

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет

**ПУСТЮЛЬГА СЕРГІЙ ІВАНОВИЧ
САМЧУК ВОЛОДИМИР ПЕТРОВИЧ
ВОРОБЧУК МАРІЯ СЕРГІЇВНА**

ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

1 частина

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК
Для студентів технічних ЗВО



Луцьк 2024

УДК 514.18

Рекомендовано до друку Вченою радою ЛНТУ,
протокол № 10 від 04.06.2024 р.

Затверджено науково-методичною радою ЛНТУ,
протокол № 10 від 22.05.2024 р.

Укладачі: д.т.н., проф. С.І.Пустюльга,
к.т.н., доц. В.П. Самчук
аспірантка М.С. Воробчук

Рецензенти: **В.О. Плоский** - доктор технічних наук,
професор, завідувач кафедри архітектурних конструкцій Київського
національного університету будівництва і архітектури.

Є.В. Пугачов – доктор технічних наук, професор кафедри основ
архітектурного проектування, конструювання та графіки Національного
університету водного господарства та природокористування.

В.С. Пуць – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри
галузевого машинобудування Луцького національного технічного
університету.

Інженерна та комп'ютерна графіка: Навчальний посібник.
1 частина/ С.І. Пустюльга, В.П. Самчук, М.С. Воробчук – Луцьк: Просто
Друк, 2024. – 324 с.

Навчальний посібник є теоретичним підґрунтям та довідковою
базою із вивчення основної дисципліни графічної підготовки студентів
машинобудівних спеціальностей ЗВО - «Інженерна та комп'ютерна
графіка». Посібник включає матеріал трьох окремих і разом із тим
пов'язаних складових: «Нарисна геометрія», «Інженерна графіка
та основи машинобудівного креслення» і «Комп'ютерна графіка».
Особливістю посібника є те, що весь теоретичний матеріал базується
на його паралельному засвоєнні із принципами проектування та
аналізу образів чи об'єктів у програмному комплексі SolidWorks.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ У ПОСІБНИКУ	10
1 Основи методу проєціювання	11
1.1 Історичний нарис. Предмет нарисної геометрії та інженерної графіки	11
1.2 Прямокутні проєкції. Комплексний кресленик Монжа. Проєціювання точки в четвертях і октантах	15
1.3 Прямокутні проєкції. Проєкції прямої. Проєкції площини	22
1.4 Позиційні властивості пар геометричних елементів. Належність	29
1.5 Методи перетворення креслень. Заміна площин проєкцій	36
1.6 Паралельність і перпендикулярність геометричних елементів. Мимобіжні прямі	43
1.7 Перетин геометричних елементів. 1 та 2 позиційні задачі	51
1.8 Розв'язання основних метричних та позиційних задач за допомогою методу заміни площин проєкцій	56
Питання для самоконтролю до першого розділу	59
2 Криві лінії	60
2.1 Криві лінії. Плоскі та просторові криві. Лекальні криві. Спряження	61
Питання для самоконтролю до другого розділу	70
3 Проєкції геометричних тіл та поверхонь	71
3.1 Багатогранники. Задання та зображення багатогранників. Перетин багатогранників прямими та площинами. Взаємний перетин багатогранників	71
3.2 Криві поверхні. Утворення поверхонь та їх систематизація	78
3.3 Перетин кривих поверхонь площиною та прямою лінією	86

3.4	Взаємний перетин криволінійних поверхонь	92
3.5	Розгортки багатогранних та криволінійних поверхонь	100
	Питання для самоконтролю до третього розділу	104
	4 Аксонометричні проекції	105
4.1	Основи теорії аксонометричних проекцій	105
4.2	Стандартні види аксонометрії	107
4.3	Побудова аксонометричних проекцій геометричних тіл	109
	Питання для самоконтролю до четвертого розділу	110
	5 Види конструкторської документації	111
5.1	Види виробів та їх структура	111
5.2	Види та комплектність конструкторських документів	112
5.3	Стадії розробки конструкторських документів	114
	Питання для самоконтролю до п'ятого розділу	115
	6 Основні правила оформлення креслень	116
6.1	Формати	116
6.2	Масштаби	117
6.3	Лінії	117
6.4	Стандартний креслярський шрифт	118
	Питання для самоконтролю до шостого розділу	121
	7 Зображення: види, розрізи, перерізи	122
7.1	Стандартна система розташування зображень. Прості розрізи	122
7.2	Складні розрізи та перерізи	129
	Питання для самоконтролю до сьомого розділу	135
	8 Різьби	136
8.1	Основні параметри різьб	136
8.2	Різьба метрична	140
8.3	Різьба метрична конічна	140
8.4	Різьба трапецеїдальна	141
8.5	Різьба упорна	142
8.6	Трубна циліндрична різьба	142
8.7	Трубна конічна різьба	143

8.8 Різьба прямокутна	144
Питання для самоконтролю до восьмого розділу	144
9 Кріпильні деталі	145
9.1 Болти	145
9.2 Шпильки	147
9.3 Гайки	148
9.4 Шайби	151
9.5 Гвинти	152
Питання для самоконтролю до дев'ятого розділу	155
10 Роз'ємні з'єднання	156
10.1 Болтове з'єднання	156
10.2 З'єднання шпилькою	157
10.3 З'єднання гвинтом	159
10.4 Шпонкові з'єднання	160
10.5 Шліцьові з'єднання	162
10.6 Трубні з'єднання	166
Питання для самоконтролю до десятого розділу	171
11 Нероз'ємні з'єднання	172
Питання для самоконтролю до одинадцятого розділу	177
12 Шорсткість поверхонь	178
Питання для самоконтролю до дванадцятого розділу	181
13 Матеріали в машинобудуванні	182
Питання для самоконтролю до тринадцятого розділу	184
14 Загальні відомості про читання, виконання та деталювання складальних креслеників	185
14.1 Матеріали і технологія виготовлення корпусних деталей, кришок (пробок) і валів	190
14.2 Основні відомості про креслення складальних одиниць – складальне креслення і кресленик загального виду	190
14.3 Правила читання креслень складальних одиниць. Виконання робочих креслеників деталей	192
14.4 Особливості виконання робочих креслень деталей по кресленнях складальних одиниць	208
Питання для самоконтролю до чотирнадцятого розділу	212

15 Техніка раціонального вибору кількості зображень при виконанні креслеників деталей. Правила нанесення розмірів	213
Питання для самоконтролю до п'ятнадцятого розділу	226
16 Основні принципи геометричного моделювання в SolidWorks. Функції та інтерфейс програми	227
16.1 Запуск додатку SolidWorks і знайомство з інтерфейсом	228
16.2 Інтерфейс менеджера конструювання	230
16.3 Інтерфейс графічного вікна	231
Питання для самоконтролю до шістнадцятого розділу	231
17 Застосування допоміжної геометрії в SolidWorks. Створення власного креслярського листа	232
Питання для самоконтролю до сімнадцятого розділу	237
18 Етапи створення ескізів	238
Питання для самоконтролю до вісімнадцятого розділу	245
19 Основи моделювання деталей	246
19.1 Інструмент «бобишка/виріз витягнути»	246
19.2 Створення ГМ деталі для тіла обертання. Інструмент «бобишка/виріз повернуто»	254
19.3 Інструмент «бобишка/виріз по траєкторії». Створення моделі пружини	262
19.4 Створення моделі пружини розтягування на основі об'єднаної кривої	264
19.5 Побудова ГМ деталі по перерізах і направляючих кривих	262
Питання для самоконтролю до дев'ятнадцятого розділу	269
20 Створення масивів елементів	270
Питання для самоконтролю до двадцятого розділу	275
21 Моделювання простих деталей	276
Питання для самоконтролю до двадцять першого розділу	281

22 Основні правила створення двовимірних креслень	282
22.1 Встановлення стандартних шрифтів і створення шаблонів у SolidWorks	282
22.2 Запуск програми двовимірного креслення	283
22.3 Створення трьох стандартних видів	284
22.4 Зміна масштабу виду	285
22.5 Використання «Дерева Конструювання»	286
22.6 Видалення виду	287
22.7 Створення допоміжного виду	287
22.8 Створення проєкційного виду з отриманих видів	289
22.9 Створення розрізу	289
22.10 Створення місцевого виду	292
22.11 Приховання видів	292
22.12 Використання обрізаного виду	293
22.13 Нанесення розмірів	294
22.14 Додавання «вириву» для розрізу	296
22.15 Додаткові елементи оформлення	296
22.16 Текстові пояснення	299
Питання для самоконтролю до двадцять другого розділу	300
23 Зварні з'єднання	301
Питання для самоконтролю до двадцять третього розділу	303
24 Моделювання складального кресленника	304
Питання для самоконтролю до двадцять четвертого розділу	310
25 Робота із SolidWorks ToolBox	311
Питання для самоконтролю до двадцять п'ятого розділу	315
26 Імпорт та експорт документів в SolidWorks	316
Питання для самоконтролю до двадцять шостого розділу	321
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	322

ВСТУП

Графічна культура це сукупність досягнень людства у галузі створення і освоєння графічних способів передачі різної інформації в науці, техніці, мистецтві, виробництві, економіці тощо. Складовою частиною графічної культури є графічна мова. За допомогою графічної мови можна подумки створювати просторові образи об'єктів і оперувати ними, відображати нові конструкторські, дизайнерські ідеї, технічні задуми, а також формувати необхідні дані для їх втілення або для практичної реалізації.

Графічна мова широко використовується в науці, виробництві, будівництві, архітектурі, дизайні. Її ще називають мовою техніки. Вміння читати технічні кресленики означає - вміння уявляти просторову форму будь-якого об'єкту по його проєкційних зображеннях. Саме «Інженерна та комп'ютерна графіка» формує і розвиває таку просторову уяву у студентів.

«Інженерна та комп'ютерна графіка» є предметом, при вивченні якого студент знайомиться із широким колом технічних понять. Це допомагає йому опанувати всіма фаховими учбовими дисциплінами спеціальності, розширити технічний кругозір, дозволяє усвідомлено знайомитися із будь-якою технічною літературою, що містить креслення і схеми.

«Інженерна та комп'ютерна графіка» є навчальною дисципліною, що входить до циклу загально-професійних дисциплін підготовки фахівців із вищою технічною освітою. Вона несе основне навантаження у графічній підготовці інженера, будучи одним із важливих компонентів його загально-технічної підготовки.

Мета курсу «Інженерна та комп'ютерна графіка» - надати студентам знання, уміння та допомогти набути навички із підготовки конструкторської документації на будь-які вироби, яка б охоплювала всі стадії їх розробки, від ідеї проєкту до його реалізації та експлуатації.

Першою складовою даного курсу є розділ «Нарисна геометрія». Розділ вивчається на початку і є засадничою основою дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка». Його завдання полягає у теоретичному та практичному обґрунтуванні способів графічної побудови зображень просторових форм на площині і графічних методів рішення широкого кола як позиційних, так і метричних завдань.

Способи побудови зображень предметів методом проєціювання, що вивчаються у нарисній геометрії, дозволяють по кресленнику створювати просторові образи предметів, визначати їх взаємне розташування і розміри, досліджувати і моделювати різні технічні форми та конструкції. «Нарисна геометрія» розвиває просторове мислення геометричними образами, необхідне для професійної діяльності інженера при рішенні різних технічних завдань, виконанні і читанні креслень. Особливого значення «Нарисна геометрія» набуває при переході до комп'ютерного моделювання і автоматизованого виконання креслень, оскільки програмне забезпечення найпопулярніших САД систем засноване на теоретичних положеннях, поняттях і способах виключно нарисної геометрії.



