісектриса

Введення відрізка

Відрізок

Паралельний відрізок

Перпендикулярний відрізок

Дотичний відрізок через зовнішню точку

Дотичний відрізок через точку кривої

Відрізок, дотичний до двох кривих

Введення кола

Коло по центру і радіусу

Коло по трьох точках

Коло із центром на елементі

Коло, дотичне до однієї кривої

Коло із центром на елементі

Коло, дотичне до двох кривих

Коло, дотичне до трьох кривих

Коло по двох точках

Введення дуги

Дуга кола

Дуга по трьох точках

Дуга, дотична до кривої

Дуга по двох точках

Дуга по двох точках і куту розтину

Введення еліпса

Еліпс по центру і півосям

Еліпс по діагоналі габаритного прямокутника

Еліпс по центру і вершині габаритного прямокутника

Еліпс по центру, середині сторони і вершині описано-го паралелограма

Еліпс по трьох вершинах описаного паралелограма

Еліпс по центру і трьом точкам

Еліпс, дотичний до двох кривих

Введення кривих ліній

Крива Безье

NURBS-крива

Ламана лінія

Задання фаски

Фаска

Фаска на кутах об’єкта

Задання спряжень

Скруглення

Скруглення на кутах об’єкта

Введення багатокутників

Прямокутник по діагоналі

Прямокутник по центру і вершині

Правильний багатокутник

Штрихування об’єктів

Штрихування

5.9 Редагування креслення

5.9.1 Відміна і повтор дій

У процесі роботи з документом неодноразово допускаються помилки. **КОМПАС** допоможе виправити допущену помилку, відновивши результати попередніх дій.

Кнопка **Отменить**

Для відміни помилково виконаної команди (наприклад, видалили не той об’єкт, який хотіли) обирають у меню **Редактор** команду **Отменить** або натискують відповідну кнопку **Панели управления**.

Система миттєво відновить той стан документа, в якому він перебував до виконання скасованої команди.

Кнопка **Повторить**

Для протилежної дії − повтору команди після її відміни − обирають у меню **Редактор** команду **Повторить** або натискують відповідну кнопку **Панели управления**.

Слід відмітити, що не всі команди можуть бути скасовані і повторені. Це стосується до команд заповнення основного напису, видалення всього вмісту документа і запису документа на диск.

5.9.2 Виділення об’єктів

Під час роботи з кресленням або фрагментом доводиться постійно виконувати різні операції над об’єктами − видаляти їх, копіювати, переміщати, повертати і так далі.

Деякі команди діють так, що після їх запуску потрібно спочатку вказати об’єкти, а потім починати виконувати власне операції над цими об’єктами. Наприклад, саме так працюють команди деформації і видалення ділянки.

Проте більшість команд **КОМПАС** працюють по-іншому − потрібні об’єкти повинні бути відібрані до запуску команди на виконання. Наприклад, операції копіювання і повороту зачіпають саме ті об’єкти, які були виділені перед викликом команди.

КОМПАС дає користувачу найрізноманітніші можливості виділення об’єктів і, відповідно, відміни їх виділення − як за допомогою миші, так і за допомогою команд меню.

Виділені об’єкти відображаються на екрані спеціальним кольором, який можна змінити в діалозі налаштування.

Можна виділяти об’єкти для виконання подальших операцій, не вдаючись до виклику команд меню. Найпростішим і одночасно дуже ефективним способом є виділення за допомогою миші.

Для виділення об’єктів мишею виконайте таке.

1 Підведіть курсор до потрібного об’єкта. Рамка курсора при цьому повинна захоплювати об’єкт.

2 Після натиснення лівою клавішею миші колір об’єкта зміниться. Колір виділених об’єктів установлений в налаштуваннях системи.

3 Для того щоб відмінити виділення об’єкта, натисніть ліву клавішу миші в будь-якому місці поза цим об’єктом. Виділення буде знято, і об’єкт відобразиться своїм нормальним кольором.

4 Якщо необхідно виділити декілька об’єктів, натисніть клавішу <Shift> і утримуйте її натиснутою, одночасно клацаючи лівою клавішею миші на потрібних об’єктах. Після закінчення вибору відпустіть клавішу <Shift>.

Відміняти виділення об’єктів можна аналогічно.

Можна виділити декілька об’єктів іншим способом − за допомогою прямокутної рамки. Встановлюють курсор на вільне місце (так, щоб він не захоплював ніяких об’єктів), натискують ліву клавішу миші і переміщують курсор, утримуючи клавішу натиснутою. На екрані відображатиметься рамка, що розкривається за рухом курсору.

Захопивши декілька об’єктів цією рамкою, відпускають клавішу миші. Всі об’єкти, що цілком потрапили всередину рамки, будуть виділені.

Для виділення покажчиком будь-якого з близько розташованих (зокрема, накладених один на одного) об’єктів служить команда **Перебор объектов** з контекстного меню. Команда доступна в

режимі виділення об’єктів, якщо в «**цель»** курсора потрапляє більше, ніж один об’єкт. Для швидкого виклику команди можна скористатися комбінацією клавіш <Ctrl>+<t>.

Після виклику команди об’єкти можна перебирати, натискаючи клавішу <Пробел> або викликаючи команду **следующий объект** з контекстного меню.

Якщо потрібний об’єкт буде виділений, то для виходу з режиму перебору об’єктів потрібно викликати команду **Закончить перебор объектов** з контекстного меню або перейти до виконання іншої команди.

Після того, як потрібні об’єкти виділені, з ними можна виконувати різні операції − видаляти, переміщати, копіювати, заносити в буфер обміну і т.д.

КОМПАС дозволяє обирати найрізноманітніші об’єкти та їх комбінації за допомогою команд, зібраних на сторінці меню **Выделить.** На цій самій сторінці знаходяться команди для відміни виділення об’єктів.

Після перемикання на іншу команду селектування, виділення з відмічених раніше об’єктів не знімається.

5.9.3 Видалення об’єктів

Крім команд введення і редагування об’єктів, **КОМПАС** дає можливість користувачу використовувати широкий набір засобів видалення.

Видаляти можна як окремі об’єкти, так і довільні їх поєднання. Слід бути уважними під час виділення і подальшого видалення макроелементів, груп, вставок фрагментів та інших складних об’єктів. Не завжди всі примітиви, що входять до складного об’єкта, що видаляється, видно в поточному вікні відображення (наприклад, частина з них знаходиться на вимкнених шарах). Тому можна випадково видалити зайве.

Якщо допущено помилку під час видалення, слід скористатися командою відміни і відновити попередній стан документа.

Дуже часто під час редагування креслення потрібно не видаляти весь елемент, а тільки стерти якусь його частину. **КОМПАС** дає користувачу великий набір засобів для вирівнювання об’єктів по межі, їх зрізання і т.д.

Кнопка **Усечь кривую**

Для зрізання виконують таке.

1 Обирають в меню **Удалить** команду **Часть кривой** або натискують відповідну кнопку на **Инструментальной панели Редактирования**.

2 Указують курсором частину геометричного об’єкта, яку необхідно видалити (зрізати).

Кнопка **Усечь кривую двумя точками**

Для видалення частини об’єкта, обмеженої двома явно заданими точками, виконують таке.

1 Натискують кнопку **Усечь кривую двумя точками.**

2 Указують курсором геометричний об’єкт для операції.

3 Послідовно вказують дві точки, що обмежують ту частину кривої, яку слід видалити. Не обов’язково вказувати точки, точно розташовані на об’єкті.

4 Указують точку всередині ділянки, що видаляється.

Під час виконання цієї операції необхідно використовувати команди об’єктної прив’язки.

Вирівнювати декілька об’єктів за вказаною межею часто потрібно під час побудови тіл обертання, а також у багатьох інших випадках. Для цього виконують таке.

Кнопка **Выровнять по границе**

1 Натискують кнопку **Выровнять по границе.**

2 Як межу указують криву (після вказання вона підсвічуватиметься).

3 Послідовно вказують курсором на лінії, які повинні бути вирівняні відносно межі.

5.9.4 Редагування об’єктів

КОМПАС дозволяє надзвичайно легко змінити конфігурацію об’єкта, перетягнувши його характерну точку. Встановлюючи курсор на об’єкт (наприклад, на коло), натиснути ліву клавішу миші − об’єкт виділяється кольором, і його характерні точки стають доступними (див. рис. 5.1).

Установлюють курсор на одну з точок (при цьому зовнішній вигляд курсора зміниться на чотиристоронню стрілку), натисніть ліву клавішу миші і, не відпускаючи її, перемістять курсор. Об’єкт починає змінювати свій радіус або положення (якщо перетягується центральна точка). Для зручності редагування на екрані відображається фантом об’єкта. Після того, як досягнуто потрібне положення точки, що перетягується, відпускають ліву клавішу миші. Якщо виділення об’єкта знімається, зникають і його характерні точки.

На сторінці меню **Операции** знаходяться команди для виконання різних операцій редагування над об’єктами креслень і фрагментів − зрушення, повороту, симетрії, копіювання, об’єднання в групу, призначення атрибутів і т.д

Кнопка **Сдвиг**

Команда **Сдвиг** дозволяє виконати зрушення виділених об’єктів активного документа. Якщо жоден елемент не виділений, команда буде недоступна. Для швидкого переходу до команди потрібно натиснути кнопку **Сдвиг Инструментальной панели Редактирования.**

Вектор зрушення визначатиметься старим і новим положенням базової точки. Після зазначення нового положення базової точки виділені елементи автоматично зрушуються.

Можна задати видалення або збереження початкових виділених об’єктів після виконання операції. Для цього використовують відповідну кнопку в **Строке параметров объектов.**

1) Оставить исходные объекты

2) Удалить исходные объекты

Кнопка **Поворот**

Команда **Поворот** дозволяє виконати поворот виділених об’єктів активного документа. Якщо жоден елемент не виділений, команда буде недоступна. Для швидкого переходу до команди натискують кнопку **Поворот Инструментальной панели Редактирование.**

Після виклику команди необхідно вказати центр повороту і базову точку. Після фіксації нового положення базової точки, виділені елементи автоматично повертаються.

Можна задати видалення або збереження початкових виділених об’єктів після виконання операції. Для цього використовується відповідна кнопка в **Строке параметров объектов.**

Кнопка **Масштабирование**

Команда **Масштабирование** дозволяє виконати масштабування виділених об’єктів активного документа. Якщо жоден елемент не виділений, команда буде не доступна. Для швидкого переходу до команди потрібно натиснути кнопку **Масштабирование Инструментальной панели Редактирование.**

Задайте у відповідних полях введення **Строки параметров объектов** потрібні значення коефіцієнтів масштабування виділених об’єктів у напрямку осей X і Y поточної системи координат. Можна встановити різні коефіцієнти масштабування по осях X і Y. Якщо серед виділених об’єктів є кола або дуги кіл, може бути задано тільки одне значення масштабу.

Після цього потрібно зафіксувати курсор у точці центру масштабування, що приведе до негайного виконання операції. Можна також увести координати точки центру масштабування в **Строке параметров объектов.**

Можна задати видалення або збереження початкових виділених об’єктів після виконання операції. Для цього використовують відповідну кнопку в **Строке параметров объектов.**

Кнопка **Симметрия**

Команда **Симметрия** дозволяє симетрично відобразити виділені об’єкти активного документа. Якщо жоден елемент не виділений, команда буде не доступна. Для швидкого переходу до команди

потрібно натиснути кнопку **Симметрия Инструментальной панели Редактирование**.

Послідовно вказується перша і друга точки осі симетрії та явно задаються її параметри (кут нахилу, координати точок і т.д.) після введення їх в полях **Строки параметров объектов**.

Для використання побудованих раніше відрізка або прямої, як вісь симетрії потрібно натиснути кнопку **Выбор объекта** на **Панели специального управления**, а потім указати курсором потрібний елемент.

Можна задати видалення або збереження початкових виділених об'єктів після виконання операції. Для цього використовують відповідну кнопку в **Строке параметров объектов**.

Кнопка **Копия**

Команда **Копия** дозволяє виконати копіювання виділених об'єктів активного документа. Команда буде не доступна, якщо жоден елемент не виділений, або якщо виділені повністю види креслення. Виділені об'єкти копіюються в свої види і на свої шари. Для швидкого переходу до команди натиснути кнопку **Копия Инструментальной панели Редактирование**.

Задайте базову точку для копіювання, а потім вкажіть її нове положення. Можна явно задати параметри копіювання (кут повороту і масштаб копії, координати базової точки і її нового положення і т.д.), ввівши їх в полях **Строки параметров объектов**.

Після фіксації нового положення базової точки система копіює виділені елементи і чекає вказання наступного місця для копіювання.

Кнопка **Деформация сдвигом**

Команда **Деформация сдвигом** дозволяє виконати деформацію об'єктів активного документа. Попередній вибір об'єктів, що підлягають деформації, виконувати не потрібно. Для швидкого переходу до команди натиснути кнопку **Деформация Инструментальной панели**.

Вказують послідовно першу і другу точки габаритного прямокутника, який повинен захопити ділянку, що деформується (вона підсвічуватиметься після захоплення).

Задають базову точку для деформації, а потім фіксують її нове положення. Можна явно задати координати базової точки, а також величини переміщень, увівши їх у відповідних полях **Строки параметров объектов**. Після фіксації нового положення базової точки буде виконане переналаштування.

Для повторного вибору об’єктів, що підлягають деформації, натиснути кнопку **Новый прямоугольник** на **Панели специального управления**, а потім вказати курсором габаритні точки прямокутника.

Для того щоб відмінити деформацію помилково обраного об’єкта, додатково вказують об’єкт, натиснувши кнопку **Исключить/добавить объект** на **Панели специального управления**, а потім вказують курсором потрібний елемент.

Відмовитися від виконання команд: **Сдвиг, Оставить исходные объекты**, **Удалить исходные объекты, Поворот, Масштабирование, Симметрия, Копия, Деформация сдвигом** можна, натиснувши клавішу <Esc> або кнопку **Прервать команду** на **Панели специального управления**.

5.10 Нанесення штрихування

Команда **Штриховка** на сторінці **Геометрия** дозволяє заштрихувати одну або декілька ділянок в поточному вигляді креслення або фрагмента. За замовчуванням очікується введення точки для автоматичного визначення меж штрихованої ділянки, усередині якої вказана точка. Після задання меж штрихування виконується її попередня побудова. До фіксації штрихування можна змінити її параметри (крок штрихування, кут нахилу, базову точку і поточний стиль), задаючи потрібні значення в полях рядка параметрів об’єктів (рис. 5.25).

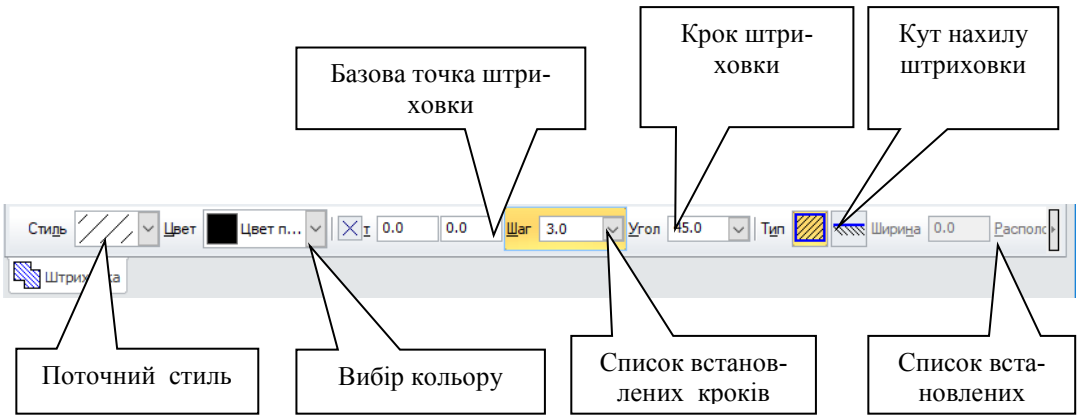


Рисунок 5.25 – Рядок параметрів об’єктів для штрихування об’єктів

Після виклику команди на панелі спеціального керування відображаються декілька кнопок. Використовуючи їх, можна задавати межі штрихування різними способами (рис. 5.26).