Тому, до завдань розділу «Нарисна геометрія» можна віднести:

- засвоєння правил побудови зображень просторових форм на плоских кресленнях;
- засвоєння графічних способів рішення різних практичних позиційних і метричних завдань;
- розвиток навичок створення просторових образів предметів на основі логічного аналізу їх зображень, тобто розвиток просторової уяви;
- вміння застосовувати методи і поняття нарисної геометрії у рішенні різних завдань геометричного конструювання, в практиці автоматизованого виконання креслень і комп'ютерного тривимірного моделювання.

Другою, важливою складовою курсу є розділ «Інженерна графіка». Це перший етап навчання студентів основним правилам виконання, оформлення і читання конструкторської документації. Розділ «Інженерна графіка» є логічним продовженням розділу «Нарисна геометрія», тут викладаються конкретні практичні навички побудови у масштабі проєкційних зображень різних технічних об'єктів. Розділ орієнтований переважно на вивчення основних вимог діючих державних стандартів Єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД) по виконанню і оформленню креслень, виконанню розрізів і перерізів, нанесенню розмірів, побудові наочних 3D зображень, відпрацьовується техніка креслення.

У цій складовій посібника подана основна інформація по зображенню роз'ємних і нероз'ємних з'єднань, правильному нанесенню шорсткості на кресленнях деталей, способах закріплення навичок виконання та деталювання складальних креслень вузлів.

Третьою складовою посібника є розділ, що стосується інженерної комп'ютерної графіки, а саме «Основні принципи геометричного моделювання в SolidWorks».

Традиційно, вивчення цього розділу, а також методів моделювання технічних об'єктів за допомогою графічних програм у більшості навчальних видань пропонується після засвоєння розділів «Нарисна геометрія» та «Інженерна графіка». Відмінність представленого курсу полягає у тому, що методи комп'ютерного моделювання та конструювання вивчаються паралельно із теоретичними розділами, а всі практичні завдання із нарисної геометрії та інженерної графіки виконуються тільки у комп'ютерному варіанті.

Впродовж усього періоду вивчення дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка» постійно підкреслюється взаємозв'язок всіх її частин, а вивчення тих або інших тем узгоджене як по часу, так і по здобутих студентами навичках.

Повне оволодіння графічними навичками, як засобом вираження технічної думки, досягається у результаті засвоєння студентом усього комплексу технічних дисциплін відповідного технічного профілю, підкріпленого практиками, виконанням курсових і кваліфікаційних проєктів за фахом.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ У ПОСІБНИКУ

1. Площини проєкцій – прописною літерою P_i ($i=1,2,3,\dots$) грецького алфавіту: горизонтальна - P_1 ; фронтальна - P_2 ; профільна - P_3 .
2. Координатні осі на кресленнику - x, y, z .
3. Точки в просторі - прописними літерами латинського алфавіту або арабськими цифрами - A, B, C, D, E, F , або $1, 2, 3, 4, 5, \dots$
4. Прямі та криві лінії у просторі - рядковими буквами латинського алфавіту - a, b, c, d, e, k, \dots
5. Прямі часткового положення: горизонталь - h ; фронталь - f ; профільна пряма - p .
6. Площини (окрім площин проєкцій) та поверхні простору – великими літерами грецького алфавіту (крім букви Π) - $\Delta, \Sigma, \Gamma, \Omega, \Phi, \dots$
7. Кути в просторі - рядковими літерами грецького алфавіту - $\alpha, \beta, \gamma, \varphi, \dots$
8. Символи основних геометричних операцій: належність одного елемента іншому - \in ; збігання (співпадіння) геометричних елементів - \equiv ; паралельність геометричних елементів - \parallel ; перетин геометричних елементів - \cap ; перпендикулярність елементів - \perp ; мимобіжність прямих - \nparallel ; конгруентність геометричних елементів - \cong .



1 ОСНОВИ МЕТОДУ ПРОЕЦІЮВАННЯ

1.1 Історичний нарис. Предмет нарисної геометрії та інженерної графіки

Мистецтво виконання зображень оточуючих предметів є одним із найдавніших. Людина почала виконувати зображення раніше ніж писати. Історія розвитку людського суспільства нерозривно пов'язана із розвитком мистецтва графічного зображення, яке розвивалось і удосконалювалось одночасно з розвитком живопису, архітектури, мореплавства, кораблебудування і т. і.

Першим систематизованим твором із геометрії (який не дійшов до наших днів) вважається робота Гіппократа Хіоського (V ст. до н.е.). До перших відомих робіт із геометрії відносять роботи Піфагора (530-510 р. до н.е.), Демокріта (460-370 р. до н.е.) і Платона (428-348 р. до н.е.).

Спіраючись на праці своїх попередників, Евклід (365-300 рр. до н.е.) у своїх 13 книгах «Початки» створив завершену геометричну систему, яка використовується і в теперішній час.

Значний вклад у розвиток теорії зображень внесли вчені Леонардо да Вінчі (1452-1519рр.), А. Дюрер (1471-1528 рр.), Ж. Дезарг (1593-1662 рр.), Р. Декарт (1596-1650 рр.) і І. Ламберт (1728-1777 рр.).

Французький учений Г. Монж (1746-1818 рр.) уперше систематизував і узагальнив практичні й теоретичні пошуки в галузі зображень просторових форм на площині і дав перший виклад методу виконання креслеників у своїй роботі «Нарисна геометрія», яка була видана в 1798 р. Саме метод Монжа, і до сьогодення часу, використовується при виконанні різних зображень на сучасних креслениках.

Масове виробництво в XIX-XXI ст. направило зусилля фахівців різних сфер виробництва на створення системи державних стандартів, якими вводилися обов'язкові правила виконання зображень на кресленнях. Ці правила з часом змінювалися, уточнювалися і удосконалювалися.

Знакова система креслень також зазнала еволюційних змін: від сувоїв, що містили докладну розповідь про те, як вести будівництво храмів, що додавались до планів споруд в XII ст., докладних технічних описів (трактатів) виготовлення того чи іншого механізму, що використовувалися в XV ст., до розробки проектної та техніко-технологічної документації на виробі за допомогою комп'ютерної техніки в сучасний період, яка стала ефективною, зрозумілою і компактною.

«Інженерна та комп'ютерна графіка» – це наукова дисципліна, яка вивчає способи побудови точного зображення просторових форм на площині, розглядає графічні методи розв'язання геометричних задач і розкриває геометричні властивості просторових форм. Такі зображення прийнято називати креслениками. Кресленики мають велике значення в усіх галузях виробництва, тому що за їх допомогою можна уявити не тільки форму об'єкта, але й усі його розміри, взаємне розміщення окремих частин і навіть матеріал, із якого він виготовлений.



За допомогою кресленика можна передати свої думки, ідеї та уявлення як про існуючі просторові форми, так і про нові, які виникають у процесі творчої праці інженера.

Предметом дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка» - є розробка методів побудови зображень та читання креслеників, способів розв'язання за допомогою креслеників геометричних задач, вивчення методів геометричного моделювання, тобто створення проєкцій об'єкта, який відповідав би наперед заданим геометричним та іншим вимогам, а також побудова зображень предметів та об'єктів конкретної галузі інженерної діяльності за допомогою сучасної комп'ютерної техніки.

Тому **ціллю** вивчення дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка» є:

- розвиток просторової уяви в студента;
- розвиток особистих здібностей до аналізу та синтезу просторових форм;
- вироблення навичок, необхідних для виконання і читання технічних креслеників;
- знайомство із сучасними пакетами програм для автоматизації виконання графічних робіт.

Комп'ютеризація всіх форм діяльності, зокрема широке застосування ПК, їх периферії, показала принципову та ефективну можливість виконання креслеників, інших графічних побудов за рахунок активного використання персональних комп'ютерів. В основі комп'ютерної графіки, за допомогою якої можуть виконуватись одноманітні, трудомісткі операції або складні розрахунки, лежать: обчислювальна геометрія, системи алгоритмів та програм, використання графічних мов, пакетів тощо.

Абсолютно очевидно, що **комп'ютерна графіка** як одна із підсистем САПР (Система автоматизованого проектування) може розвиватись лише на основі широкого використання законів і правил нарисної геометрії та інженерної графіки.

Для побудови зображення будь-якого об'єкта необхідно мати геометричний простір та формоутворюючі елементи простору.

Геометричним простором сучасна геометрія називає сукупність однорідних об'єктів (фігур). Формоутворюючими елементами простору є геометричні фігури, які можна представляти будь-якими множинами точок. Геометричних фігур дуже багато, але до основних можна віднести лише три: точку, пряму і площину, з яких утворюються більш складні фігури.

В основу методу нарисної геометрії та інженерної графіки покладений **метод проєкцій**, який дозволяє отримувати відображення просторових фігур на площині або поверхні. Згідно із цим методом кожній точці тривимірного простору ставиться у відповідність точка двовимірного простору (площини) (рис. 1.1).

Точка S називається *центром проєціювання*, напрямком SA – *проєціюючим променем*, площина Π_i – *площиною проєкцій* і точка A_i – *проєцією точки A на площину проєкцій Π_i* .

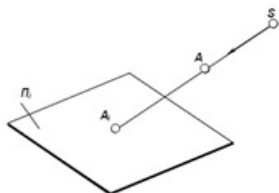


Рисунок 1.1

Метод проєкцій включає два випадки:

Центральне проєціювання.

При центральному проєціюванні проєціюючі промені (рис. 1.2) виходять із однієї точки – центра проєціювання S , який знаходиться на визначеній (заданій) відстані від площини проєкцій Π .

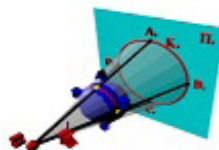


Рисунок 1.2

Для побудови центральної проєкції m кривої лінії m необхідно вибрати на цій лінії деяку кількість точок, побудувати їх проєкції і з'єднати відповідною лінією (рис. 1.3).

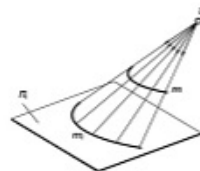


Рисунок 1.3

При центральному проєціюванні кривої лінії проєціюючі промені утворюють у просторі конічну поверхню, тому цей вид проєціювання має ще іншу назву – *конічне проєціювання*.

Центральне проєціювання – найбільш загальний випадок проєціювання геометричних образів на площину. Основними і незмінними його властивостями (*інваріантами*) є наступні:

- проєкцією точки є точка;
- проєкцією прямої є пряма (в частковому випадку – точка);
- якщо точка належить прямій, то проєкція цієї точки належить проєкції прямої.

Однією із особливостей центрального проєціювання є його достатня наочність, оскільки воно відповідає природньому зоровому сприйняттю людиною навколишніх предметів, і тому найбільш широке застосування цей вид проєціювання отримав при виконанні перспективних зображень. Основний його недолік – складність у визначенні дійсних розмірів предмета за його зображенням.

Паралельне проєціювання.

Паралельне проєціювання можна розглядати як частковий випадок центрального, коли центр проєціювання S знаходиться в нескінченності. При цьому проєціюючі промені паралельні між собою (рис. 1.4), і тому інша назва цього виду проєціювання – *циліндричне проєціювання*. Апарат паралельного проєціювання включає в себе площину проєкцій Π та напрямок проєціювання s , який задається кутом φ нахилу проєціюючого променя до площини проєкцій. Залежно від значення кута φ паралельне проєціювання може бути *косокутним* ($\varphi \neq 90^\circ$) або *прямокутним* ($\varphi = 90^\circ$).