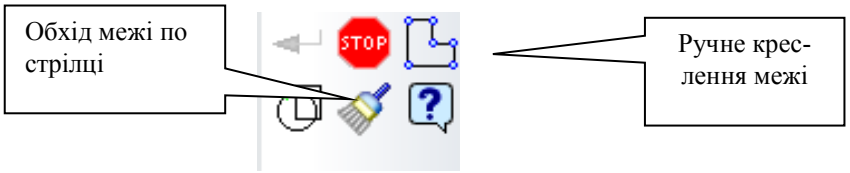


Рисунок 5.26 – Панель спеціального керування для штрихування об’єктів

Для зазначення меж існуючих геометричних об’єктів, натиснути праву клавішу миші на полі документа. На екрані з’явиться контекстне меню з різними варіантами зазначення об’єктів (рис. 8.4). За допомогою команд цього меню можна набирати межі штрихування з вигляду креслення або фрагмента. Для виходу з меню натиснути клавішу <Esc> або кнопку **Прервать команду** на панелі спеціального керування.

Для зміни стилю штрихування з контекстного меню (див. рис. 5.27) викликають команду **Текущий стиль** в рядку параметрів об’єктів. На екран буде виведений діалог вибору стилю (рис. 5.28).

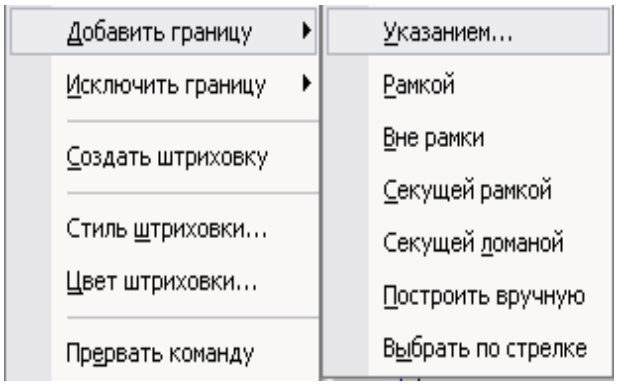


Рисунок 5.27 – Контекстне меню для вказання меж під час нанесення штрихування

Щоб зафіксувати одержане штрихування і перейти до побудови наступного, натиснути кнопку **Создать объект** на панелі спеціального керування. Для завершення введення штрихувань натиснути клавішу <Esc> або кнопку **Прервать команду** на панелі спеціального керування.

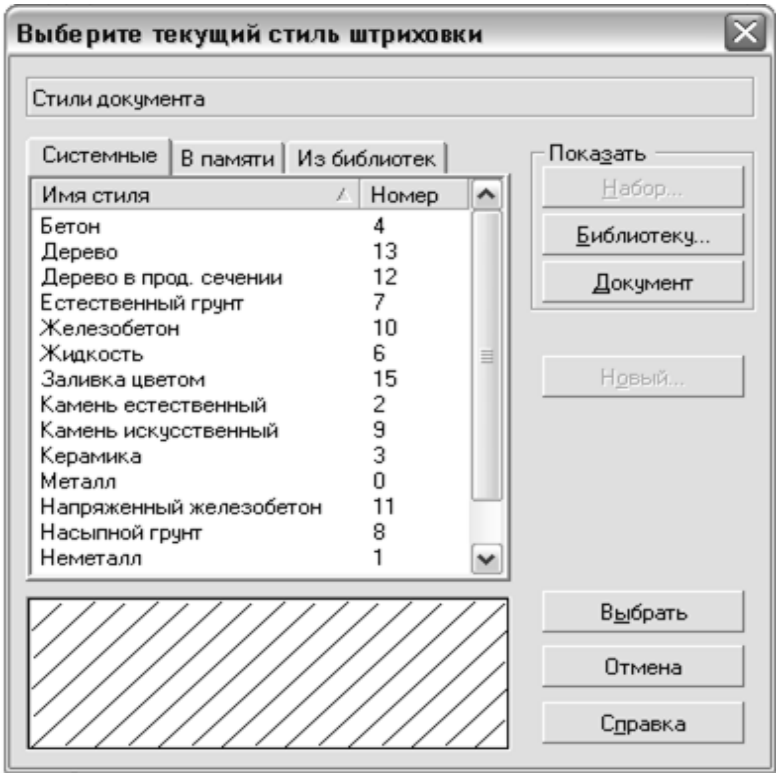


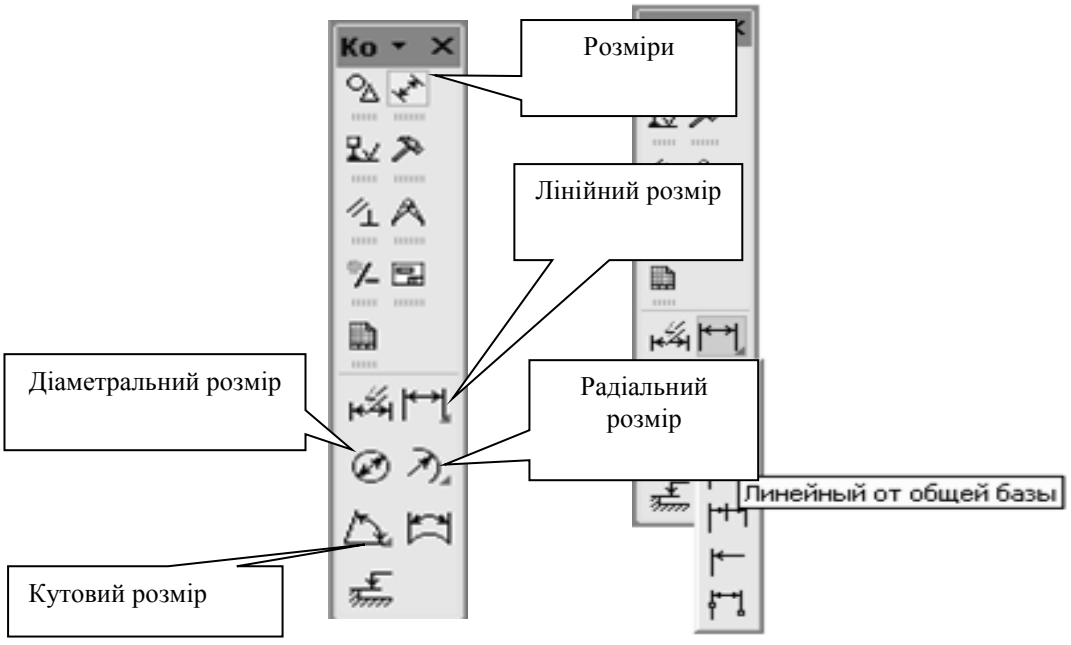
Рисунок 5.28 – Вибір поточного стилю штриховки

5.11 Нанесення розмірів

КОМПАС підтримує всі передбачені СКД типи розмірів: лінійні, діаметральні, кутові і радіальні. Кнопки виклику відповідних команд розташовані на сторінці **Размеры** інструментальної панелі (рис. 5.29, *а*).

На панелях розширених команд розташовуються різні додаткові варіанти нанесення розмірів. На рис. 5.29, *б* зображено панель розширених команд уведення лінійних розмірів. Вона містить лінійний розмір з обривом, лінійні розміри від загальної бази, ланцюговий лінійний розмір, лінійний розмір із загальною виносною лінією, розмір висоти. Кнопки **Радиальный размер** і **Угловой размер** мають свої панелі розширених команд.

КОМПАС дозволяє значно скоротити час нанесення розмірів за рахунок автоматичного вимірювання їх значень (за умови точного виконання геометричних побудов). Саме тому слід акуратно вводити координати точок відрізків, кіл, дуг і т.д., використовувати механізми клавіатурних, локальних і глобальних прив'язок.



а *б*

Рисунок 5.29 – Інструментальна панель нанесення розміру **Размеры**

При нанесенні розмірів слід враховувати вимоги додавання до розмірного числа допусків, відображення яких задається в параметрах при нанесенні розмірів (рис. 5.30).

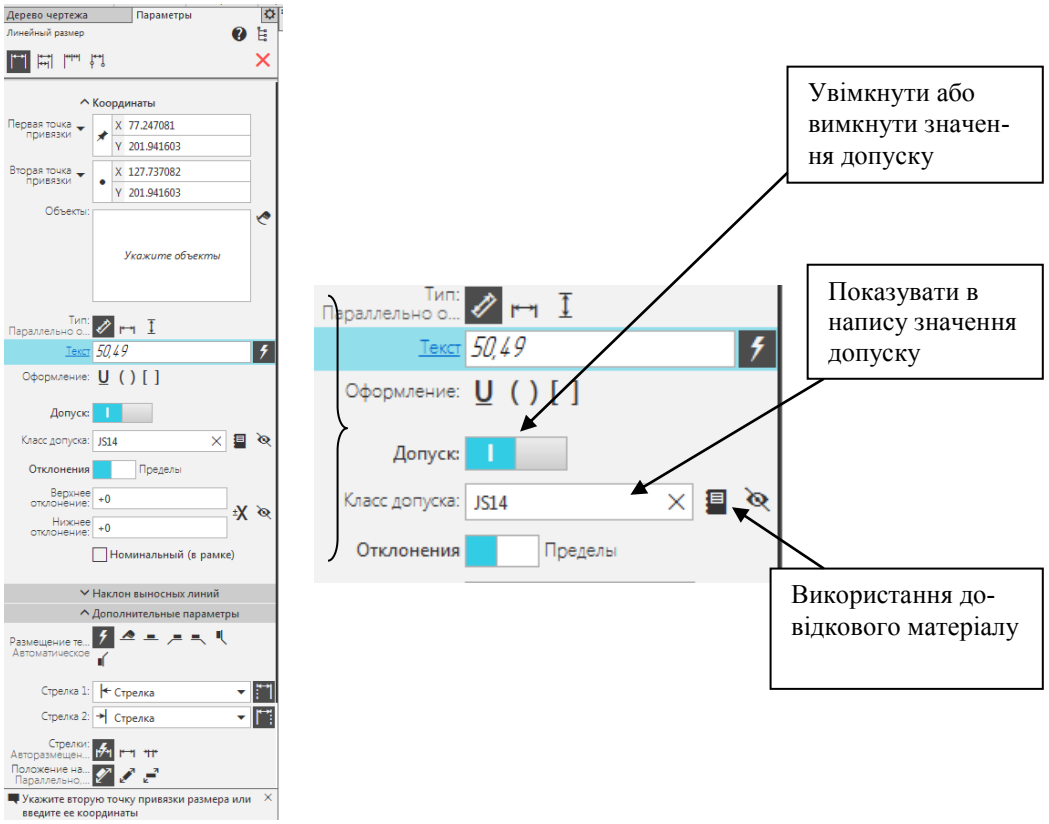


Рисунок 5.30 – Панель параметрів нанесення розмірів

5.11.1 Нанесення лінійних розмірів

Порядок введення лінійних розмірів і використання параметрів розмірів є єдиними для різних типів. Для нанесення лінійного розміру виконують такі дії.

1) Викликають команду **Линейный размер** на панелі **Размеры** інструментальної панелі), або з основного меню **Инструменты → Размеры → Линейный размер.** Ця команда дозволяє ввести один або декілька лінійних розмірів. Після активізації команди нанесення лінійних розмірів на **Панели свойств** відкривається вкладка **Размер,** в якій відображаються різні поля і кнопки, за допомогою яких можна вводити характерні точки розміру, керувати його орієнтацією і змістом розмірного напису (рис. 5.31).

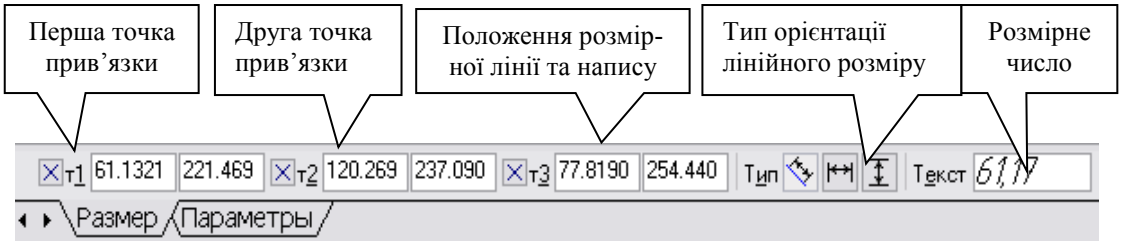


Рисунок 5.31 – Панель властивостей для лінійних розмірів при включеній вкладці **Размеры**

2) Натиснути на кнопку **Выбор базового объекта** на панелі спеціального керування.

3) У відповідь на запит системи **Укажите отрезок, дугу или сплайн для простановки размера** вказують за допомогою курсора миші на будь-яку точку відрізка р1-р2. Система автоматично визначила точки прив'язки розміру і його орієнтацію (рис. 5.32).

4) У результаті плавного переміщення курсора у вертикальному напрямку з'явиться фантом горизонтального розміру, що будується. В даний момент система очікує указання точки на розмірній лінії. Після указання курсором миші на таку відстань від контуру, що приблизно відповідає відстані на рис. 5.32, система побудує потрібний розмір, команда залишиться в активному стані.

Для нанесення похилого розміру 25,54 мм (рис. 5.32) натиснути на кнопку **Выбор базового объекта** і вказують курсором на будь-яку точку відрізка р3 − р4. Після чого потрібно скористатися кнопками задання орієнтації розміру у рядку параметрів.

1) Після введення розміру **Параллельно объекту** система перейде в режим побудови похилого розміру.

Для побудови вертикального розміру 10 мм (рис. 5.33) вказують базові точки р6 і р7, оскільки вони належать різним об'єктам.

2) У відповідь на запит системи: **Укажите первую точку привязки размера или введите ее координаты** виконують прив'язку і фіксують точку р6.

3) У відповідь на запит: **Укажите вторую точку привязки размера или введите ее координаты** виконують прив’язку і фіксують точку р7. Після чого задають положення розмірної лінії.

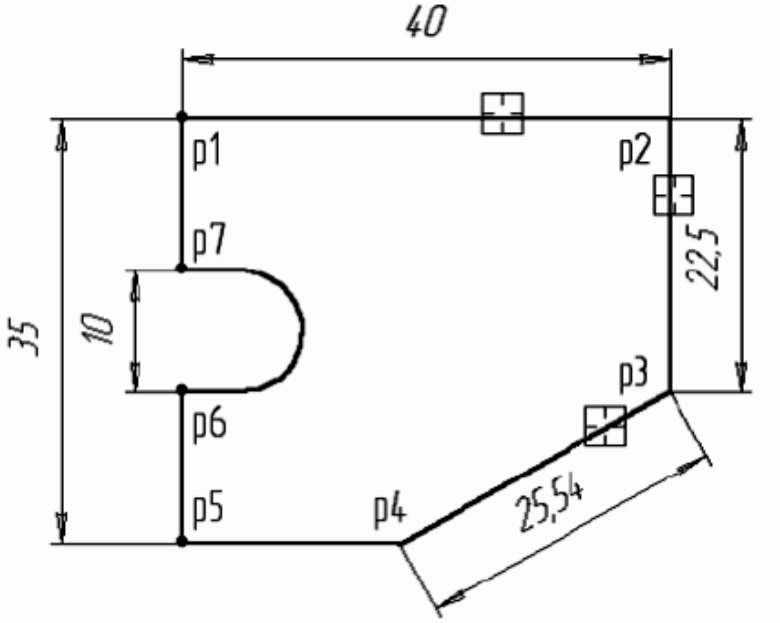


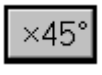
Рисунок 5.32 – Приклад нанесення лінійних розмірів

Для побудови радіальних, діаметральних, кутових розмірів і т.д. потрібно вводити додаткові позначки, які позначають тип розміру для чого слід виконати додаткові налаштування.

1) Обирають в полі розмірного напису в **Ряд параметров**. На екрані з’явиться діалогове вікно **Задание размерной надписи** (рис. 5.34).

2) Обирають кнопку позначка діаметра в групі **Символ**.

У нижній частині діалогового вікна поданий поточний зовнішній вигляд розмірного напису (рис. 5.33).

Фаска на поверхнях обертання наноситься на заданому розмірі. Для цього в діалоговому вікні **Задание размерной надписи** обирають кут фаски 

праворуч від текстового поля **Текст после**. Після чого система автоматично введе в текстове поле потрібні дані.

Після того, як текст розмірного напису сформований правильно, натиснути кнопку **ОК**.