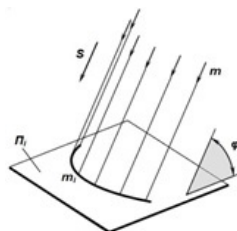


Рисунок 1.4

Основні властивості паралельного прямокутного проєціювання (рис. 1.5):

- а) точка проєціюється в точку;
- б) пряма проєціюється в пряму;
- в) якщо точка належить прямій, то і проєкції точки

належать проєкціям цієї прямої;

г) якщо прями перетинаються в якійсь точці, то проєкція цієї точки визначається перетином проєкцій цих прямих;

д) якщо прями паралельні, то їх однойменні проєкції паралельні;

е) відношення відрізків прямої дорівнює відношенню проєкцій цих відрізків;

ж) відношення відрізків паралельних прямих дорівнює відношенню проєкцій цих відрізків;

и) якщо фігура належить площині, паралельній площині проєкцій, то вона проєціюється на цю площину проєкцій у натуральну величину.

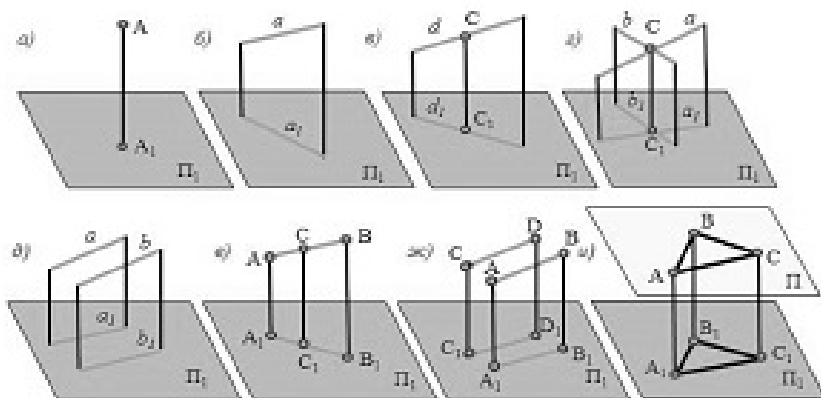


Рисунок 1.5

1.2 Прямокутні проекції. Комплексний кресленик Монжа. Проеціювання точки в четвертях і октантах

Відомо, що проекційні зображення, які використовуються в технічній документації, повинні відповідати наступним основним вимогам:

- бути **оберненими** (метрично визначеними), тобто такими, щоб по них можна було визначити форму і розміри зображеного предмета;
- бути **наочними**, тобто такими, щоб по них можна було уявити зображений предмет і його положення у просторі;
- бути відносно **простими у графічному виконанні**.

Розглянуті методи проєціювання на одну площину проекцій дають можливість розв'язати *пряму задачу*: як маючи предмет, знайти його проекцію, але не дозволяє розв'язати *обернену задачу*: як маючи проекцію, визначити форму і розміри предмета. Наприклад, маючи проекцію точки A_1 (рис. 1.1), не можна визначити положення самої точки A в просторі, оскільки невідома її відстань до площини проекцій Π_1 .

Наявність лише однієї проекції створює невизначеність зображення. Такі зображення повинні містити додаткові дані, щоб по них можна було визначити оригінал.

Розглянемо деякі способи доповнення зображень геометричних образів при центральному або паралельному проєціюванні.

На практиці найбільш широке застосування знайшли наступні способи доповнення однопроєкційного зображення: проекції з числовими відмітками; векторіальні (Федоровські) проекції; аксонометричні проекції; перспективні проекції; прямокутні проекції.

Проекції з числовими відмітками. Цей метод зображень ґрунтується на тому, що для кожної точки предмета на площині проекцій додатково вказують величину її відстані (при визначених одиницях виміру) від заданої площини проекцій. Цю відстань називають числовою відміткою точки. Кресленики з числовими відмітками використовують в основному у картографії, при проектуванні доріг і т. і.

Векторіальні (Федоровські) проекції названі в честь академіка Є.С. Федорова, який запропонував зображати висоти точок предмета при допомозі паралельних відрізків. Початок відрізка – в проекції відповідної точки. Довжина відрізка дорівнює висоті точки. Цей метод зображення знаходить застосування в кристалографії, геології і т. і.

Аксонометричні проекції детальніше розглядаються у розділі 4. Тут можна лише відзначити, що зображенням, отриманим за допомогою методу аксонометричних проекцій, притаманна більша наочність, але вони і більш трудомісткі при виконанні.

Перспективні проекції. Перспектива - спосіб зображення предметів простору на площині або будь-якій іншій поверхні відповідно до законів центрального проєціювання і до тих уявних змін розмірів, геометрії їх форми і світлотіньових відчуттів, які глядач спостерігає в природі. Такий вид проекцій активно застосовується в архітектурі,



дизайні, будівництві, образотворчому мистецтві.

Прямокутні проєкції знайшли найбільш широке застосування при виконанні технічних креслень, тому що в цьому випадку забезпечується простота графічних побудов і висока точність вимірів. Основний недолік цього методу – недостатня наочність зображення. Для того, щоб «побачити» (увявити) предмет, необхідно подумки поєднати його наявні «плоскі» зображення.

Метод прямокутних проєкцій ґрунтується на тому, що предмет за допомогою ортогонального (прямокутного) проєціювання одночасно зображають на декількох взаємно-перпендикулярних площинах проєкцій, приєднаних до просторової прямокутної системи координат.

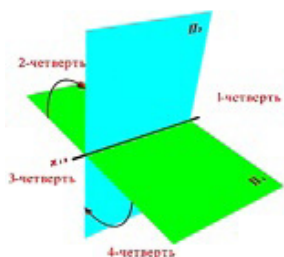


Рисунок 1.6

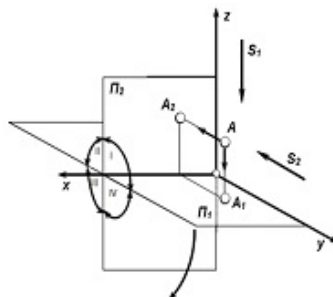


Рисунок 1.7

Розглянемо дві взаємно-перпендикулярні площини, які ділять простір на 4 частини, що називаються **четвертями** або **квадрантами** (рис. 1.6). Така модель називається **двоплощинною** (рис. 1.7). Відповідно площина **П1** називається **горизонтальною площиною проєкцій**, а **П2** – **фронтальною площиною проєкцій**.

При двох напрямках проєціювання, що прийняті в системі прямокутних проєкцій, довільна точка **A** зображується парою точок (**A1** – горизонтальна проєкція, **A2** – фронтальна проєкція). Неважко помітити, що точка простору віддалена від площини проєкцій **П1** та **П2** на відстань від осі відповідно до її фронтальної та горизонтальної проєкції. Кресленик, що містить проєкції на двох полях проєкцій, позиційно повний та метрично визначений.

Однак, завдяки тривимірності просторової фігури, а також у зв'язку із тим, що по двох зображеннях не завжди просто визначити конструкцію складного об'єкта, його комплексний кресленик стає зрозумілішим, коли крім двох основних проєкцій дано ще проєкцію на третю площину. У ролі третьої площини (поля проєкцій) найчастіше вибирають **профільну площину проєкцій П3**, перпендикулярну до **П1** та **П2** (рис. 1.8), тому третя проєкція точки – **A3** називається профільною. Така модель є **триплощинною**.

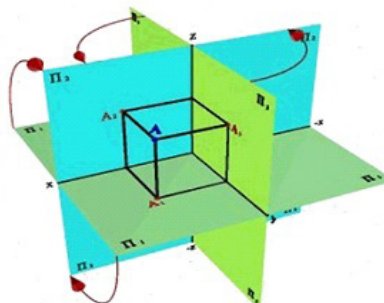


Рисунок 1.8

При побудові комплексного кресленника або **епюра Монжа** з трьох прямокутних проекцій площину Π_2 приймають нерухомою, а площини Π_1 та Π_3 суміщають з нею обертанням навколо осей x та z .

Площини (поля) проекцій Π_1 , Π_2 та Π_3 , перетинаючись по трьох лініях, задають **просторову декартову систему координат** (рис. 1.9). Точка O є початком координат, вісь x – віссю абсцис, вісь y – віссю ординат та вісь z – віссю апікат. Неважко помітити, що проєкції A_1 та A_2 лежать на одній вертикальній лінії, а проєкції A_2 та A_3 – на одній горизонтальній лінії, які називаються **лініями зв'язку**.

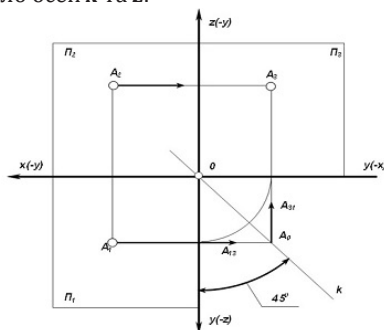


Рисунок 1.9

Розглянемо, якою лінією зв'язку можна з'єднати проєкції A_1 та A_3 .

Для цього розглянемо квадрат O, A_{31}, A_0, A_{13} (рис. 1.10). Діагональ цього квадрата – бісектриса кута $y(-z), O, y(-x)$. Лінія зв'язку, яка з'єднує проєкції A_1 та A_3 – ламана, що складається з двох відрізків (горизонтального та вертикального) з вершиною на бісектрисі k кута $y(-z), O, y(-x)$. Частину цієї ламаної інколи замінюють дугою кола. Таким чином, між горизонтальною та профільною проєкціями існує ламана горизонтально-вертикальна лінія зв'язку. Бісектрису k , що є множиною вершин цих ламаних ліній, називають **постійною прямою** комплексного кресленника.

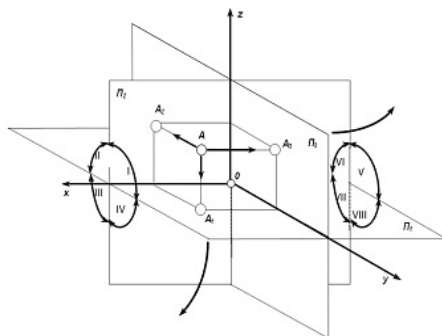


Рисунок 1.10

Площини проекцій Π_1 , Π_2 та Π_3 ділять тривимірний простір на вісім частин, які називаються **октантами**. У тих випадках, коли точка задається координатами, можна будувати комплексний кресленник, керуючись величиною та знаками координат, навіть не визначаючи октант, у якому задана точка. Знаки координат, які відповідають тому чи іншому октанту, наведені у таблиці 1.

Таблиця 1. Знаки координат, які відповідають октанту.

ОКТАНТИ	1	2	3	4	5	6	7	8
x	+	+	+	+	-	-	-	-
y	+	-	-	+	+	-	-	+
z	+	+	-	-	+	+	-	-

По-іншому розміщуються проєкції точок, що знаходяться в 2(6), 3(7) та 4(8) четвертях (октантах) простору. На рис. 1.11 показано розташування

точок в різних чвертях простору. *Якщо одна з проєкцій точки знаходиться на осі, то точка простору належить одній із площин проєкцій і розташована на границі чвертей.*

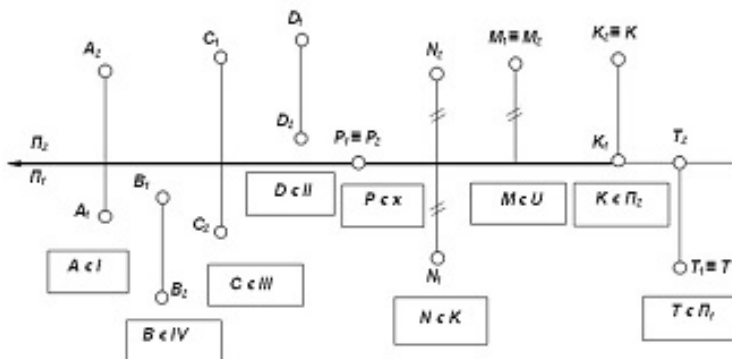


Рисунок 1.11

Якщо відстані від проєкцій точок до осі рівні, то точка простору належить бісекторній площині.