Мілкий крок різі, наприклад М42х1,5, також задається за

допомогою введення тексту в полі **Текст после**. У це поле можна вводити будь-який текст, який повинен розміщуватись за основним текстом розмірного напису.

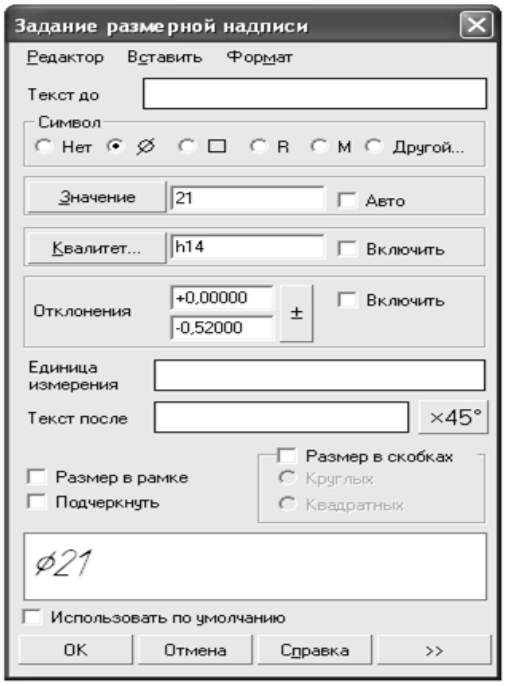


Рисунок 5.33 – Діалогове вікно для завдання розмірного напису

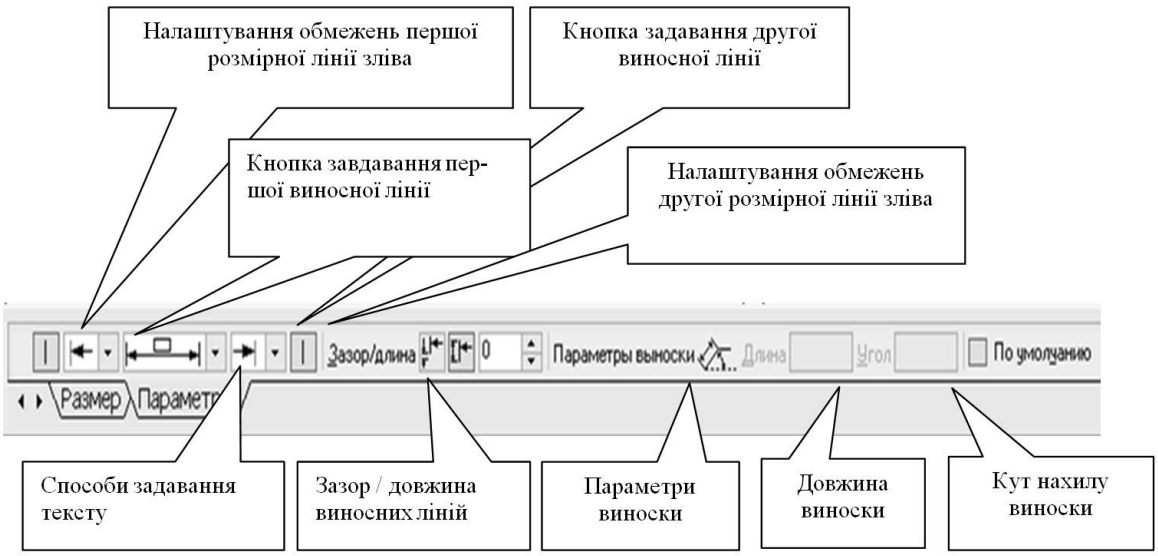


Рисунок 5.34 − Панель властивостей для лінійних розмірів при увімкненій вкладці **Параметры**

Вихід із команди нанесення розмірів виконується повторним натисненням на кнопку **Линейный размер** на сторінці інструментальної панелі **Размеры** або на кнопку **Прервать команду** на панелі спеціального керування.

Під час нанесення лінійних розмірів є можливість налаштовувати параметри розмірних та виносних ліній, для чого викликають вкладку **Параметры** (див. рис. 5.34).

За допомогою кнопок задання першої та другої виносних ліній під час нанесення лінійного розміру налаштовують стрілки (рис. 5.35)

Рисунок 5.35 – Настроювання стрілок на розмірних лініях

Для зміни розташування розмірного тексту відносно розмірної лінії використовують **Способы задания текста** (рис. 5.36).

Для автоматичного режиму розмірний текст розташовується посередині розмірної лінії, або виноситься за одну з виносних ліній на відстань, що налаштована в діалоговому вікні **Параметры → Новые документы → Размеры → Параметры** для нових документів або **Параметры → Текущий чертеж → Размеры → Параметры** для поточного документа (рис. 5.36).

Рисунок 5.36 – Налаштування розташування розмірного тексту

Ручний режим дозволяє під час нанесення розмірного тексту самостійно обирати його розташування відносно виносних ліній та відстань від тексту до виносних ліній. Для розмірного тексту, який треба розташувати на полиці, існують такі чотири режими (рис. 5.37), за яких розмірний текст розташовується відповідно до вказаної схеми, а якщо лінія виноски збігається з розмірною лінією, то розташування тексту виконується як і для ручного режиму.

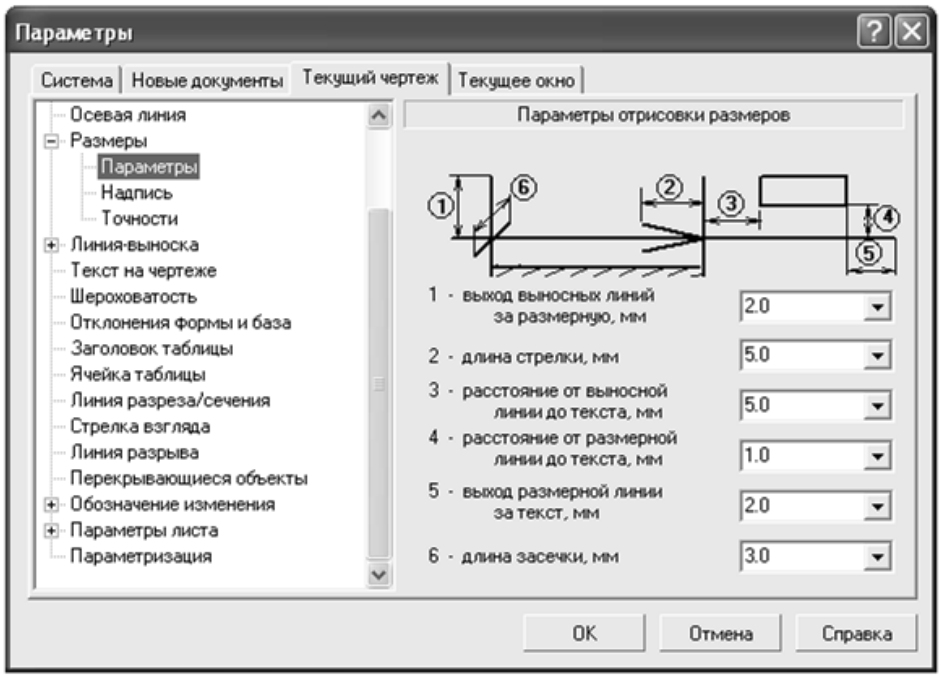


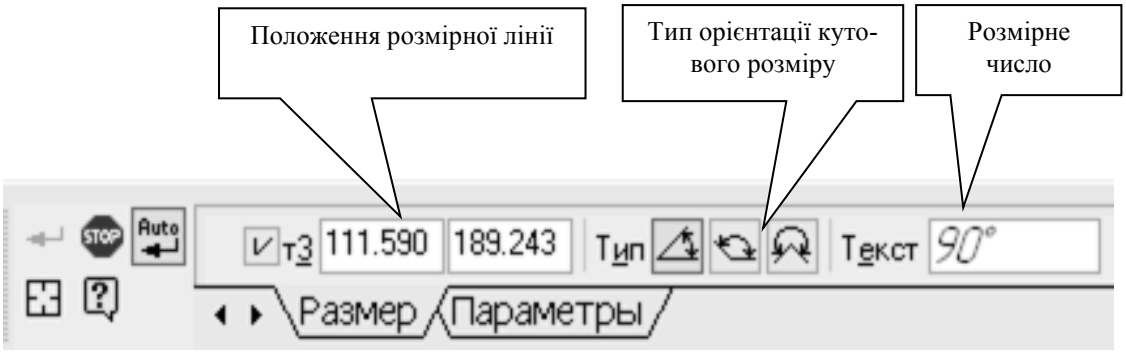
Рисунок 5.37 – Налаштування параметрів відображення розмірів.

5.11.2 Нанесення кутових розмірів

Команди цієї групи дозволяють увести один або декілька кутових розмірів. У **КОМПАС** підтримуються всі передбачені СКД типи кутових розмірів: кутовий розмір; розмір від загальної бази; ланцюговий; розмір із загальною розмірною лінією; розмір з обривом. За замовчуванням система виконує побудову простого кутового розміру (рис. 5.38, *а*). Інші варіанти нанесення кутових розмірів знаходяться на панелі розширених команд (рис. 5.39, *б*).

Порядок уведення кутових розмірів, використання параметрів і керування розмірним написом єдиний для різних типів і практично не відрізняється від уведення лінійних розмірів. Для побудови розміру необхідно послідовно вказати два відрізки, між якими слід проставити розмір, а потім задати положення розмірної лінії і напису. В разі активізації команди нанесення кутових розмірів на **Панели свойств** відкривається закладка **Размер,** у якій встановлюються **Положение размерной линии и надписи, Тип ориентации углового размера, Размерная надпись** (рис. 5.40)

Рисунок 5.38 – Вибір кутового розміру з інструментальної панелі



.

Рисунок 5.39 – Панель властивостей для кутових розмірів при включеній вкладці **Размеры**

Під час нанесення кутових розмірів є можливість налаштувати параметри розмірних та виносних ліній, для чого обирають вкладку **Параметры** на **Панели свойств** (рис. 5.40).

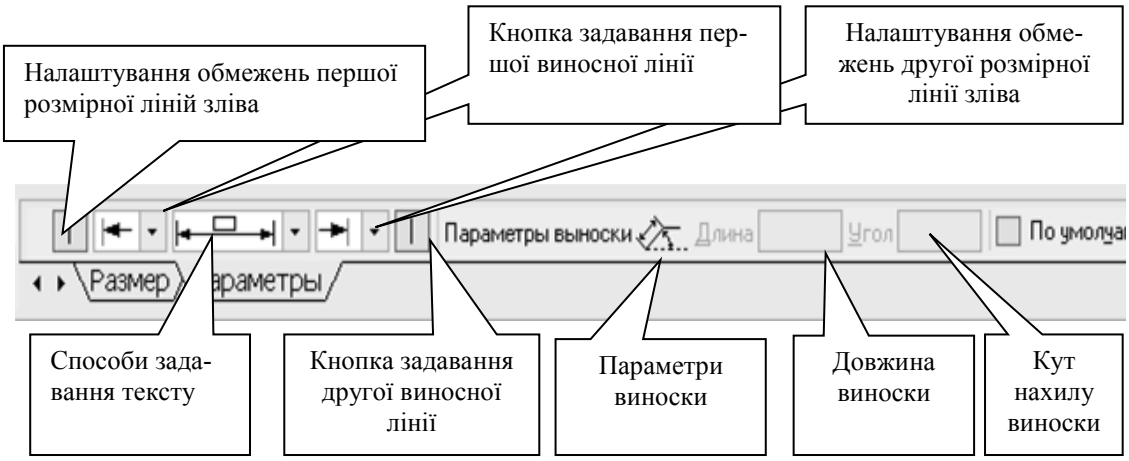


Рисунок 5.40 − Панель властивостей для кутових розмірів при увімкненій вкладці **Параметры**

За допомогою кнопок задання першої та другої виносних ліній під час нанесення кутового розміру налаштовуються стрілки (див. рис. 5.35).

Для зміни розташування розмірного тексту відносно розмірної лінії використовують **Способы задания текста** (рис. 5.36).

5.11.3 Нанесення діаметральних розмірів

Для нанесення одного або декількох діаметральних розмірів необхідно викликати команду **Диаметральный размер** на інструментальній панелі (рис. 5.41), або з основного меню **Инструменты → Размеры → Диаметральный размер.**

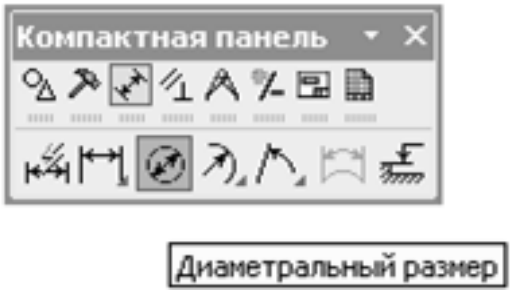


Рисунок 5.41 − Вибір діаметрального розміру з інструментальної панелі

Під час нанесення діаметрального розміру вказують курсором базове коло або дугу, а потім фіксують положення розмірного напису. В результаті активізації команди нанесення діаметральних розмірів на **Панели свойств** відкривається вкладка **Размер,** в якій встановлюються **Положение размерной линии и надписи, Тип диаметрального размера, Размерная надпись (**рис. 5.42.) Для виклику діалогу, в якому можна задати або змінити оформлення розміру (нанесення напису на виносній полиці, тип стрілок і т.д.), обирають вкладку **Параметры** на **Панели свойств** (див. рис. 5.43).

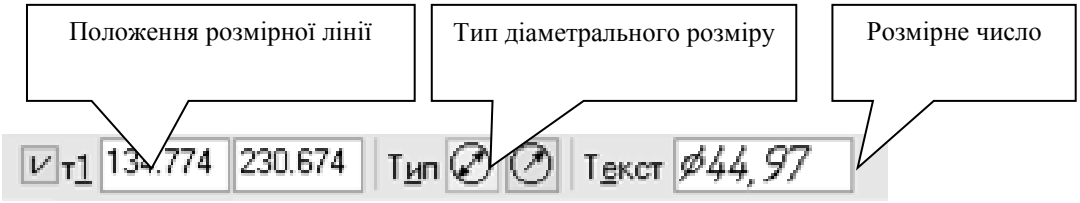


Рисунок 5.42 − Редагування розмірного напису для діаметральних розмірів

Якщо для нанесення розміру потрібно заново вказати коло або дугу, натисніть кнопку **Выбор объекта**, а потім вкажіть курсором потрібний елемент. Для виклику діалогу введення і редагування розмірного напису клацніть лівою клавішею миші на полі **Размерная надпись** у рядку параметрів об’єктів, перш ніж зафіксува-

ти розмір (рис. 5.42). Кнопка **Тип диаметрального размера** задає повну розмірну лінію або лінію з розривом.

5.11.4 Нанесення радіальних розмірів

Кнопка **Радиальный размер** на інструментальній панелі, або з основного меню **Инструменты → Размеры → Радиальный размер** дозволяє ввести один або декілька радіальних розмірів (рис. 5.43). Для побудови розміру необхідно вказати базове коло або дугу, а потім положення розмірного напису.

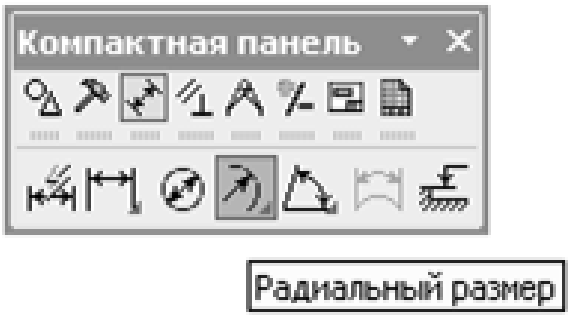


Рисунок 5.43 - Вибір радіального розміру з інструментальної панелі

У результаті активізації команди нанесення радіальних розмірів на **Панели свойств** відкривається вкладка **Размер**, у якій встановлюються **Положение размерной линии и надписи, Тип диаметрального размера, Размерная надпись** (рис. 5.44).

Для виклику діалогу, в якому можна задати або змінити оформлення розміру (нанесення напису на виносній полиці, тип стрілок і т.д.), обирають вкладку **Параметры** на **Панели свойств** (див. рис. 5.44).