Бісекторна площина – це площина, яка ділить чверті навпіл. Площина, яка проходить через 1 і 3 чверті називається 1 бісекторною площиною і позначається буквою *K*, площина, яка проходить через 2 і 4 чверті – 2 бісекторною площиною і позначається буквою *U*.

Приклад. Побудувати комплексний кресленник точок $A(-30, -20, 40)$ та $B(10, 30, -10)$ і визначити октанти простору, у яких вони розташовані. Користуючись **таблицею 1**, легко визначити, що точка *A* задана в 6 октанті, а точка *B* – в 4. Комплексний кресленник точок наведений на рис. 1.12.

В практичних додатках користуються, як правило, 1 октантом, тому подальший матеріал буде подаватися стосовно нього.

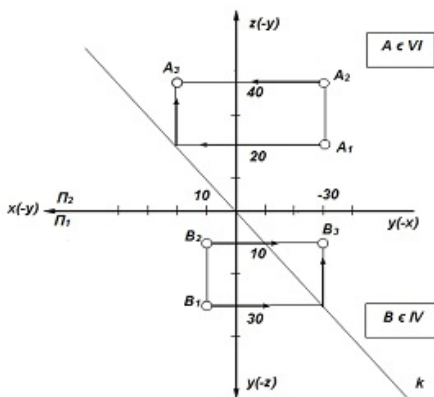
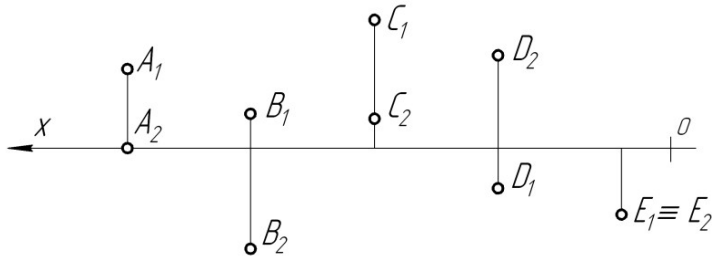


Рисунок 1.12

ПРАКТИКА

1. Яка з точок, зображених на епюрі, розташована у другій чверті?



а) A

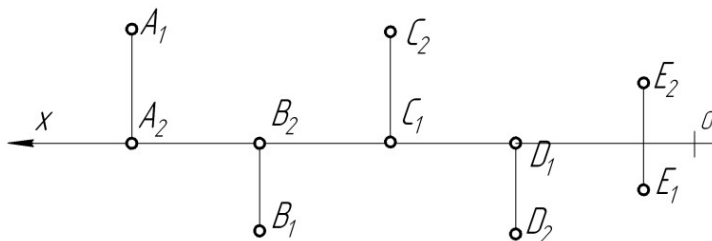
б) B

в) C

г) D

д) E

2. Яка з точок, зображених на епюрі, розташована у передній півплощині горизонтальної площини проєкцій?



а) A

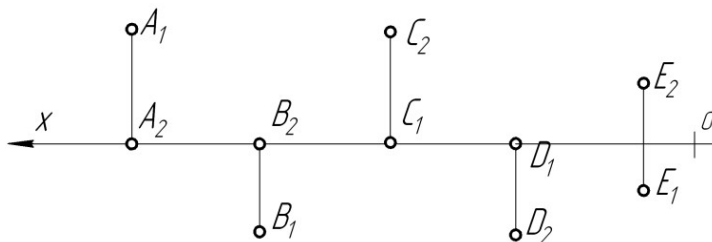
б) B

в) C

г) D

д) E

3. Яка з точок, зображених на епюрі, розташована у верхній півплощині фронтальної площини проєкцій?



а) A

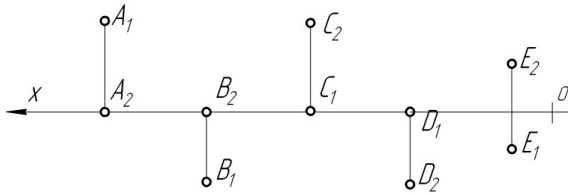
б) B

в) C

г) D

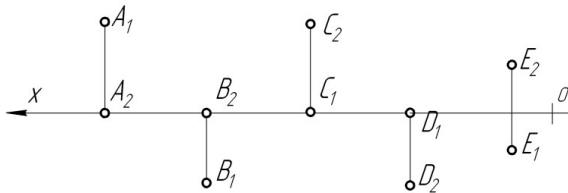
д) E

4. Яка з точок найближче розташована до фронтальної площини проєкцій?



- | | | | |
|------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| a) A (50;10;-75) | б) B (35;-5;15) | в) C (10;10;20) | г) D (20;40;-10) |
|------------------|-----------------|-----------------|------------------|

5. Яка з точок найбільш віддалена від горизонтальної площини проєкцій?



- | | | | |
|-------------------|----------------|-----------------|------------------|
| a) A (25;-10;-75) | б) B (35;5;30) | в) C (10;45;25) | г) D (10;-15;55) |
|-------------------|----------------|-----------------|------------------|

6. Яка з точок належить фронтальній площині проєкцій?

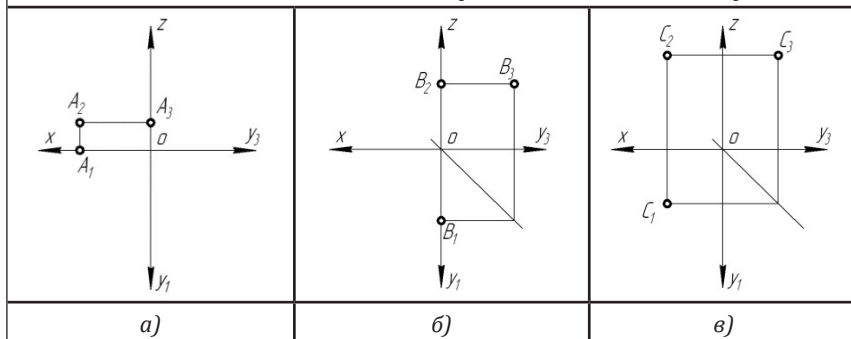
a)	б)	в)

7. Яка з точок належить профільній площині проєкцій?

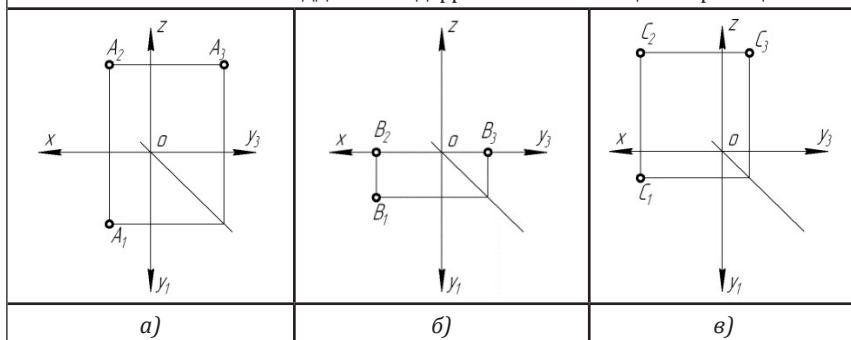
a)	б)	в)



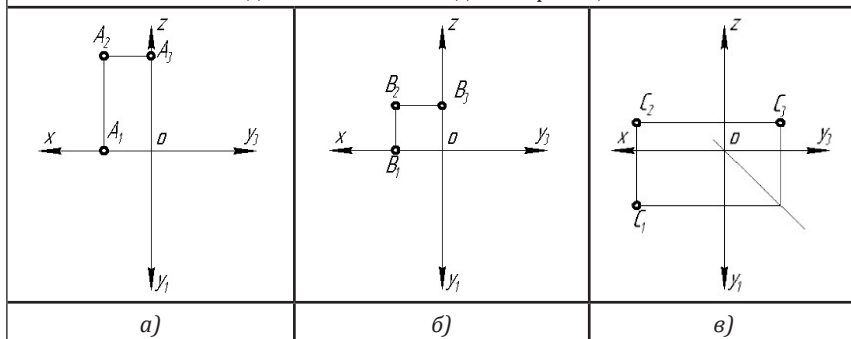
8. Яка з точок найбільш віддалена від горизонтальної площини проєкцій?



9. Яка з точок найбільш віддалена від фронтальної площини проєкцій?



10. Яка з точок знаходиться найближче до осі проєкцій OY?



1.3 Прямокутні проєкції. Проєкції прямої. Проєкції площини

Пряму в геометрії розглядають як множину точок; її проєкції у загальному випадку також прямі. В системі площин Π_1 та Π_2 пряма загального положення зображується двома прямими. Оскільки дві точки визначають будь-яку пряму, то при рішенні практичних задач часто пряму задають відрізком, наприклад MT (рис. 1.13).

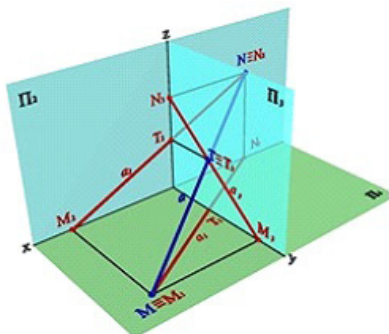


Рисунок 1.13
площиною проєкцій. H_1 і H_2 – відповідно горизонтальна проєкція горизонтального сліду і фронтальна проєкція горизонтального сліду.

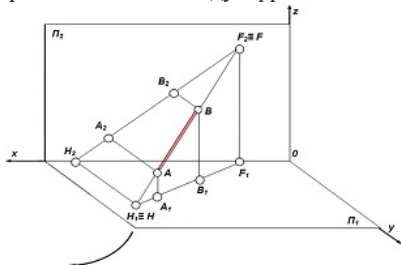


Рисунок 1.14
площиною проєкцій. H_1 і H_2 – відповідно горизонтальна проєкція горизонтального сліду і фронтальна проєкція горизонтального сліду.

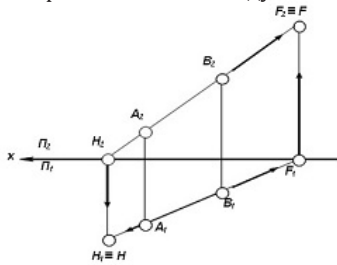


Рисунок 1.15

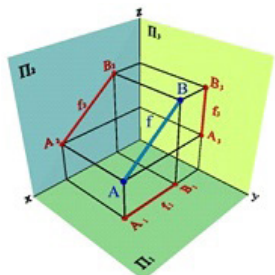


Рисунок 1.16

Фронтальний слід (F) – точка перетину з фронтальною площиною проєкцій. F_1 і F_2 – відповідно горизонтальна проєкція фронтального сліду та фронтальна проєкція фронтального сліду. На рис. 1.15 показаний епюр прямої та послідовність знаходження її слідів.

Прямі часткового положення – це прямі, які паралельні або перпендикулярні площинам проєкцій.

Прямі, паралельні площинам проєкцій, належать до так званих **прямих рівня** (рис. 1.16)



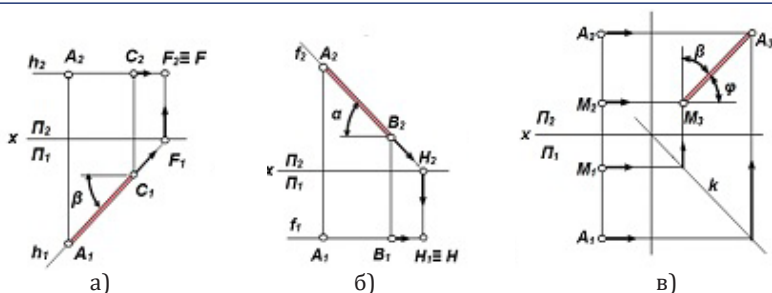


Рисунок 1.17

і називаються **АС – горизонтальною** прямою (рис. 1.17а), **АВ – фронтальною** прямою (рис. 1.17б), **АМ – профільною** прямою (рис. 1.17в).

Відрізки прямих зображуються в натуральну величину на площині проєкцій, якій вони **паралельні**.

Прямі, перпендикулярні до площин проєкцій, називають проєціючими: **АК – горизонтально-проєціюча** або **вертикальна** (рис. 1.18а), **АР – фронтально-проєціюча** (рис. 1.18б), **АТ – профільно-проєціюча** (рис. 1.18в).

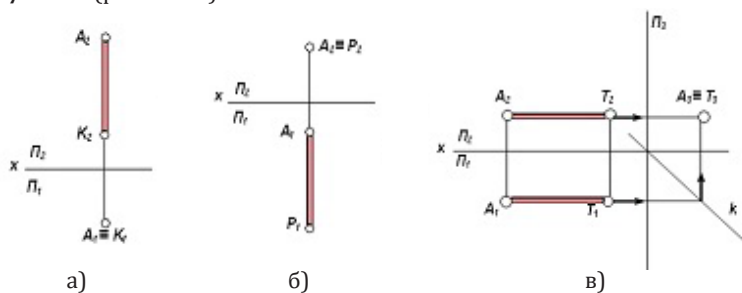


Рисунок 1.18

Такі прямі зображуються точкою на площині проєкцій, до якої вони перпендикулярні. При цьому вони паралельні двом іншим площинам проєкцій. При розгляді відрізка прямої часто виникає потреба у визначенні його натуральної величини та кутів нахилу до площин Π_1 та Π_2 , тобто доводиться розв'язувати **першу основну метричну задачу**. Дійсно, відстань між двома фігурами вимірюється відстанню між найближчими точками цих фігур.

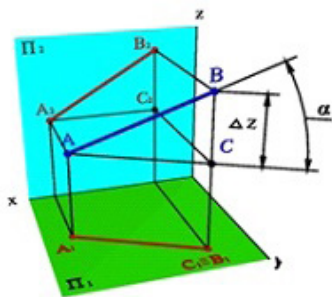


Рисунок 1.19

Для визначення натуральної величини відрізка прямої загального положення треба виконати деякі побудови.

На рис. 1.19 показано відрізок **АВ** та дві площини проєкцій Π_1 та Π_2 .

Якщо з точки **А** провести відрізок **АС**, паралельний його горизонтальній проєкції **А1В1**, то утвориться прямокутний трикутник **АВС**, гіпотенуза якого – відрізок **АВ**. Розглянувши цей трикутник, можна зробити висновок, що натуральна

величина відрізка прямої загального положення дорівнює гіпотенузі прямокутного трикутника, один катет якого – одна з проєкцій відрізка, а другий – різниця відстаней кінців другої проєкції відрізка до осі. Відповідну побудову виконано на рис. 1.20.

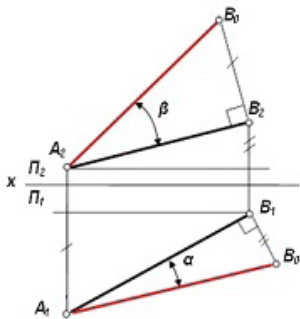


Рисунок 1.20

прямі, дві прямі, що перетинаються, точка і пряма (точка не належить прямій), будь-яка плоска фігура та сліди площини (рис. 1.21).

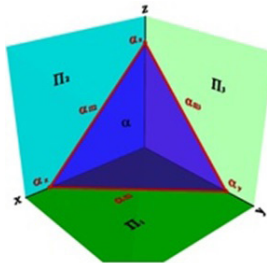


Рисунок 1.21

Одночасно визначається і кут α нахилу прямої до горизонтальної площини проєкції Π_1 . Щоб знайти кут нахилу прямої до фронтальної площини проєкцій, відповідну побудову треба виконати на полі Π_2 . Цей спосіб визначення величини відрізка прямої називають **способом прямокутного трикутника**.

Якщо точка є нульвимірною геометричною фігурою, пряма – *одновимірною*, то площина – *двовимірною* геометричною фігурою.

Задавати площину можуть три точки, що не лежать на одній прямій, дві паралельні прямі, дві прямі, що перетинаються, точка і пряма (точка не належить прямій), будь-яка плоска фігура та сліди площини (рис. 1.21).

Сліди площини – це лінії перетину площини з площинами проєкцій. Задання площини її слідами – найпростіший спосіб задання. На рис. 1.22а площину задано точкою сходу слідів на осі x , а також кутами, які сліди утворюють з віссю x .

Площини не паралельні та не перпендикулярні площинам проєкцій, називаються площинами загального положення (рис. 1.22).

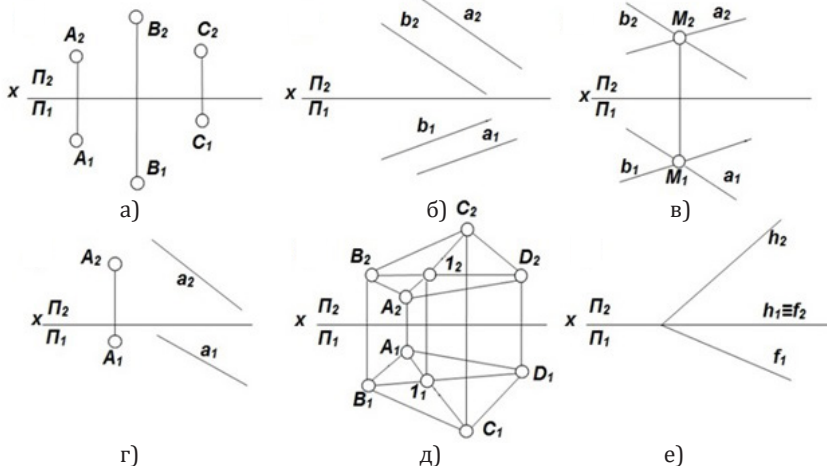


Рисунок 1.22

Площини, перпендикулярні площинам проєкцій, є площинами часткового положення і називаються **проєціюючими**.



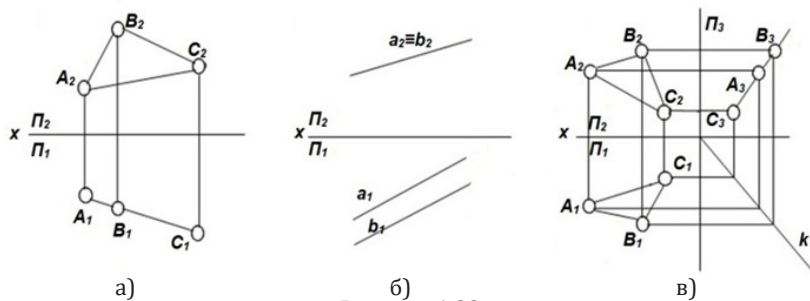


Рисунок 1.23

Площина, перпендикулярна до горизонтальної площини проєкцій, називається **горизонтально-проєціюючою** (рис. 1.23а).

Площина, перпендикулярна до фронтальної площини проєкцій, називається **фронтально-проєціюючою** (рис. 1.23б).

А площина, перпендикулярна профільній площині проєкцій, є **профільно-проєціюючою** (рис. 1.23в).

Площини, паралельні площинам проєкцій, називаються площинами рівня. Відсіки площин рівня на відповідних площинах проєкцій зображуються в натуральну величину.

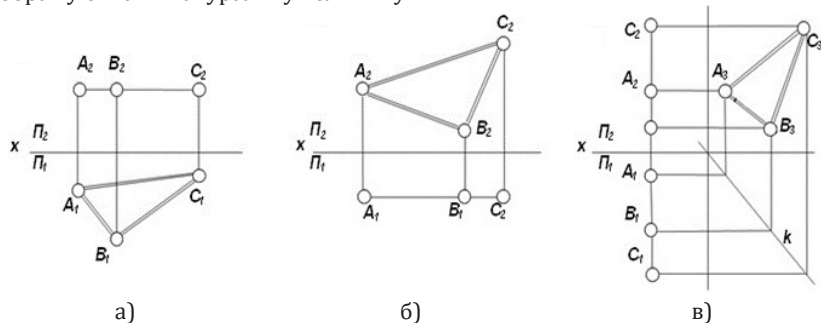
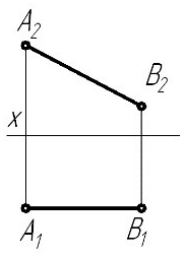
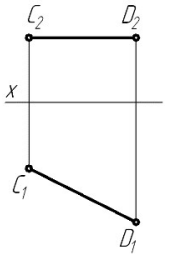
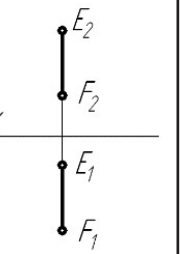
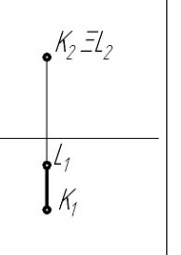


Рисунок 1.24

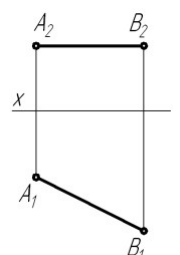
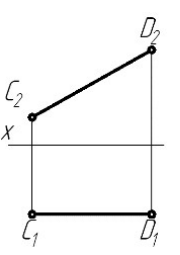
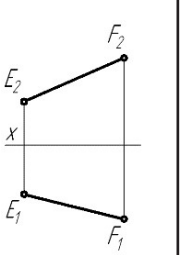
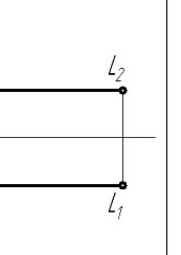
Площина, паралельна горизонтальній площині проєкцій, називається **горизонтальною** (рис. 1.24а), площина, паралельна фронтальній площині проєкцій, називається **фронтальною** (рис. 1.24б), площина, паралельна профільній площині проєкцій, – **профільна площина рівня** (рис. 1.24в).

ПРАКТИКА

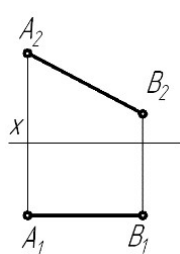
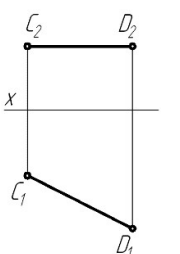
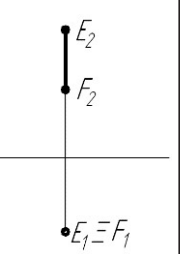
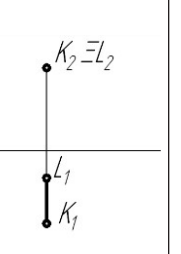
1. На якому епюрі відрізок паралельний тільки до фронтальної площини проєкцій?

			
а)	б)	в)	г)

2. На якому епюрі зображено відрізок загального положення?

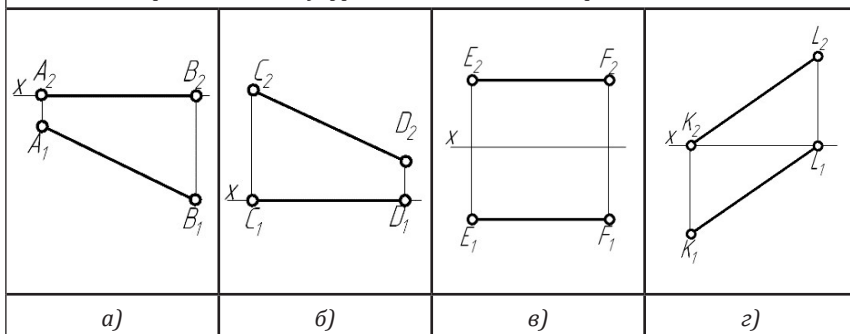
			
а)	б)	в)	г)

3. На якому епюрі відрізок перпендикулярний до горизонтальної площини проєкцій ?