Рисунок 5.44 − Редагування розмірного напису для діаметральних розмірів

Контрольні запитання

1. Як запустити систему **КОМПАС**
2. Призначення **Панели управления**.
3. Призначення **Компактной панели**.
4. Призначення **Окна работы с переменными и уравнениями**.
5. Призначення **Менеджера библиотек**.
6. Призначення **Панели свойств**.
7. Призначення **Строки сообщений**.
8. Як задати документ **фрагмент**?
9. Чим відрізняється документ **чертеж** від документа **фрагмент**?
10. Як змінити формат поточного креслення?
11. Як змінити формат новостворюваних креслень?
12. Призначення **Панели инструментов текущее состояние**.
13. Як видалити та вставити в **Компактную панель** будь-яку інструментальну панель?
14. Призначення інструментальної панелі **Геометрия**.
15. Призначення інструментальної панелі **Размеры**.
16. Призначення інструментальної панелі **Редактирование**.
17. Призначення інструментальної панелі **Параметризация**.
18. Призначення інструментальної панелі **Выделение**.
19. Призначення **Панели специального управления**.
20. Як викликати **Панель расширенных команд**?
21. Призначення **Панели свойств**.
22. Перелічте способи побудови кола.
23. Перелічте способи побудови дуги.
24. Перелічте способи побудови еліпса
25. Як задати глобальні прив’язки ?
26. Як задати локальні прив’язки ?
27. Укажіть способи виділення одного та декількох об’єктів.
28. Перелічте способи видалення частини об’єкта.

29. Призначення команди **Сдвиг**. Як відмовитися від виконання команди?

30. Як виконати переміщення об’єкта з поворотом одночасно?

31. Призначення команди **Масштабирование**.

32. Призначення команди **Симметрия**.

33. Як викликати команду **Штриховка**?

34. Як Укажіть межі геометричних об’єктів для нанесення штрихування?

35. Як обрати нанесення штрихування вручну?

36. На що вказує базова точка штриховки?

37. Як зафіксувати отримане штрихування?

38. Як налаштувати крок та кут нахилу штрихування?

39. Як виконати налаштування системи для нанесення розмірів?

40. Укажіть етапи нанесення лінійних розмірів.

41. Як змінити орієнтацію під час нанесення лінійного розміру?

42. Укажіть етапи нанесення радіальних розмірів.

43. Як Укажіть вибір базового об’єкта під час нанесення радіального розміру?

44. Як підтвердити команду під час нанесення радіального розміру?

45. Як перервати команду нанесення радіального розміру?

6 МОДЕЛЮВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЕОМ

6.1 Моделювання деталей циліндричних зубчастих передач КОМПАС-SHAFT 2D

Система **КОМПАС-SHAFT 2D** призначена для параметричного проектування:

- валів і втулок;
- циліндричних і конічних шестерень;
- черв'ячних коліс і черв'яків;
- шківів клінопасових і зубчастопасових передач;
- зірочок ланцюгових передач.

На простих рівнях моделі можуть бути змодельовані шліцьові, різьбові і шпонкові ділянки, а також інші конструктивні елементи: канавки, проточки, пази, лиски і т.д. Складність моделі і кількість рівнів є не обмеженими. Для циліндричних ділянок зовнішнього і внутрішнього контурів можуть бути підібрані підшипники.

Параметричні моделі зберігаються безпосередньо в кресленні і доступні для подальшого редагування засобами **КОМПАС-SHAFT 2D**.

У процесі створення моделі можуть бути виконані розрахунки:

- елементів механічних передач;
- валів і підшипників, змодельованих у **КОМПАС-SHAFT 2D;**
- шліців, що є конструктивним елементом моделі **КОМПАС-SHAFT 2D.**

За допомогою **КОМПАС-SHAFT 2D** можливе виконання окремих рівнів вала, зубчастих коліс, шківів і т.д.

Для побудови нової моделі використовують необхідний режим роботи системи **Построение модели**, що обирають з меню менеджера бібліотек (рис. 6.1).

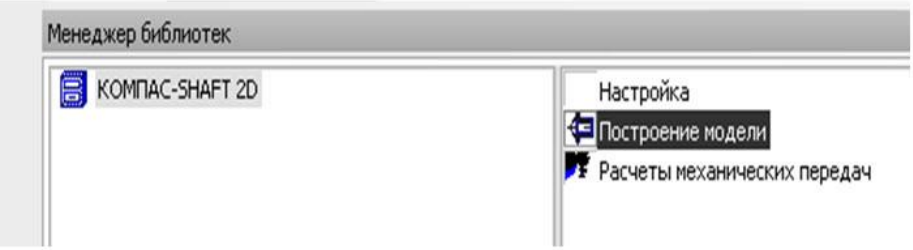


Рисунок 6.1 – Обрання необхідного режиму роботи системи

У панелі керування вікна модуля, що відкрилося **КОМПАС-SHAFT 2D**, обирають кнопку виклику команди – **Новая модель** (рис. 6.2), після чого користувач задає **Тип отрисовки модели** из перечня: **В разрезе, Без разреза, В полуразрезе** (рис. 6.3).

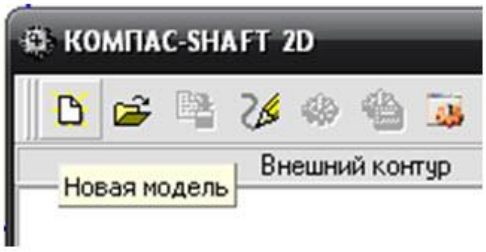


Рисунок 6.2 – Виклик команди **Новая модель**

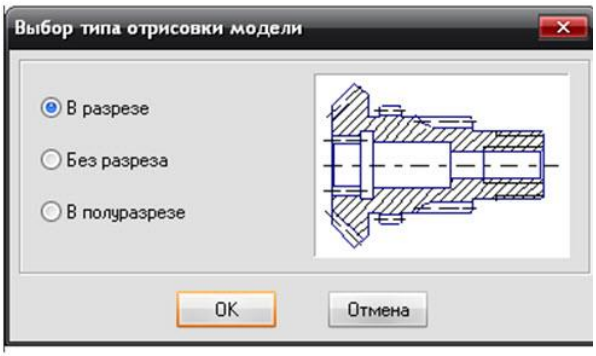


Рисунок 6.3 – Обрання режиму **Тип отрисовки модели**

1 Моделювання валів. Для побудови моделі циліндричного вала на **Инструментальной панели внешнего контура** обирають команду **Простые ступени**. Ця команда розкривається в меню вказаному на рис. 6.4, зі списку якого обирається пункт **Цилиндрическая ступень**.

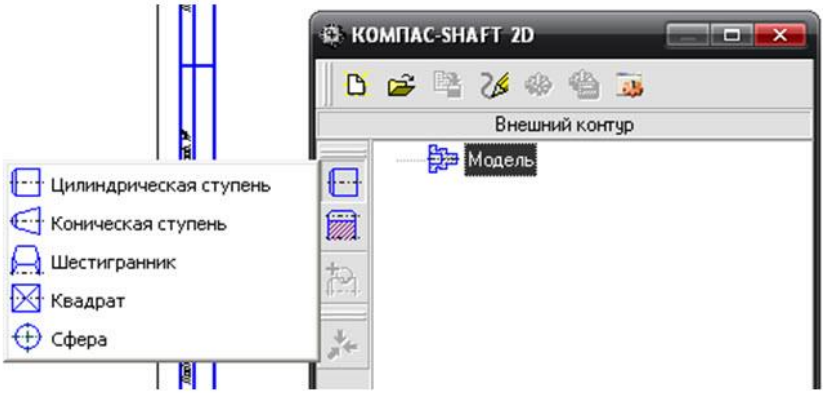


Рисунок 6.4 – Обрання циліндрового рівня

У вікні керування проектованого рівня, що з’явилося, задають всі необхідні параметри: довжину, діаметр, розмір фасок або галтелів (за необхідності), після чого натискають кнопку ОК (рис. 6.5).

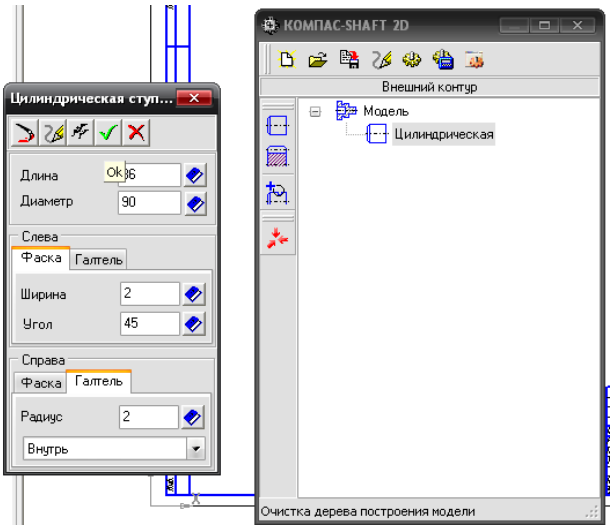


Рисунок 6.5 – Вікно керування проектованого циліндрового рівня

У результаті одержують побудований ступінь вала (рис. 6.6). Побудова всіх подальших рівнів проводиться за наведеною послідовністю.

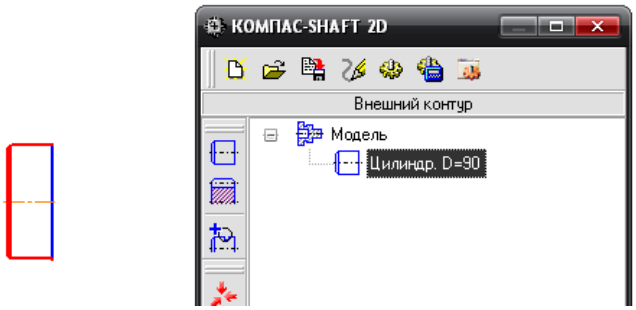


Рисунок 6.6 – Приклад побудови рівня циліндричного вала

Для побудови додаткових елементів рівня (паз, шпонки, різь, канавки і т.д.) в інструментальній панелі зовнішнього контуру обирають кнопку **Дополнительные элементы ступени**.

Наприклад, паз та шпонки обирають відповідно до необхідного ГОСТу. Для вала, що проектується, беруть призматичну шпонку за ГОСТ 23360-78.

У вікні редагування параметрів паза та шпонки вказують необхідні розміри шпонки і шпонкового паза (рис. 6.7).

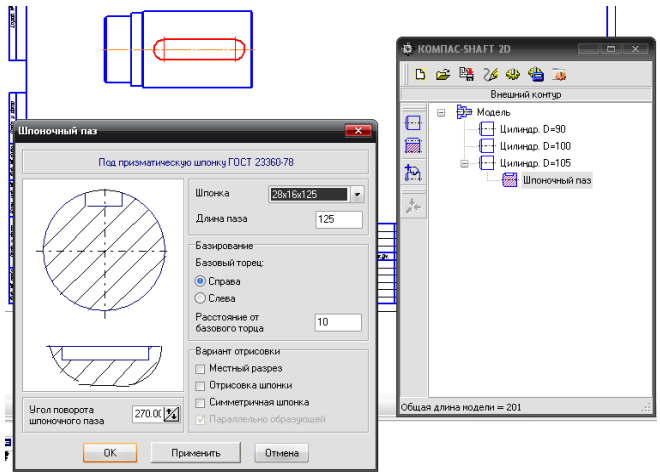


Рисунок 6.7 – Приклад побудови шпонкового паза

Після завершення процесу побудови всіх рівнів виходить модель, зображена рис. 6.8.

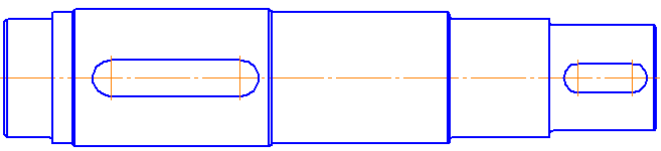


Рисунок 6.8 – Модель вала

Система **КОМПАС-SHAFT 2D** також дозволяє одержувати вигляд перетину вала в місцях установлення шпонок.

Для отримання такого вигляду в дереві рівнів вікна зовнішнього контура активізується **Шпоночный паз** далі **Дополнительные элементы ступеней**, і з вкладеного меню обирають пункт **Профиль шпоночного паза** (рис. 6.9)

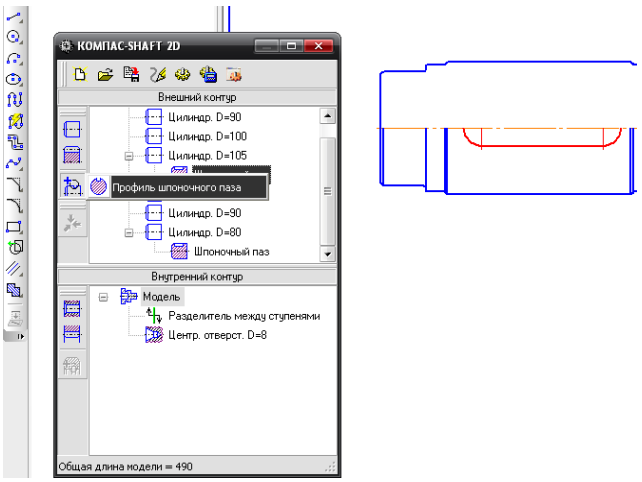


Рисунок 6.9 – Побудова перетину вала

З’являється вікно редагування профілю шпонкового паза та вала, в якому вказується необхідний вид з’єднання, а також масштаб креслення. За умовчанням побудова виконуватиметься в масштабі 1:1 (рис. 6.10).

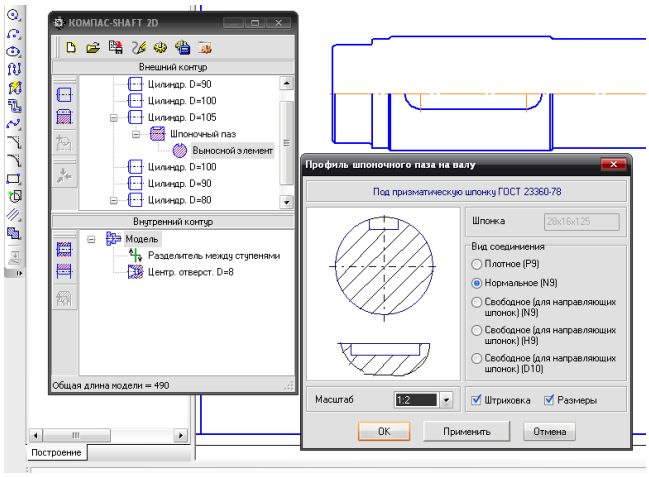


Рисунок 6.10 – Обрання параметрів шпонкового паза

Побудова моделі вала закінчується нанесенням всіх необхідних розмірів. Розміри на виносних елементах наносяться автоматично. Готове креслення зображене на рис. 6.11.