			
а)	б)	в)	г)



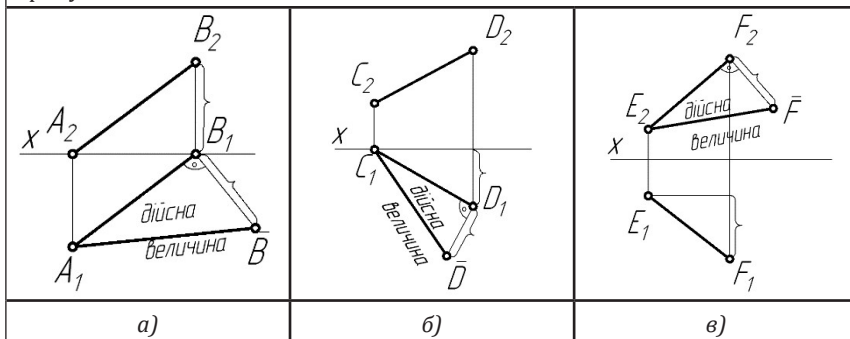
4. Який з відрізків лежить у фронтальній площині проєкцій?



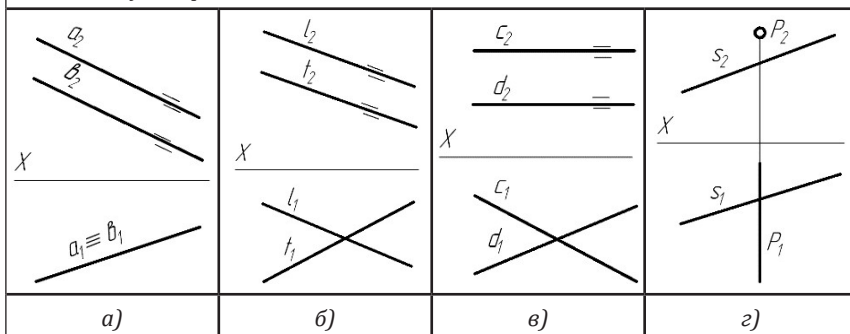
5. Який з відрізків паралельний тільки фронтальній площині проєкцій?

а) $AB: A(10;20;30)$ $B(20;10;30)$	б) $CD: C(10;20;30)$ $D(20;20;10)$	в) $EF: E(20;10;30)$ $F(20;20;10)$	г) $KL: K(10;40;10)$ $L(10;20;10)$
---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------

6. На якому епюрі допущена помилка при визначенні натуральної величини відрізка прямої загального положення способом побудови прямокутного трикутника?



7. На якому епюрі задана площина?



8. Як називається площина, яка не паралельна і не перпендикулярна до жодної з площин проєкцій?

а)	горизонтальна
б)	фронтальна
в)	профільна
г)	довільного (загального) положення

9. На якому епюрі зображено горизонтальну площину?

а)	б)	в)	г)

10. На якому епюрі зображено фронтальну площину?

а)	б)	в)	г)

11. На якому епюрі зображено фронтально-проєціючу площину?

а)	б)	в)	г)



1.4 Позиційні властивості пар геометричних елементів. Належність

У геометрії розглядаються дві групи задач: *позиційні та метричні*, в основу яких покладено позиційні та метричні властивості пар їх проєкцій.

Позиційні задачі – це задачі на визначення загальних елементів різних геометричних фігур (належність, перетин, тощо).

Належність.

1.4.1 Точка і пряма

Точка може належати або не належати прямій. Для розв'язання питання про належність досить розглянути їх проєкції, прийнявши до уваги таку властивість: **точка належить прямій, якщо її проєкції належать тим же проєкціям прямої, і не належить прямій, коли хоча б одна з її проєкцій не належить тій же проєкції прямої.**

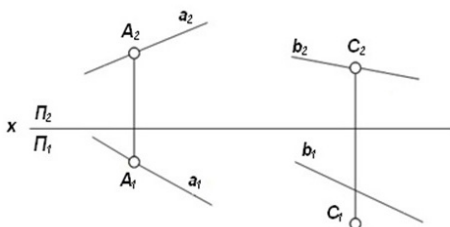


Рисунок 1.25

На рис. 1.25 показано прямі a та b . Точка A , проєкції якої належать відповідним проєкціям прямої a , належить цій прямій. Точка C не належить прямій b , бо її горизонтальна проєкція не належить горизонтальній проєкції прямої.

Для двох проєкцій (фронтальної та горизонтальної) профільної прямої умови належності

недостатні, бо якщо пряма і точка належать одній профільній площині, то проєкції точки завжди належать проєкціям прямих. У цьому випадку потрібно внести однозначність, яка полягає у тому, що профільна проєкція точки повинна належати профільній проєкції прямої або, що аналогічно, повинна своїми проєкціями ділити проєкції довільно зафіксованого на прямій відрізка в одному й тому ж відношенні.

1.4.2 Пряма та площина

Пряма належить площині, якщо дві її точки належать площині (рис. 1.26, 1.27а) або коли **вона проходить через точку, що належить площині, та паралельна іншій прямій, що належить площині** (рис. 1.27б). Для задання прямої, що належить площині, досить задати її горизонтальну чи фронтальну проєкцію.

Крім того, є лінії, що належать площині і займають *часткове положення*. До таких ліній можна віднести *лінії рівня*.

Лініями рівня площини називають лінії, що належать даній площині та паралельні одній із площин проєкцій.

Горизонталь площини (горизонтальна пряма рівня площини) – це лінія, що належить площині та паралельна до Π_1 .

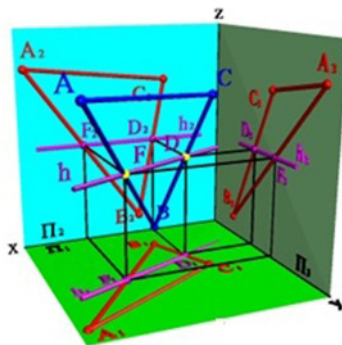


Рисунок 1.26

На рис. 1.28а проведено горизонталь CD . Фронталь площини (фронтальна пряма рівня площини) – лінія, що лежить у площині та паралельна до Π_2 .

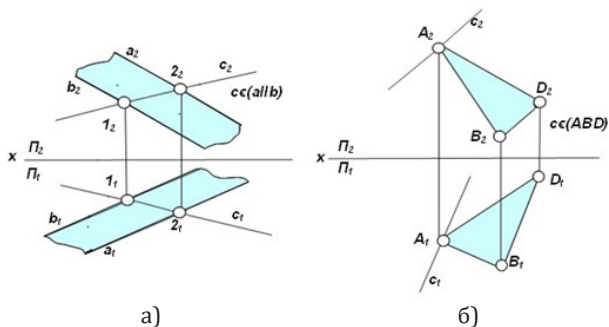


Рисунок 1.27

На рис. 1.28б проведено фронталь f . Горизонталь та фронталь часто використовуються при заданні площини, що дозволяє виявити її орієнтацію відносно площин проекцій. Сліди площини також є крайніми положеннями горизонталі h чи фронталі f , їх у цьому випадку називають нульовими (рис. 1.28б).

Профільна пряма рівня – лінія, що належить площині та паралельна профільній площині проекцій Π_3 .

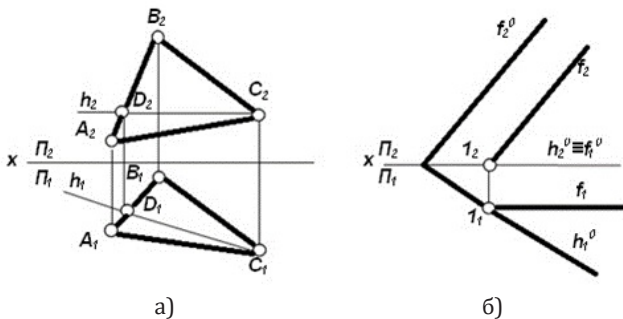


Рисунок 1.28

1.4.3 Точка та площина

Точка може належати площині або не належати їй. Це визначається за допомогою прямої, що належить площині.

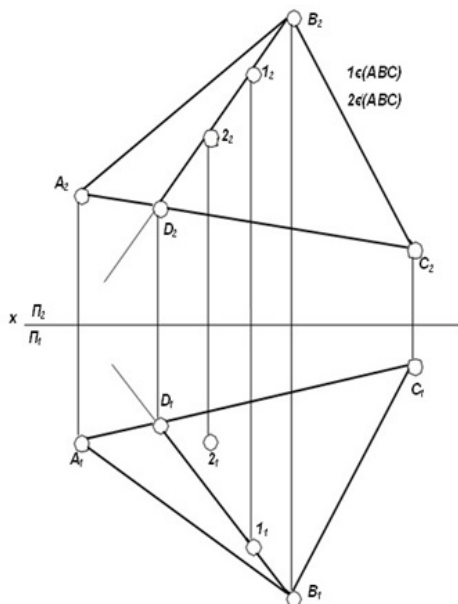
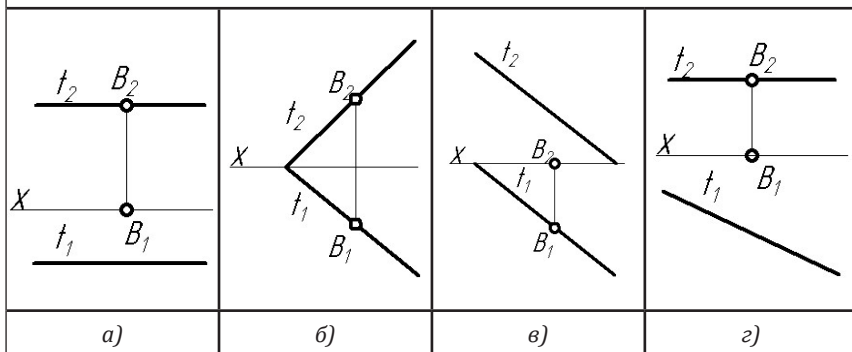


Рисунок 1.29

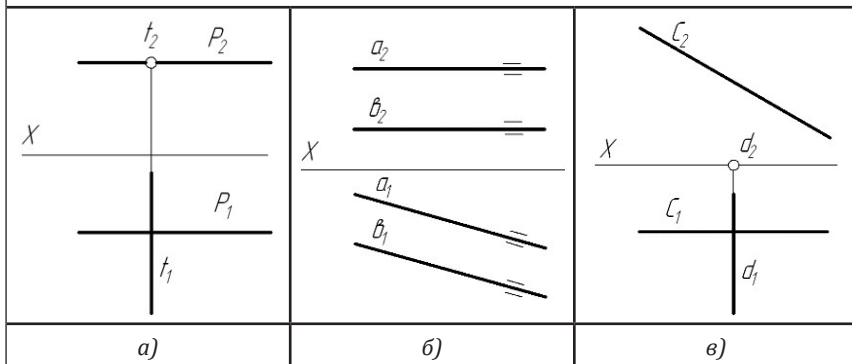
На рис. 1.29 показано трикутний відсік ABC і задано точки 1 та 2 . Точка 1 належить площині, бо вона належить прямій BD , що є підмножиною площини; точка 2 не належить площині, бо тільки фронтальна проекція її належить фронтальній проекції прямої – B_2D_2 , а горизонтальна проекція не належить B_1D_1 . Звідси можна сформулювати таку властивість: **точка належить площині, якщо обидві її проекції збігаються з тими самими проекціями прямої, що належить площині.**

ПРАКТИКА

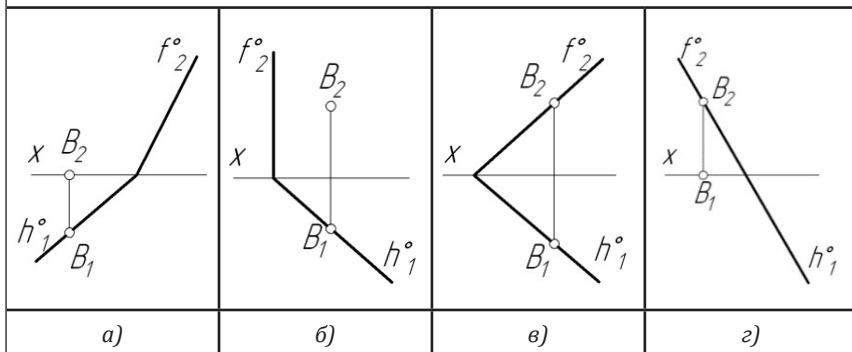
1. На якому епюрі точка B належить прямій t ?



2. На якому епюрі зображено дві прямі, що перетинаються?



3. На якому епюрі точка B не належить площині, що задана слідами?



4. На якую епюрі точка C не належить площині, що задана слідами?

а)	б)	в)	г)

5. Вказати точку, яка належить площині, що задана паралельними прямими l і k .

	а)	1
	б)	2
	в)	3
	г)	4

6. Вказати точку, яка лежить в площині, що задана слідами.

	а)	1
	б)	2
	в)	3
	г)	4

7. Вказати точку, яка лежить на площині, що задана прямими l і k .

	а)	1
	б)	2
	в)	3
	г)	4

8. На якому епюрі сторона трикутника ABC є горизонталь?

а)	б)	в)

9. На якому епюрі правильно побудовано горизонталь через точку B ?

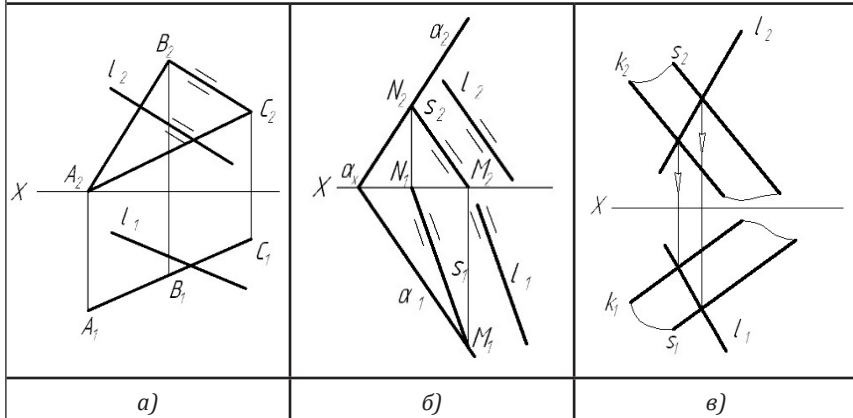
а)	б)	в)	г)

10. На якому епюрі правильно побудовано фронталь?

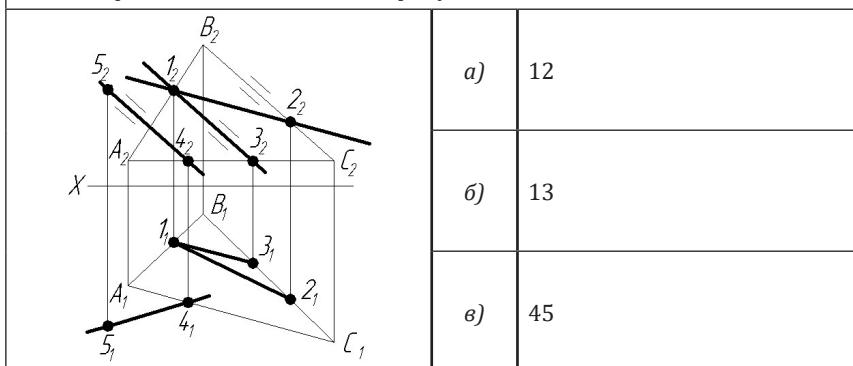
а)	б)	в)	г)



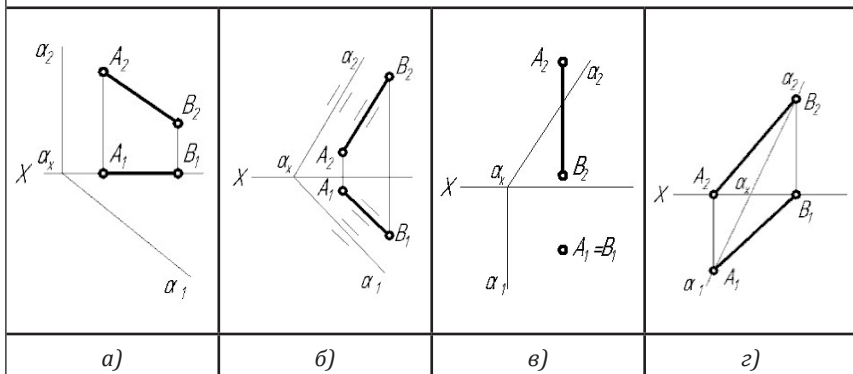
11. На якому епюрі пряма l лежить в площині?



12. Яка пряма належить площині трикутника ABC ?



13. На якому епюрі відрізок AB належить площині α ?



1.5 Методи перетворення креслень. Заміна площин проєкцій

Розв'язання більшості геометричних задач зводиться до визначення *метричних та позиційних характеристик окремих фігур*. Фігура або геометричний елемент по відношенню до площин проєкцій Π_1 , Π_2 та Π_3 може займати *загальне* (незручне) і *часткове* (зручне) положення. При загальному положенні геометричних елементів і фігур розв'язок задач, як правило, більш складний і триваліший за часом. Але від зміни розташування фігур відносно площин проєкцій її характеристики не міняються (рис. 1.30).

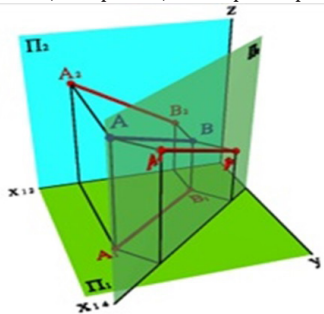


Рисунок 1.30

Всі ці методи направлені на ефективне розв'язання метричних та позиційних задач, тому для студента важливо добре засвоїти один із методів, наприклад **метод заміни площин проєкцій**.

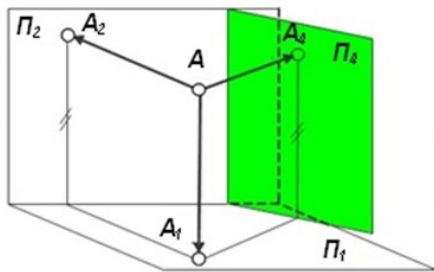
Тобто, після перетворення комплексного креслення додаткові проєкції дають можливість розв'язати задачі найпростішими графічними способами.

Основними методами перетворення креслеників є:

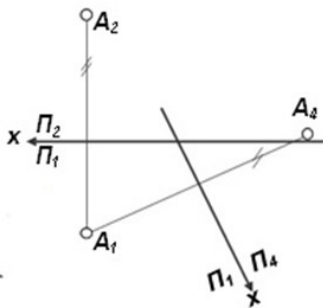
- заміна площин проєкцій;
- плоско-паралельне переміщення (обертання навколо невиявлених осей);
- обертання навколо проєціюючих осей;
- обертання навколо ліній рівня.

1.5.1 Заміна площин проєкцій

На рис. 1.31а в системі площин проєкцій Π_1 та Π_2 показано точку A . Перпендикулярно до площини Π_1 проведено нову вертикальну площину Π_4 , на яку ортогонально спроеційовано точку A .



а)



б)

Рисунок 1.31



Таким чином, замість системи площин проєкцій $\Pi_1\Pi_2$ з проєкціями точки A_1A_2 , одержано систему $\Pi_1\Pi_4$ з проєкціями точки - A_1A_4 . При такій заміні відстань від старої проєкції до старої осі дорівнює відстані від нової проєкції до нової осі. На комплексному кресленнику (рис. 1.31б) цю відстань показано подвійною рисою.

Звідси можна зробити висновок про суть цього методу: **розташування елементів або фігур залишається незмінним, а змінюється розташування площин проєкцій**. Нові площини вибираються завжди перпендикулярно до старих і так, щоб фігури проєціювалися на них в частковому положенні.

Розглянемо чотири основні задачі перетворення креслеників.

а) **перетворення прямої загального положення в пряму рівня (визначення натуральної величини відрізка прямої)**. На рис. 1.32 зображено відрізок прямої загального положення AB .

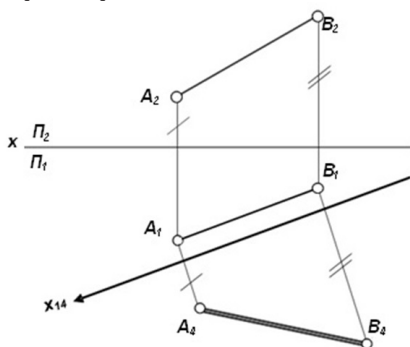


Рисунок 1.32

Щоб отримати його натуральну величину, тобто перетворити його у пряму рівня, досить провести нову площину паралельно одній із проєкцій; на рисунку вісь x_{14} паралельна горизонтальній проєкції прямої. Відклавши від нової осі відповідні відстані від фронтальних проєкцій точок до старої осі, отримаємо натуральну величину відрізка A_4B_4 .

б) **перетворення прямої загального положення в проєціюючу пряму**. Для цього треба скористатись натуральною величиною відрізка, тобто виконати дії, описані в пункті а).

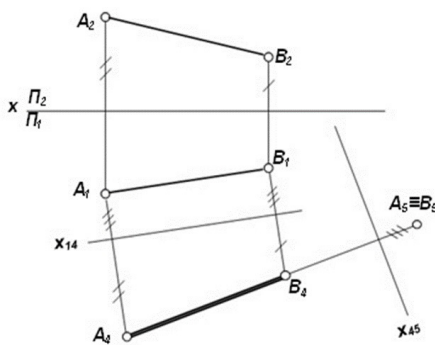


Рисунок 1.33

Якщо провести площину, перпендикулярну до натуральної величини (рис. 1.33), її слід - вісь x_{45} , то, відклавши відстань, позначену потрібною рисою, отримаємо проєкцію прямої у вигляді точки. $A_5 \equiv B_5$

в) **перетворення площини загального положення в проєціююче положення**. Для цього в площині трикутника було проведено горизонталь $A-1$.

Перпендикулярно до горизонтальної проєкції горизонталі (рис. 1.34) вибрано вертикальну площину (її горизонтальний слід - x_{14}). При цьому горизонталь спроеціювалася у точку $A_4 \equiv 1_4$, а весь відрізок - в пряму $C_4A_4B_4$.

г) *перетворення площини загального положення в площину рівня (визначення натуральної величини відсіку площини)*. Для цього треба скористатись проєціюючим положенням площини, тобто виконати дії, описані в пункті в).