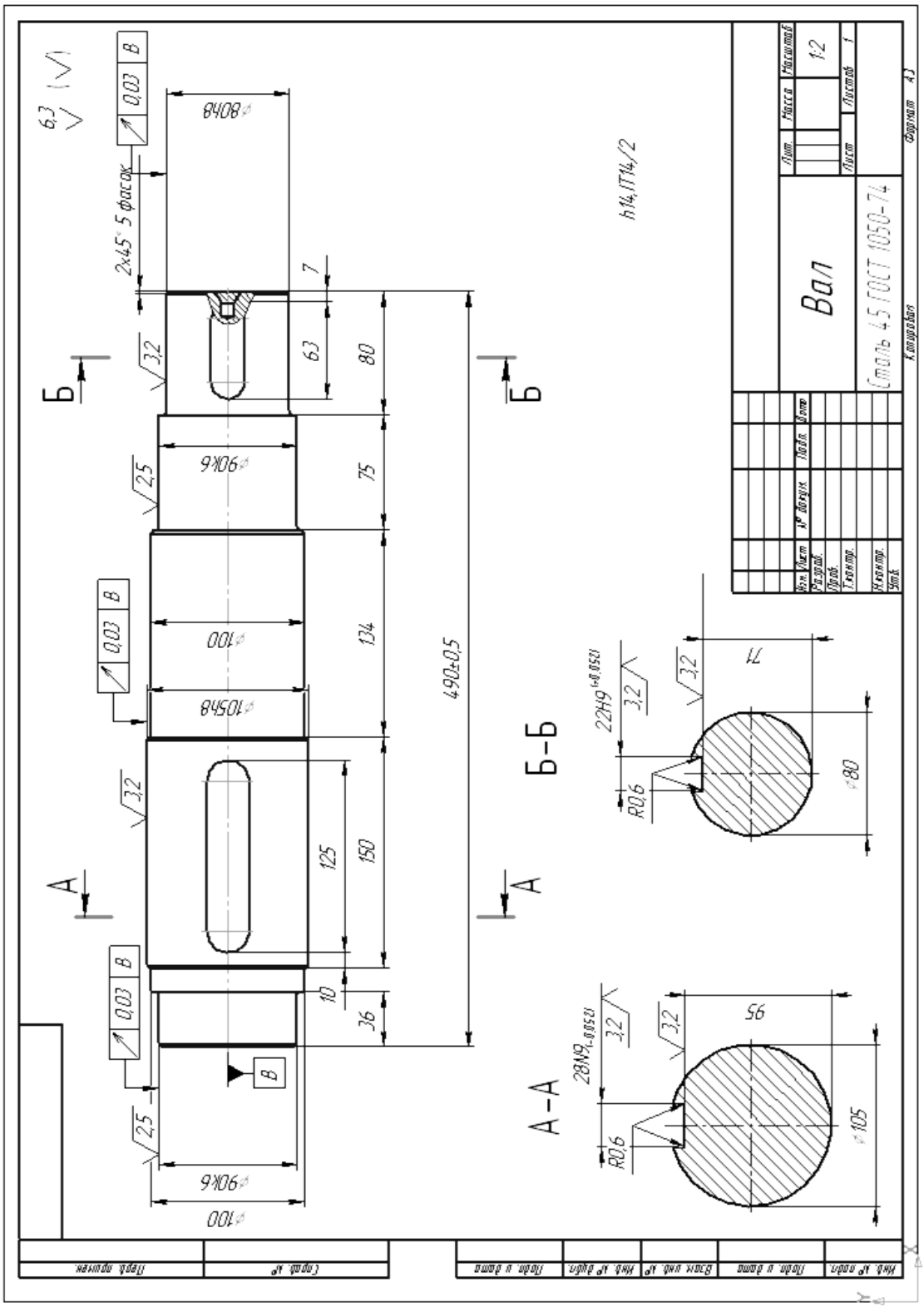


Рисунок 6.11 – Готове креслення моделі вала

Система **КОМПАС-SHAFT 2D**, за наявності модуля тривимірного проектування **КОМПАС-3D**, дозволяє запустити процес формування тривимірної твердотільної моделі на основі плоскої моделі **КОМПАС-SHAFT 2D**. Активізація програми виконується за допомогою команди **Дополнительные построения – Генерация твердотельной модели** (рис. 6.12).

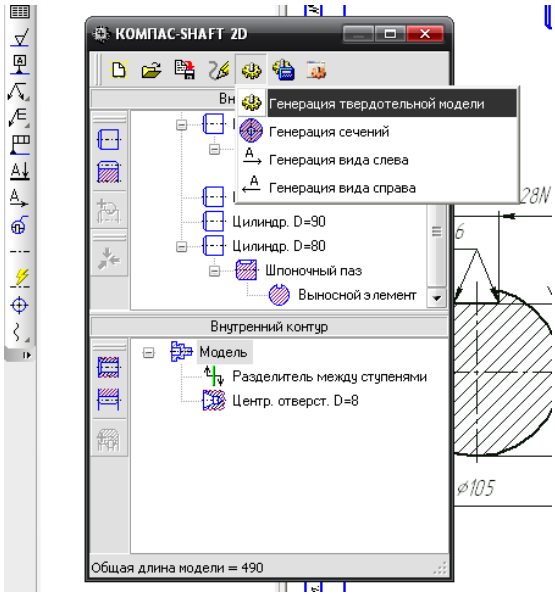


Рисунок 6.12 – Запуск команди **Генерация твердотельной модели**

Після активізації команди на екран виводиться панель, що відображає перебіг генерації. Готова тривимірна модель поміщається в новий документ КОМПАС (рис. 6.13)

Рисунок 6.13 – Тривимірна модель вала

Моделювання циліндричних коліс. Для моделювання зубчастого колеса використовується команда **Элементы механических передач** на компактній панелі, з вкладеного меню якої обирається пункт **Шестерня цилиндрической зубчатой передачи** (рис. 6.14).

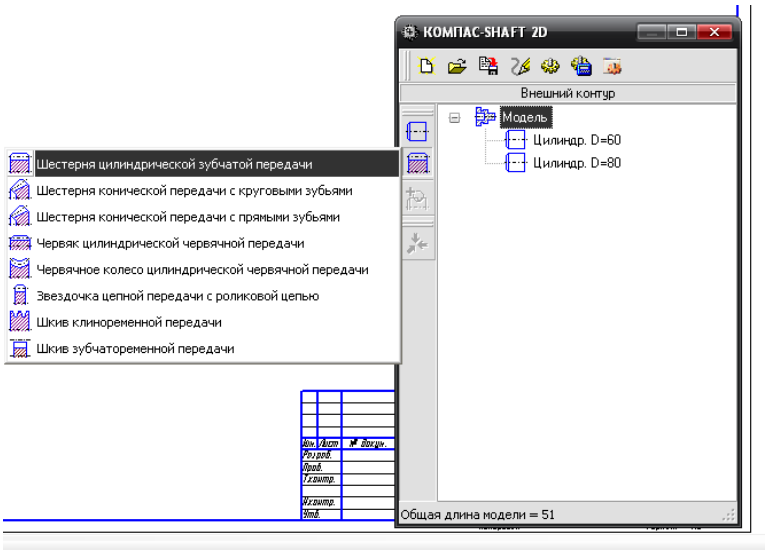


Рисунок 6.14 – Побудова шестірні

Перед побудовою системі необхідно провести розрахування параметрів шестерні. Запуск діалогового вікна для розрахування передачі виконують після обрання типу передачі (рис. 6.15).

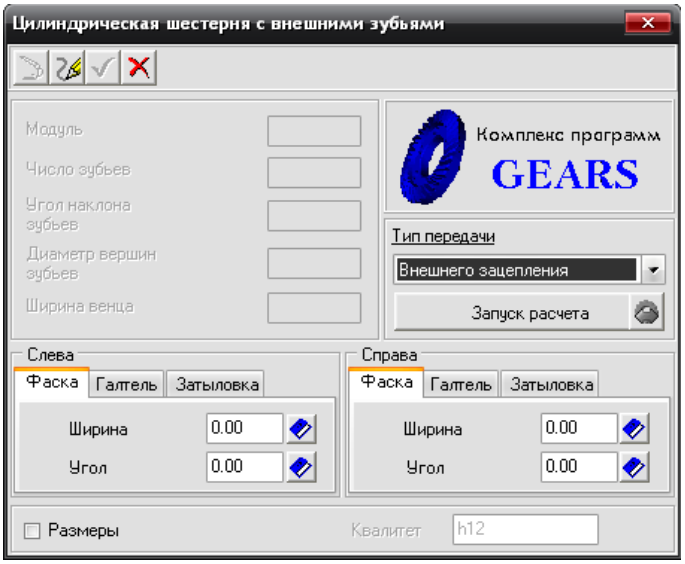


Рисунок 6.15 – Вікно запуску розрахування шестірні

Під час натиснення на кнопку **Запуск расчета** відкривається вікно модуля розрахунків механічних передач **КОМПАС-GEARS** і після обрання варіанта геометричного розрахунку здійснюється розрахування (рис. 6.16). Дані на вкладці **Предмет расчета** постійні для всіх видів розрахування передачі (геометрія, міцність, довговічність).

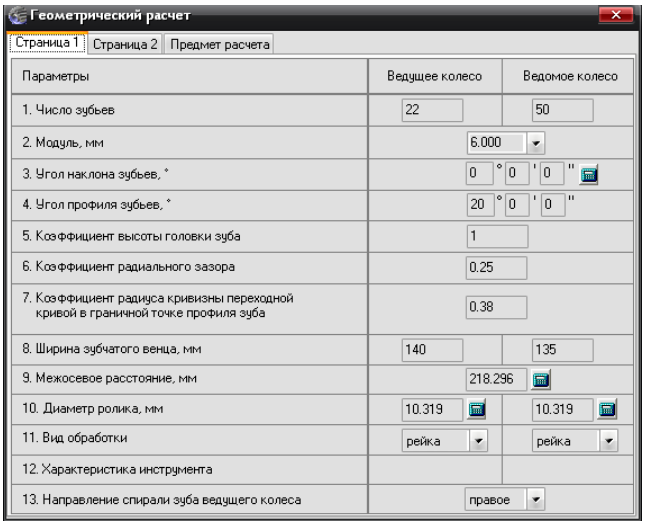


Рисунок 6.16 – Вікно введення початкових даних **(Страница 1)**

Для виконання розрахунку необхідно перейти на вкладку **Страница 2** (рис. 6.17), на якій використовуються команди **Расчет**, а потім **Закончить расчеты**.

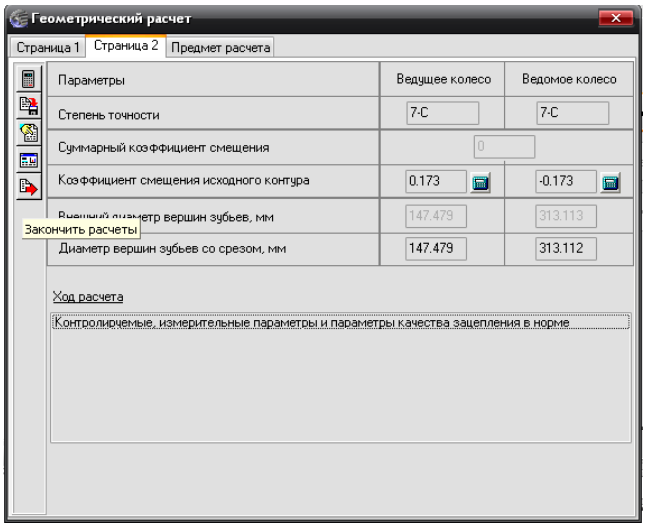


Рисунок 6.17– Вікно розрахування початкових даних **(Страница 2)**

Після проведення розрахунків на екрані з’являється вікно, в якому пропонується обрати для подальшого оформлення креслення одне з зубчастих коліс передачі (рис. 6.18).

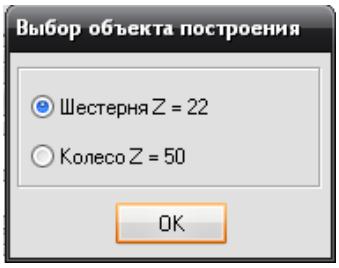


Рисунок 6.18 – Обрання об’єкта побудови

На рис. 6.19 подано результат побудови шестірні. Дані розрахунку за необхідності можна вивести на екран або роздрукувати за допомогою відповідних команд КОМПАС.

Побудова всіх подальших рівнів і елементів, а також генерація вигляду перетину і твердотільної моделі вала виконується відповідно до викладеної вище методики.

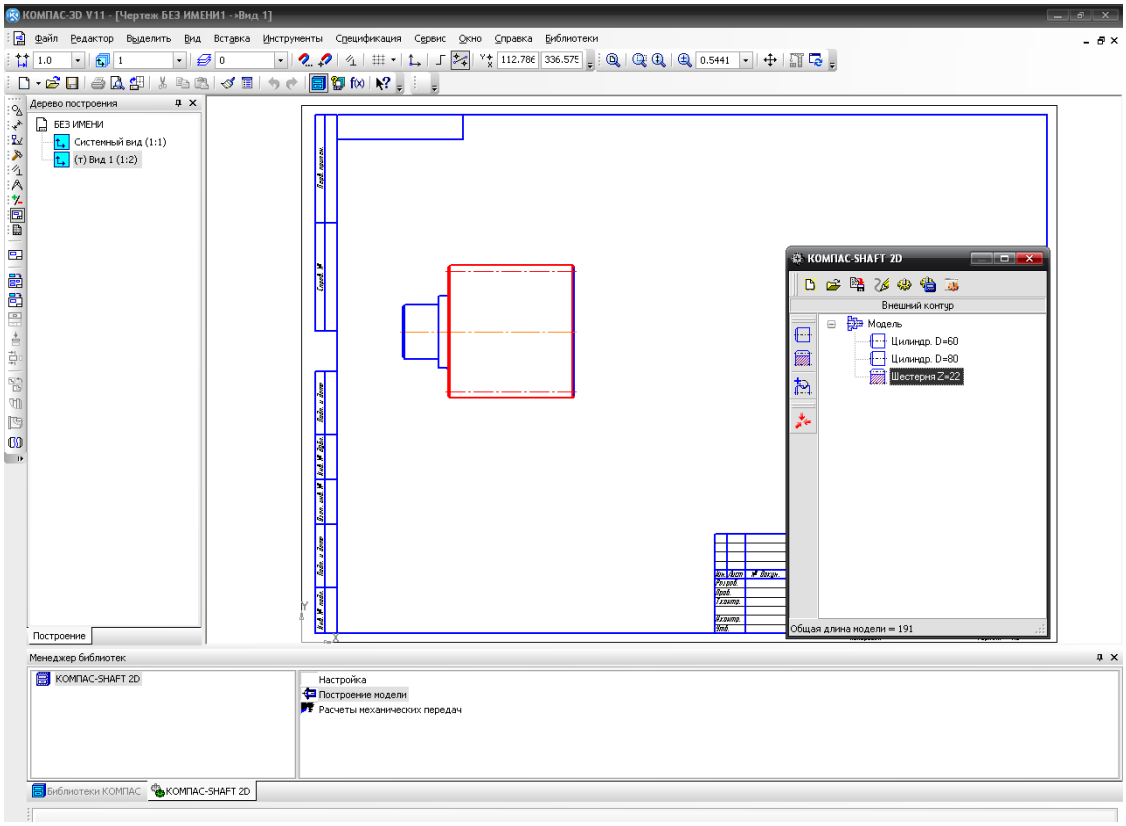


Рисунок 6.19 – Зображення шестірні на кресленні

Готове креслення і тривимірна модель надані на рисунках 6.20, 6.21 Приклади оформлення пакета конструкторських документів показані на рисунках 1А − 5А Додатка А.

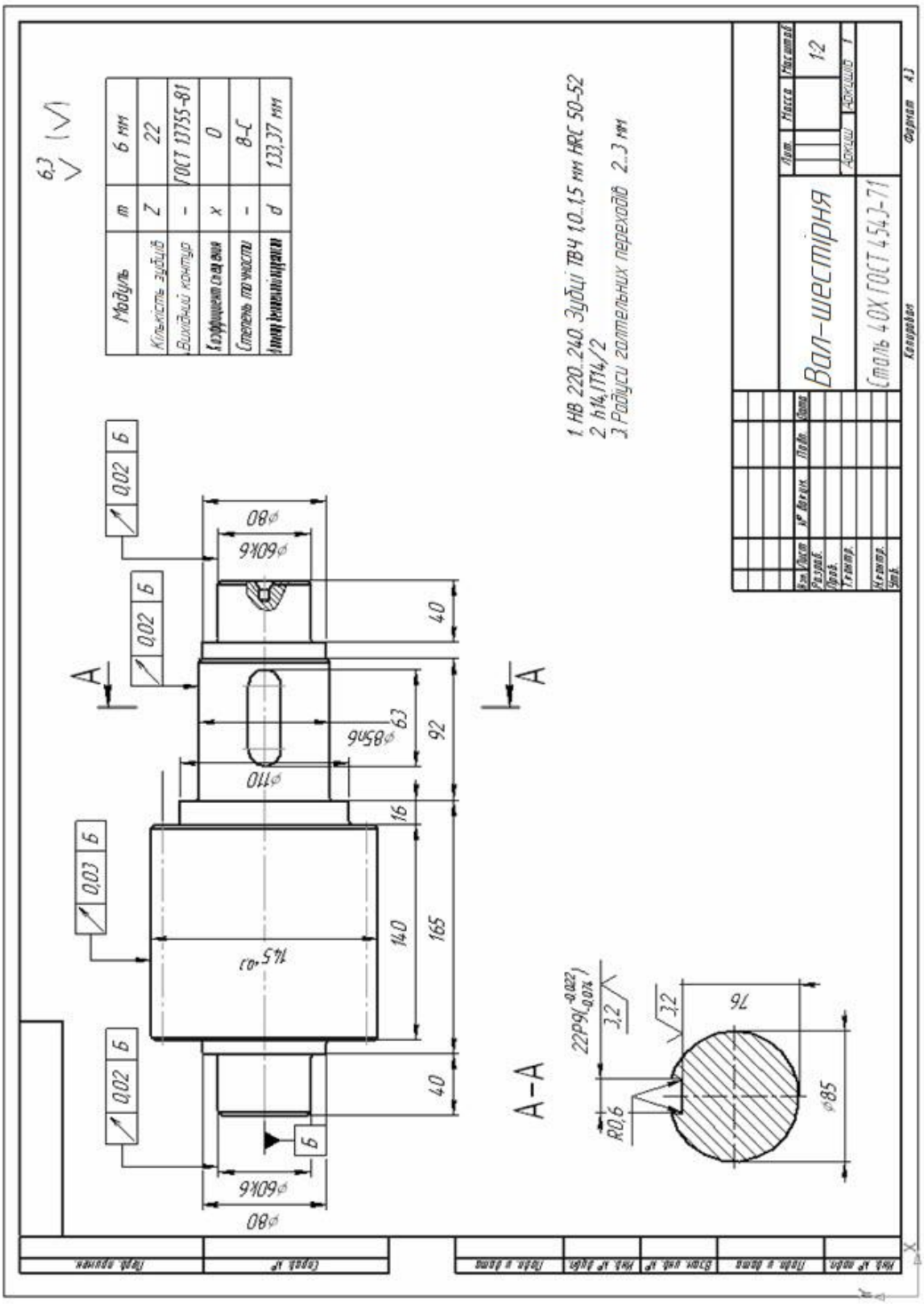


Рисунок 6.20 – Креслення вала-шестірні

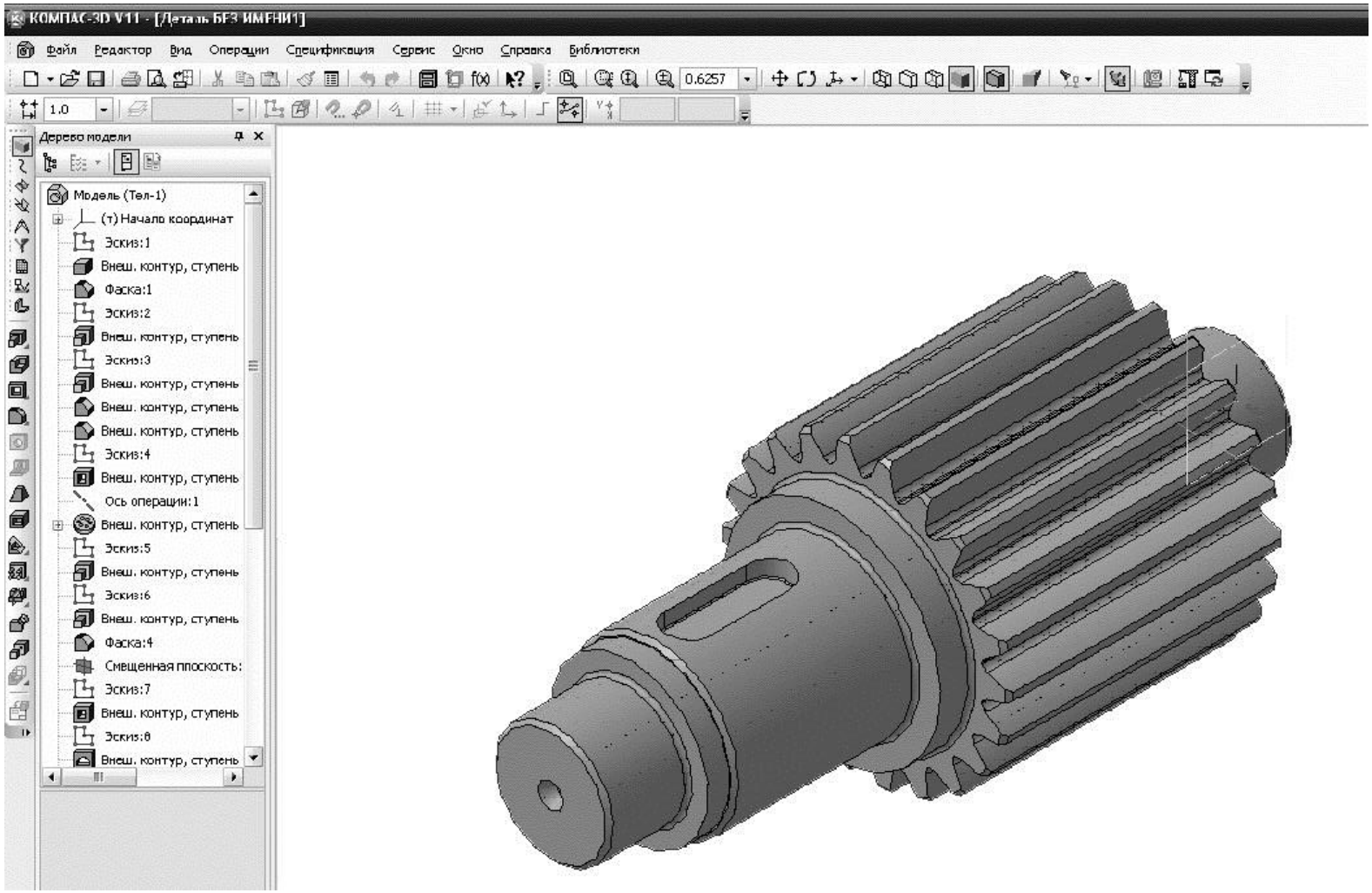


Рисунок 6.21 – Тривимірна модель циліндричного вала-шестірні

6.2 Моделювання деталей циліндричних зубчастих передач в КОМПАС-SHAFT 3D

Бібліотека **КОМПАС-SHAFT 3D** призначена для створення твердотільних моделей:

– валів і втулок;

– циліндричних прямозубих шестерень зовнішнього і внутрішнього зачеплення;

– циліндричних і конічних рівнів вала, а також рівні, поперечним перетином яких є багатогранник або квадрат;

– шліцьових, різьбових і шпонкових ділянок на рівнях моделей;

– шліців, пазів, шпонок, проточок, пазів та інш.

Параметри створених елементів можуть бути відредаговані засобами **КОМПАС-3D**. Бібліотека інтегрована з модулем розрахунку механічних передач **КОМПАС-GEARS**.

1 Моделювання вала-шестірні та зубчастих коліс редуктора. Для побудови моделі вала-шестірні редуктора слід відкрити документ **Деталь** і обрати потрібну площину, в якій буде створений ескіз. Після чого з урахуванням створеного ескізу обирається операція, за допомогою якої буде отримана *3D* модель (рис. 6.22).

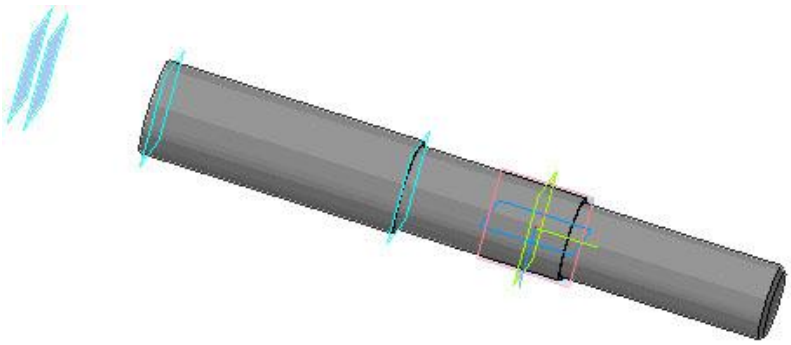
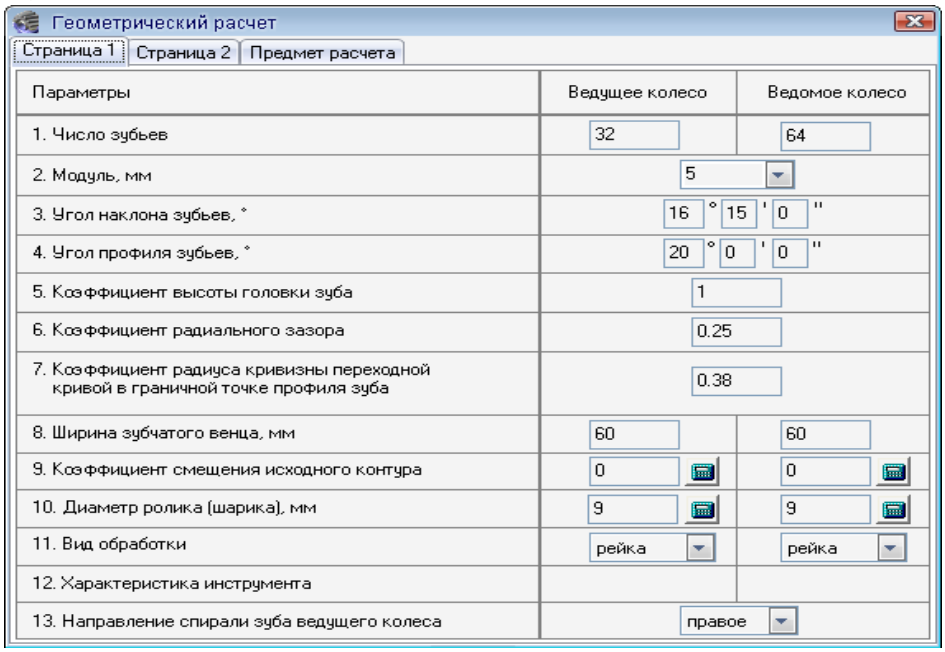


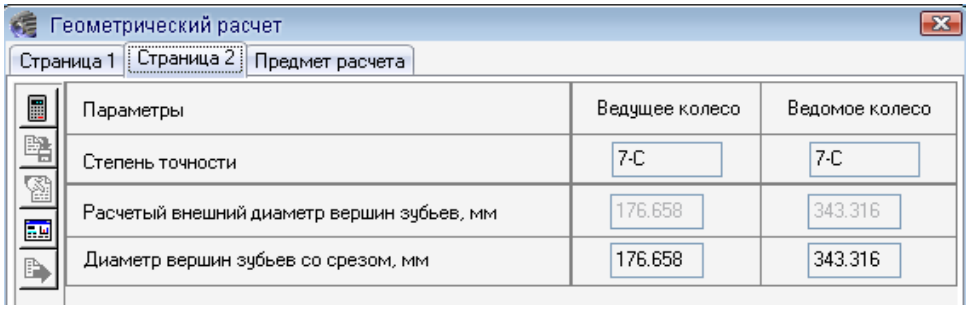
Рисунок 6.22 – *3D* - модель вала

Для побудови шестірні на вала заходять в менеджер бібліотек, **расчет и построение**, Shaft-3D, механічні передачі і обирають потрібну для побудови передачу, в даному випадку – **шестерня цилиндрическая с внешними зубьями.** Спочатку слід задати початкові дані (так само, як і під час проектування зубчастих коліс): кількість зубців, ширина зубчастого вінця, для косозубчастої шес-

тірні задають кут нахилу зубців (рис. 6.23, *а*), після чого заходять на другу сторінку й обирають команду **закончить расчет** (рис. 6.23, *б*).



а



б

Рисунок 6.23 – Вікна введення початкових даних

Після закінчення всіх розрахунків одержують вал-шестерню (рис. 6.24).

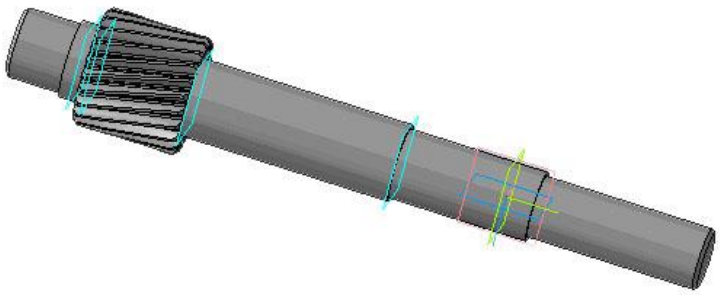
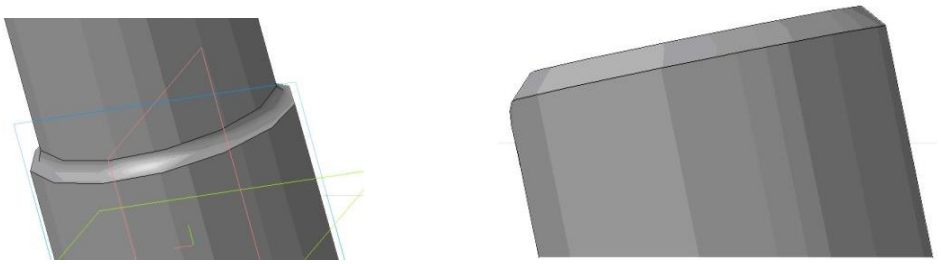


Рисунок 6.24 – Модель вала-шестірні

Для створення галтельних переходів у меню редагування деталі обирають **скругление** (рис. 6.25, *а*), потім вибирають меню **фаски** і створюють фаски (рис. 6.25, *б*)



а *б*

Рисунок 6.25 – Галтельні переходи та фаски

Для виконання шпонкового паза на одному з діаметрів вала слід обрати в бібліотеці SHAFT-3 **Разьемные соединения** потрібний шпонковий паз (рис. 6.26). Потім указують частину вала, на якій потрібно виконати шпонковий паз. Відповідно до розмірів вала програма сама встановлює ширину і висоту шпонкового паза, користувачу потрібно задати довжину і відступ від грані рівня вала (рис. 6.27).

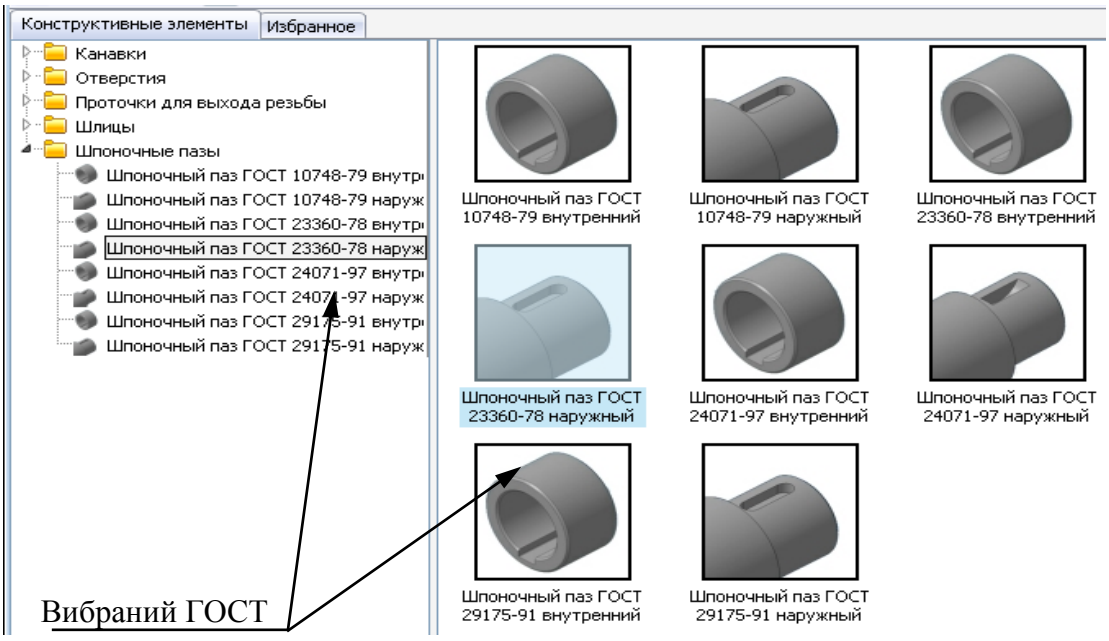


Рисунок 6.26 – Обрання шпонкового паза для вала

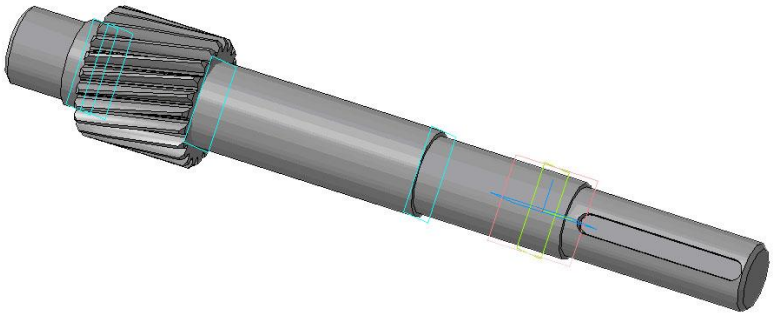


Рисунок 6.27 – Модель вала-шестірні з галтель ними переходами, фасками та шпонковим пазом

2 Використання бібліотеки підшипників під час моделювання зубчастих передач. У бібліотеці програмного забезпечення КОМПАС підшипників не існує, але їх бібліотеку *3D*-моделей можна встановити додатково. Після цього з бібліотеки обирають потрібний підшипник (рис. 6.28).

Подшипники 3D для Компас V10

Серия подшипника: Средняя широкая серия диаметров 6

Тип подшипника: Тип 7000 по ГОСТ 333-79

№	d	D	B	c	T	r	r1	a	Dw	L	Z	C	Co	Nпл.	Nжд.	Масса
7604	20	52	21	18.5	22.25	2	0.8	11	7.9	13	11	29500	22000	6300	10000	0.236
7605	25	62	24	21	25.25	2	0.8	11	8.9	16.7	12	45500	36600	5000	8000	0.366
7606	30	72	29	23	28.75	2	0.8	12	10.2	20.4	12	61300	51000	5000	6300	0.574
7607	35	80	31	27	32.75	2.5	0.8	11	10.5	22	13	71600	61500	4000	6300	0.798
7608	40	90	33	28.5	35.25	2.5	0.8	11	12	23.4	13	80000	67200	4000	5000	1.04
7609	45	100	36	31	38.25	2.5	0.8	11	13.7	24.4	13	104000	90500	3150	4000	1.34
7610	50	110	40	34	42.25	3	1	11	14.8	28	13	122000	108000	3150	4000	1.81
7611	55	120	44.5	35	45.5	3	1	12	14.8	28	15	148000	140000	2500	4000	2.43
7612	60	130	47.5	37	48.5	3.5	1.2	12	17	33	14	171000	157000	2500	3150	3
7613	65	140	48	41	51	3.5	1.2	12	17	33	15	178000	168000	2000	3150	3.63
7614	70	150	51	43	54	3.5	1.2	13	19.8	35	13	204000	186000	2000	3150	4.44
7615	75	160	55	46.5	58	3.5	1.2	11	21.2	40	14	249000	235000	2000	2500	5.38
7616	80	170	59.5	49	61.5	3.5	1.2	12	19.4	43.2	17	294000	291000	1600	2500	6.4
7618	90	190	66.5	53.5	67.5	4	1.5	11	25.5	49	14	369000	363000	1600	2000	8.78

Рисунок 6.28 – Таблиця обрання підшипника

Далі обирають документ **Сборка** і за допомогою меню **Редактирование сборки** вставляють вал та підшипник. За допомогою команди **Сопряжение** встановлюють підшипники на вал. Повторюючи етапи моделювання валів, зубчастих коліс та підшипників, виконують інші рівні зубчастої передачі (рис. 6.29).

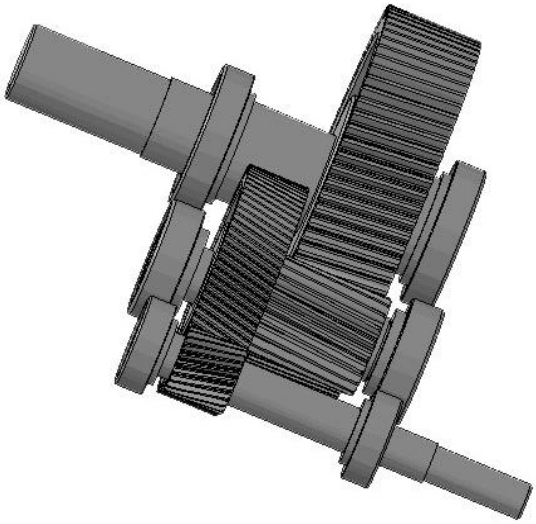


Рисунок 6.29 – Зубчасті передачі редуктора в складеному вигляді

Прикладом використання твердотільного моделювання засобами графічного пакета КОМПАС ГРАФІК є зображення мотор-редуктора (рис. А5 додатка А).

Контрольні запитання

1. Призначення системи **КОМПАС-SHAFT 2D**.
2. Чи можна виконувати моделювання в **КОМПАС-SHAFT 2D** деталі в розрізі чи в напіврозрізі?
3. Як задаються ступені вала?
4. Що за допомогою команди **Дополнительные элементы ступени** можна задати для вала?
5. Як можна одержати перерізи вала в місцях установки шпонок?
6. За якими параметрами задається зубчасте колесо?
7. Призначення системи **КОМПАС-SHAFT 3D.**

ДОДАТОК А

Креслення елементів зубчастих передач

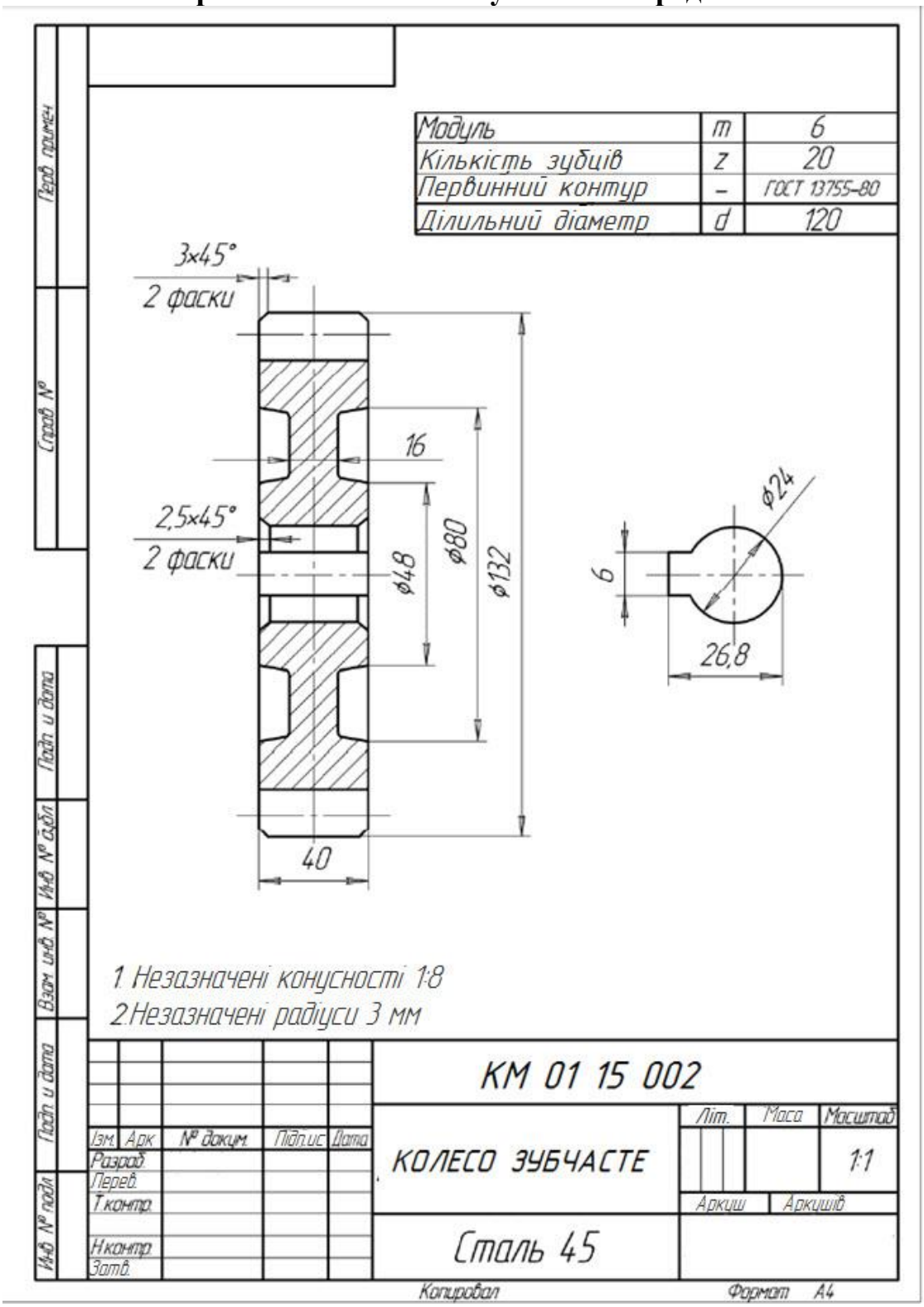


Рисунок А1 – Креслення зубчастого колеса

Продовження дод.А

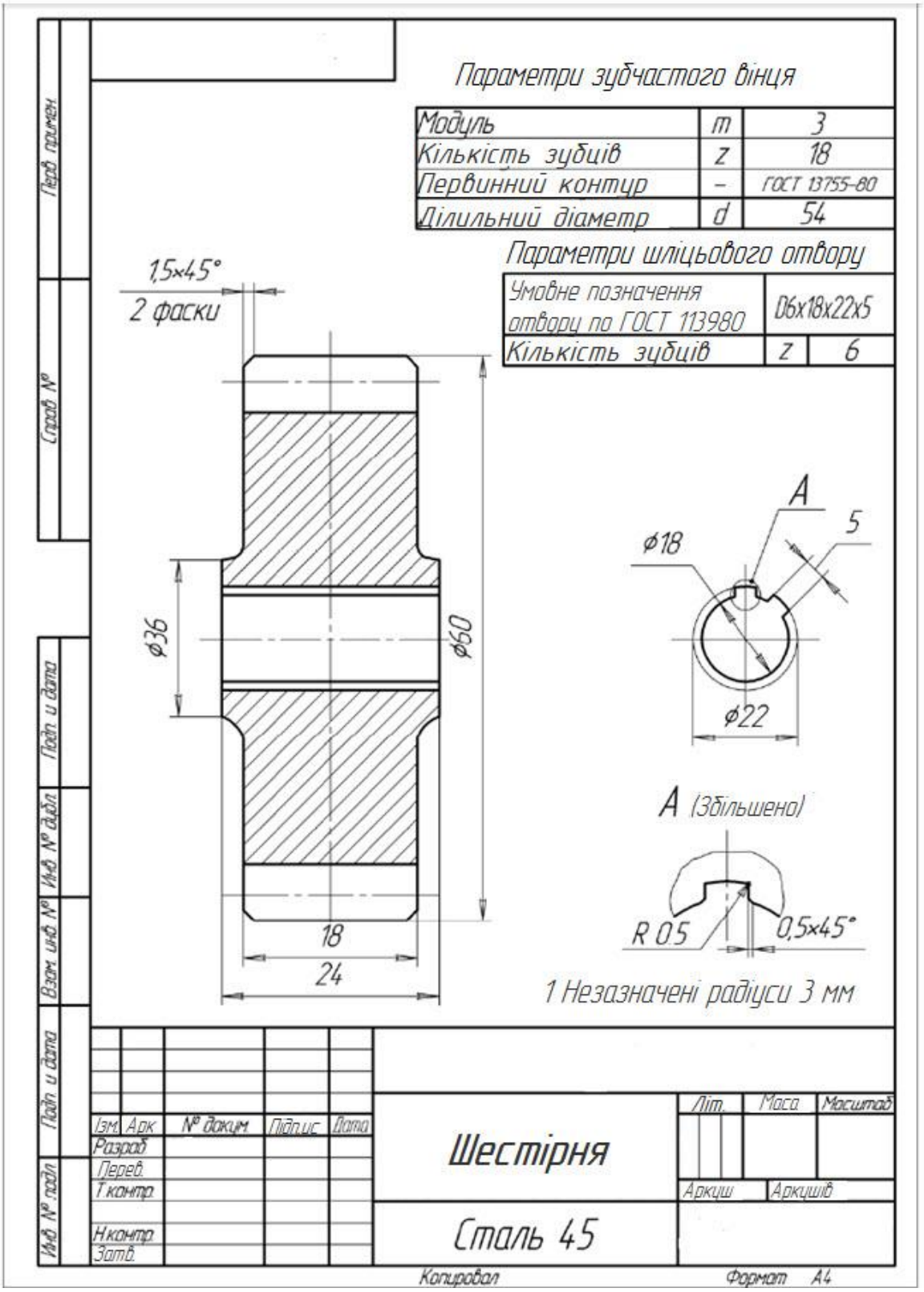


Рисунок А2 – Креслення шестірні з шліцьовим отвором

Продовження дод.А

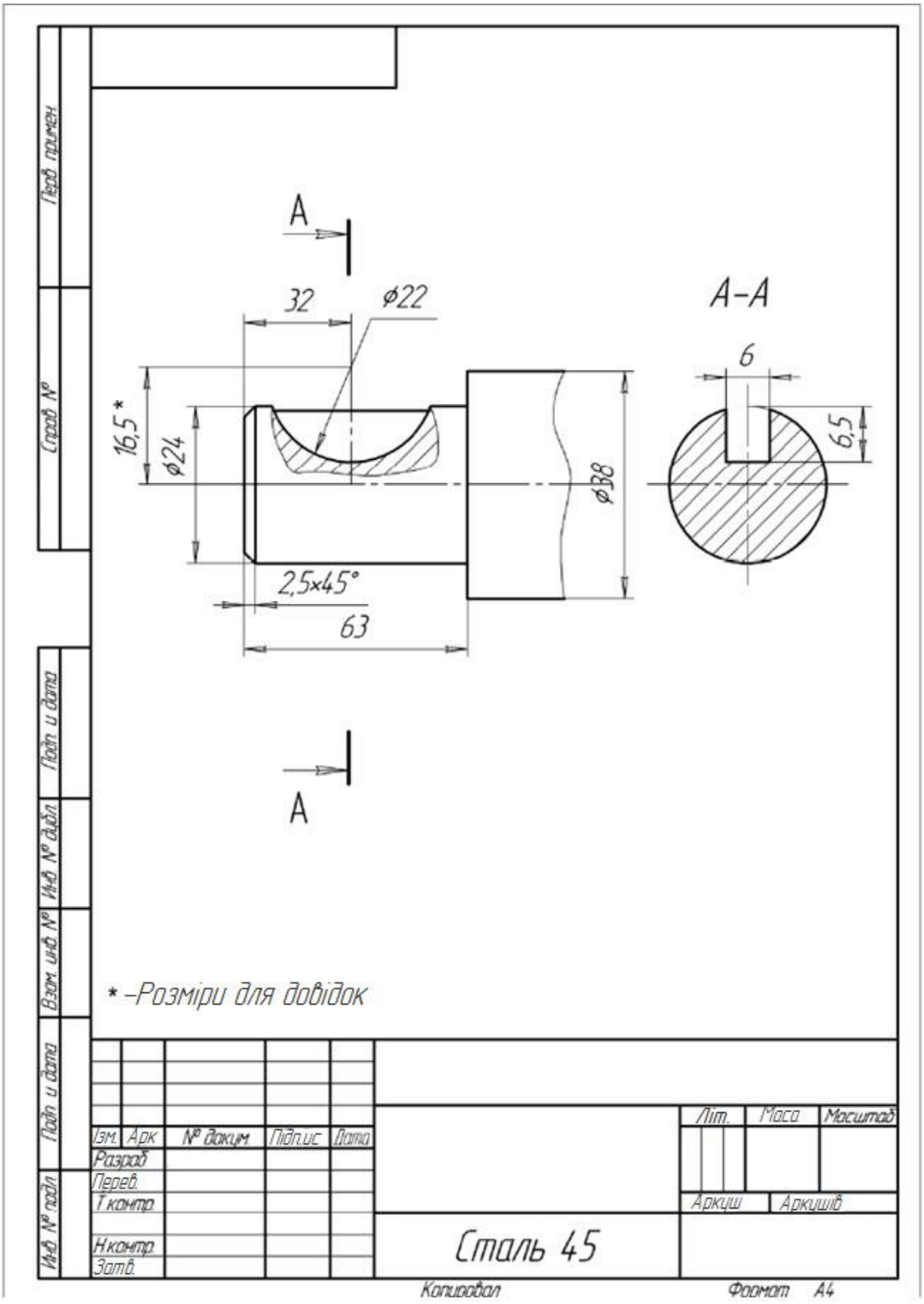


Рисунок А3 – Креслення хвостовика ведучого вала

Продовження дод.А

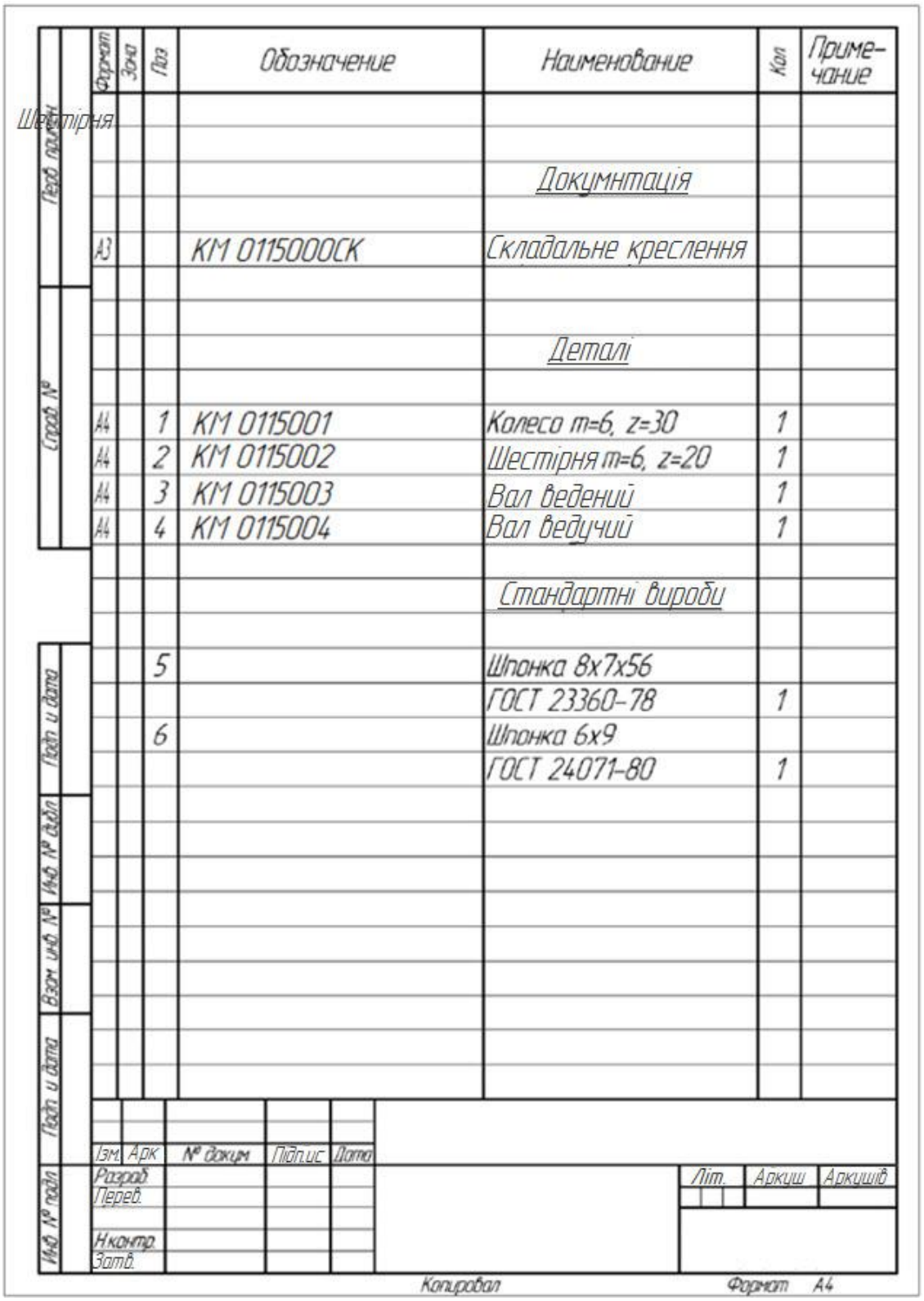


Рисунок А4 – Специфікація складального креслення

Закінчення дод.А

Приклад складання приводу, що містить циліндричну зубчасту передачу.

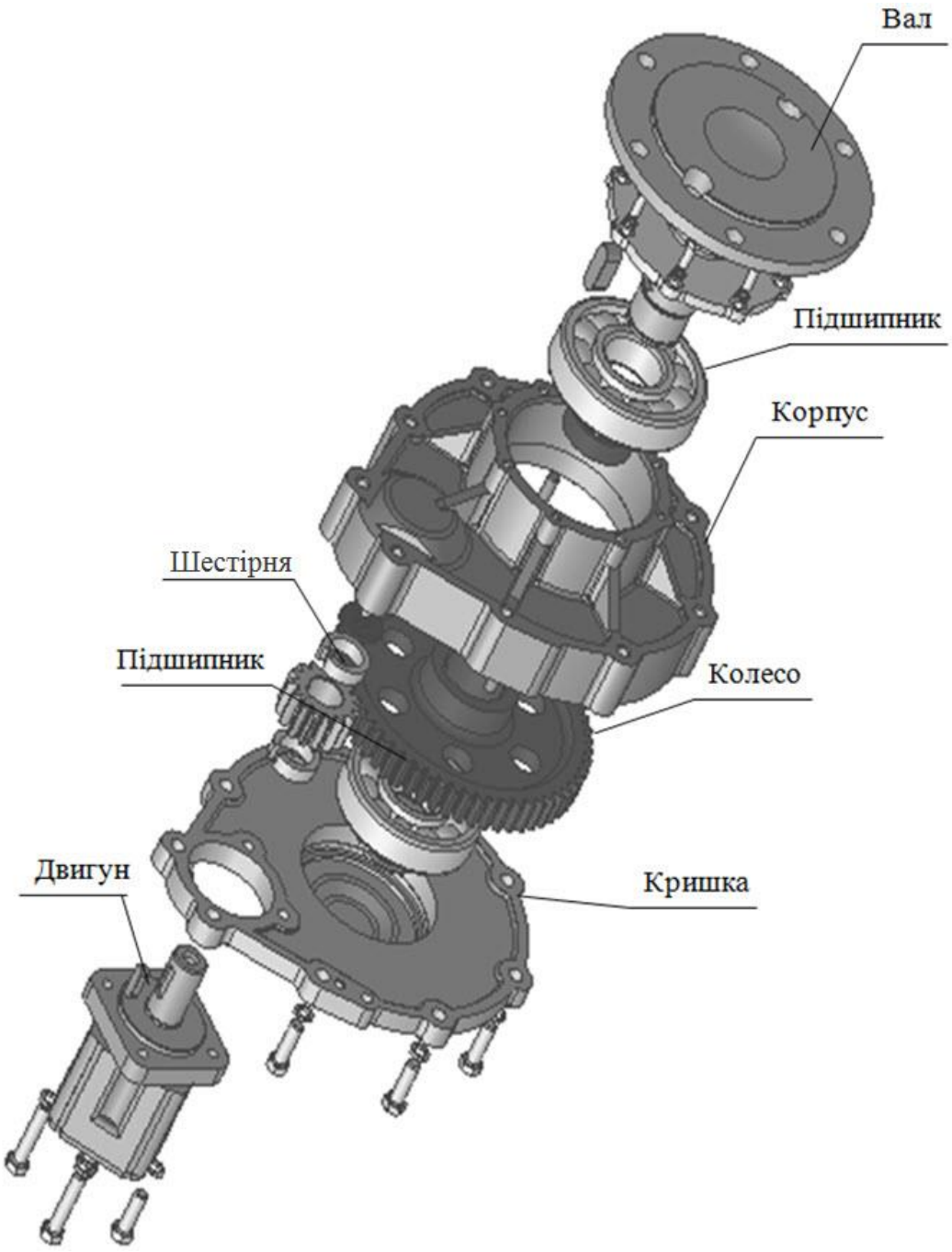


Рисунок А5 – Схема складання мотор-редуктора

Список джерел інформації

1. Інженерна графіка : довідник / Богданов В.М., Верхола А.П., Коваленко Б.Д. та ін.; за ред. А.П. Верхоли. – Київ: Техніка, 2001. – 268 с. іл. – Бібліогр.: С. 263.

2. Михайленко В.Є. Інженерна графіка : підруч. для студ. вищ. навч. закладів освіти / В.Є. Михайленко, В.В. Ванін, С.М. Ковальов; за ред. В.Є. Михайленка. – Львів : Піча Ю.В.; Київ : «Каравела»; Львів: «Новий Світ – 2000» , 2002. – 336 с.

3. Ємельяненко М.Г. Розрахунки та моделювання механічних передач зачеплення. Ч. І. Циліндричні зубчасті передачі : Навч.-метод. посіб. М.Г. Ємельяненко., В.В. Герасименко – Х. : ХНУБА, 2012. – 72 с.

4. Справочник техника-конструктора / 3-е изд., перераб. и доп. Самохвалов Я.А., Григораш В.Д. Киев : «Техніка», 1978. 592 с.

5. Общетехнический справочник / Скороходов Е.А., Законников В.П., Пакнис А.Б. и др.; под общ. ред. Е.А. Скороходова – 4-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 1990. – 496 с.6 ил.

6. ДСТУ 2330-93 Передачі зубчасті і фрикційні. Терміни та визначення.

7. ГОСТ 16530-83 Передачи зубчатые. Общие термины, определения и обозначения. Минэнергомаш. М. Дата последнего изменения: 2010.- 52 с

8. ГОСТ 16531-83 Передачи зубчатые цилиндрические. Термины, определения и обозначения. Минэнергомаш. М. Дата последнего изменения: 2011. - 31с.

9. ГОСТ 16532-70 Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометри. Минэнергомаш. М. Дата последнего изменения: 1983. - 44с.

10. ГОСТ 12289-76 Передачи зубчатые конические. Основные параметры Минэнергомаш. М. Дата последнего изменения: 1986. - 7с.

11. ГОСТ 19325-73 Передачи зубчатые конические. Термины, определения и обозначения М. Дата последнего изменения: 1992. - 89с.

12. ДСТУ ISO 54-2001 Передачі зубчасті циліндричні для загального і важкого машинобудування. Модулі. Госпотребстандарт. 2003. -7с.

13. ДСТУ 3321:2003 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. –54с Затверджено і введено в дію наказом Держспоживстандарту України №225 від 8 грудня 2003р.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

В

Ведуче зубчасте колесо 54
Виносні елементи 26
Висота зубця 54,83,87

Г

Геометричні примітиви 108
Граничні відхилення 65, 73

Д

Діаметр вершин зубців 58,66,81
Допуск форми 73

З

Зубчасте колесо 53,60,65-67
Зубчаста передача 52-54,67
Зубчасте зачеплення 52, 62-63,70

І

Інструментальна панель 97
Інтерфейс **КОМПАС** 89-92

К

КОМПАС-SHAFT 2D 132-133,135,138
КОМПАС-GEARS 140

Л

Локальні прив’язки 106

М

Масштаб 9, 10
Міжосьова лінія 56,

П

Панель спеціального керування 99
Прямозуба циліндрична передача 56
Перерізи 23, 24

Р

Редагування креслення 91,111-112
Розрізи 18-23
Рядок повідомлень 96

С

Січна площина 24, 62

Т

Товщина ліній 44,47,50
Типи ліній 43,45,48

Ф

Формати 4, 5,6

Х

Характерні точки 103-105

Ц

Циліндрична зубчаста передача 62-65,84

Ш

Шліцьові з’єднання 74-78
Шорсткість поверхні 61, 73
Шпонкове з’єднання 70
Шрифти 7

ЗМІСТ

Вступ 3
1 Оформлення машинобудівних креслень 4
1.1 Формати за ГОСТ 2.301–68 5
1.2 Формати за ДСТУ ISO 5457:2006 5
1.3 Масштаби за ГОСТ 2.302-68 9
1.4 Масштаби за ДСТУ 5455:2005 10
1.5 Основні написи на машинобудівних кресленнях 11
1.6 Вимоги щодо зображень за ГОСТ 2.305–2008 14
1.7 Зображення, що відповідають стандартам ДСТУ ISO 27
1.8 Зображення матеріалів 34
Контрольні запитання 40
2 Основні положення про лінії. Лінії на будівельних кресленнях 41
2.1 Типи ліній по ГОСТ 2.303–68 41
2.2 Типи ліній по ДСТУ ISO 128–20: 2003 45
2.3 Лінії на будівельних кресленнях по ДСТУ ISO 128–23: 2005 47
2.3.1 Сфера застосування 48
2.3.2 Загальні положення 48
2.3.3 Типи ліній та їх застосування 48
2.3.4 Товщина ліній 51
Контрольні запитання 52
3 Загальні відомості про зубчасті передачі 53
3.1 Основні поняття і визначення 53
3.2 Метод розрахунку геометричних параметрів зубчастих циліндричних передач 59
3.2.1 Розрахування основних геометричних параметрів циліндричної зубчастої передачі та зубчастих коліс 59
3.2.2 Розрахування контрольованих параметрів взаємного положення різнойменних профілів зубців 60
3.2.3 Розрахування конструктивних елементів циліндричних зубчастих коліс 61
3.3 Умовні зображення на кресленнях циліндричних зубчастих передач та зубчастих коліс (ГОСТ 2.402-68) 63
3.4 Конструктивні елементи циліндричних зубчастих коліс 65
3.5 Виконання креслень циліндричних зубчастих коліс (ГОСТ 2.404-85) 67
3.6 Конструювання з’єднання «вал-втулка» 71
3.6.1 Вибір шпонкових з’єднань 71
3.6.2 Вибір шліцьових з’єднань 76

Контрольні запитання 82
4 Виконання креслень 83
4.1 Ескіз зубчастого колеса з натури 83
4.2 Креслення зубчастої передачі 86
Контрольні запитання 89
5 Загальні відомості про систему КОМПАС 90
5.1 Запуск системи КОМПАС 90
5.2 Інтерфейс системи КОМПАС 91
5.3 Створення нового документа 93
5.3.1 Створення нового креслення та фрагмента 95
5.3.2 Збереження документа 96
5.3.3 Рядок повідомлень 97
5.3.4 Панель інструментів. Поточний стан 97
5.4 Панель перемикання інструментів 98
5.4.1. Інструментальна панель 98
5.4.2 Панелі розширених команд 101
5.4.3 Панель властивостей 102
5.5 Керування переміщенням курсора і формою його подання 104
5.6 Переміщення курсора миші 104
5.7 Використання прив'язок 105
5.7.1 Характерні точки геометричних примітивів 105
5.7.2 Глобальні і локальні прив'язки 107
5.8 Геометричні примітиви 110
5.9 Редагування креслення 113
5.9.1 Відміна і повтор дій 113
5.9.2 Виділення об'єктів 113
5.9.3 Видалення об'єктів 115
5.9.4 Редагування об'єктів 117
5.10 Нанесення штрихування 120
5.11 Нанесення розмірів 123
5.11.1 Нанесення лінійних розмірів 124
5.11.2 Нанесення кутових розмірів 130
5.11.3 Нанесення діаметральних розмірів 132
5.11.4 Нанесення радіальних розмірів 133
Контрольні запитання 134
6 Моделювання циліндричних зубчастих передач із використанням ПЕОМ 136
6.1 Моделювання деталей циліндричних зубчастих передач КОМПАС-SHAFT 2D 136
6.2 Моделювання деталей циліндричних зубчастих передач у КОМПАС-SHAFT 3D 148

Контрольні запитання 152
Додаток А 153
Список джерел інформації 159
Предметний покажчик 161

Навчальне видання

ГЕРАСИМЕНКО Володимир Віталійович
БОРОДІН Дмитро Юрійович
БЄЛИХ Ірина Михайлівна

МОДЕЛЮВАННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ТА ВАЛІВ

Навчальний посібник
для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Відповідальний за випуск проф. Гайдамака А. В.
Роботу до видання рекомендував проф. Крутіков Г. А.

Редактор Козюк О. В.

План 2019 р., поз. 55

Підп. до друку 10.06.19. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.
Riso-друк. Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк._____.
Наклад 300 прим. Зам. № _____. Ціна договірна

Видавець Видавничий центр НТУ «ХПІ».
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2

Виготовлювач_____
_____
_____