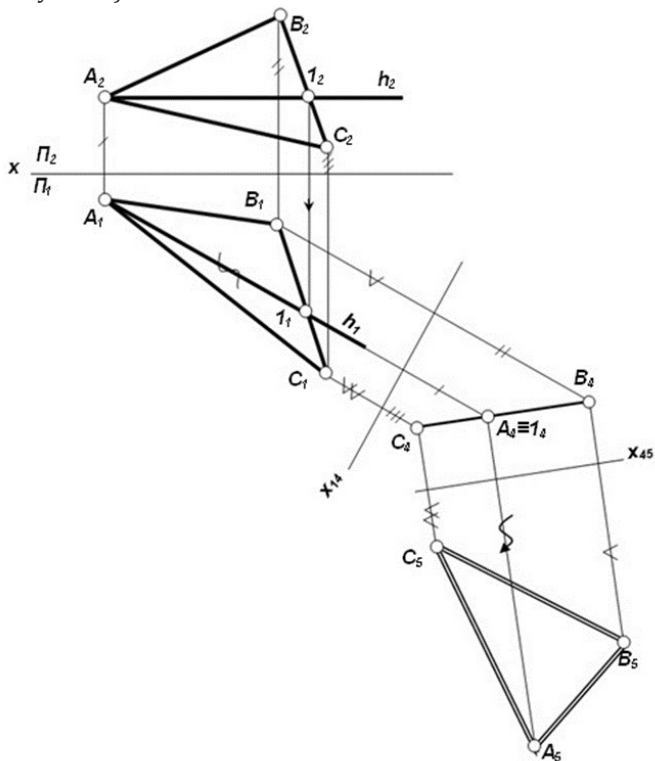
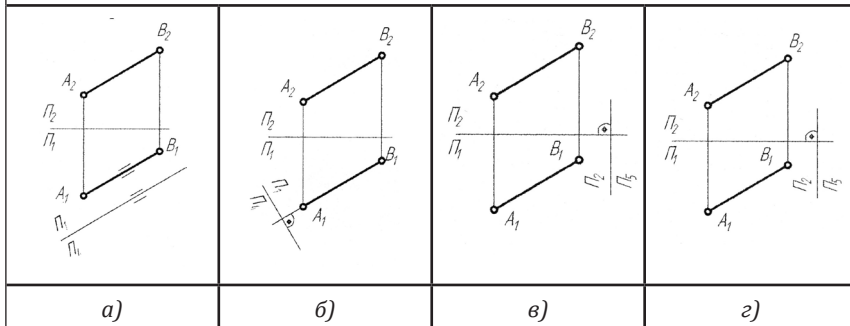


Рисунок 1.34

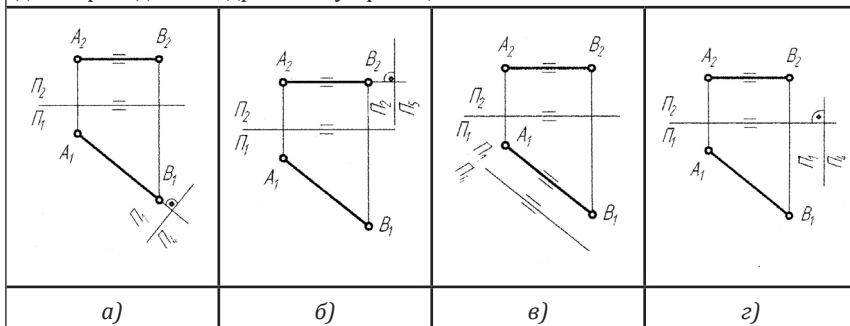
Паралельно прямій $C_4A_4B_4$ (рис. 1.34) проведено слід площини x_{45} та визначено натуральну величину трикутного відсіку, причому відстані до вершин трикутника беремо з площини проєкцій Π_1 .

ПРАКТИКА

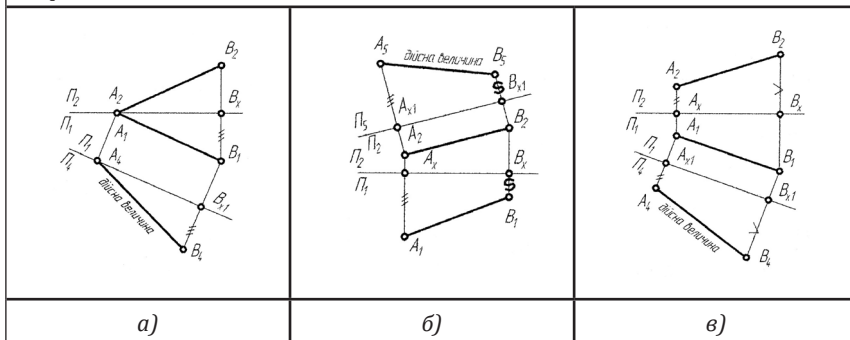
1. На якому епюрі правильно проведено вісь нової системи площин проєкцій для визначення натуральної величини відрізка AB ?



2. На якому епюрі правильно проведено вісь нової системи площин проєкцій для переведення відрізка AB у проєкційне положення?



3. На якому епюрі допущено помилку при визначенні натуральної величини відрізка AB ?



4. На якому епюрі правильно проведено вісь нової системи площин проєкцій для переведення площини, заданої слідами, у проєкційне положення?

a)	б)	в)

5. Як розташувати нову площину проєкцій, щоб трикутник ABC перевести у проєціююче положення?

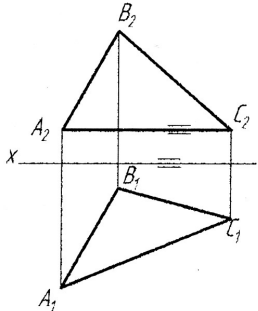
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="539 684 621 766">a)</td> <td data-bbox="621 684 955 766">перпендикулярно до АВ</td> </tr> <tr> <td data-bbox="539 766 621 853">б)</td> <td data-bbox="621 766 955 853">перпендикулярно до ВС</td> </tr> <tr> <td data-bbox="539 853 621 933">в)</td> <td data-bbox="621 853 955 933">перпендикулярно до АС</td> </tr> <tr> <td data-bbox="539 933 621 1016">г)</td> <td data-bbox="621 933 955 1016">перпендикулярно до AD</td> </tr> </table>	a)	перпендикулярно до АВ	б)	перпендикулярно до ВС	в)	перпендикулярно до АС	г)	перпендикулярно до AD
a)	перпендикулярно до АВ								
б)	перпендикулярно до ВС								
в)	перпендикулярно до АС								
г)	перпендикулярно до AD								

6. На якому епюрі достатньо однієї заміни площин проєкцій для визначення натуральної величини трикутника ABC?

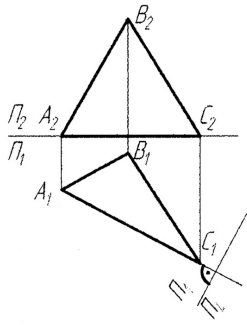
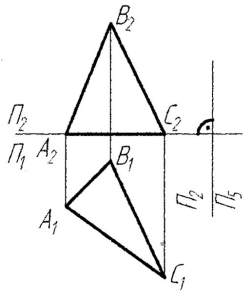
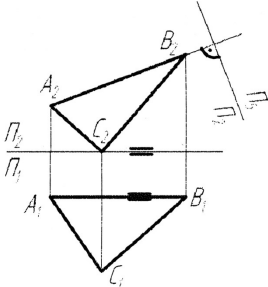
a)	б)	в)	г)



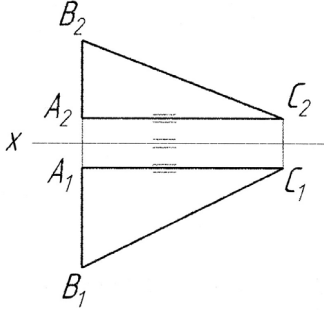
7. Як розташувати нову площину проєкцій, щоб трикутник ABC перевести у проєціююче положення?

	a)	перпендикулярно до AC
	б)	перпендикулярно до AB
	в)	перпендикулярно до BC
	г)	паралельно до AC

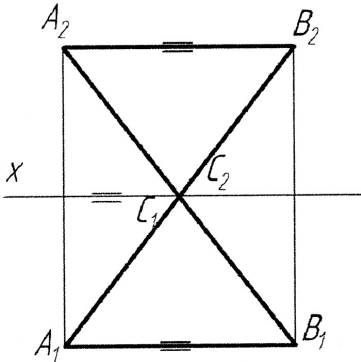
8. На якому епюрі неправильно проведено вісь нової системи площин проєкцій для переведення трикутника ABC у проєціююче положення?

		
a)	б)	в)

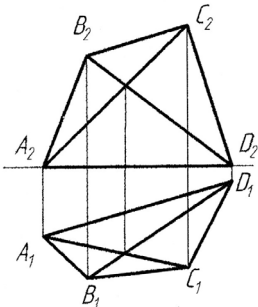
9. Як розташувати нову площину проєкцій, щоб трикутник ABC перевести у проєціююче положення?

	a)	перпендикулярно до AC
	б)	перпендикулярно до AB
	в)	перпендикулярно до BC

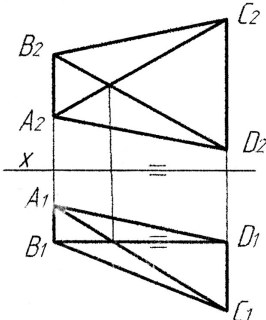
10. Як розташувати нову площину проєкцій, щоб трикутник ABC перевести у проєціююче положення?

	а)	перпендикулярно до AB
	б)	перпендикулярно до AC
	в)	перпендикулярно до BC

11. Як розташувати нову площину проєкцій, щоб чотирикутник $ABCD$ перевести у проєціююче положення?

	а)	перпендикулярно до AB
	б)	перпендикулярно до BC
	в)	перпендикулярно до AD
	г)	перпендикулярно до CD

12. Як розташувати нову площину проєкцій, щоб чотирикутник $ABCD$ перевести у проєціююче положення?

	а)	перпендикулярно до AC
	б)	перпендикулярно до BD
	в)	перпендикулярно до CD
	г)	перпендикулярно до BC



1.6 Паралельність і перпендикулярність геометричних елементів. Мимобіжні прямі

1.6.1 Дві прямі

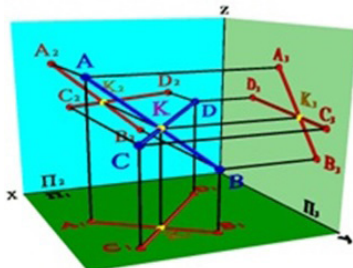


Рисунок 1.35

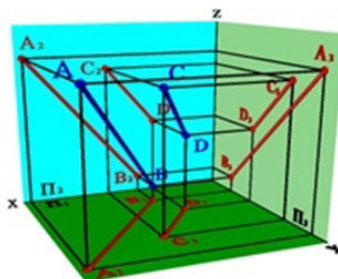


Рисунок 1.36

Прямі можуть **перетинатися** (рис. 1.35), якщо мають одну власну чи невідласну спільну точку (бути **паралельними** рис. 1.36), або бути

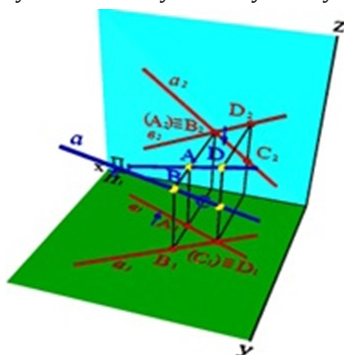


Рисунок 1.37

мимобіжними (рис. 1.37), якщо вони не мають спільної точки

Сформулюємо наступні властивості: якщо точки перетину однойменних проєкцій прямих належать одній вертикальній лінії зв'язку, - прямі перетинаються (рис. 1.38а);

якщо однойменні проєкції прямих паралельні між собою (мають невідласну точку перетину), - прямі паралельні (рис. 1.38 б);

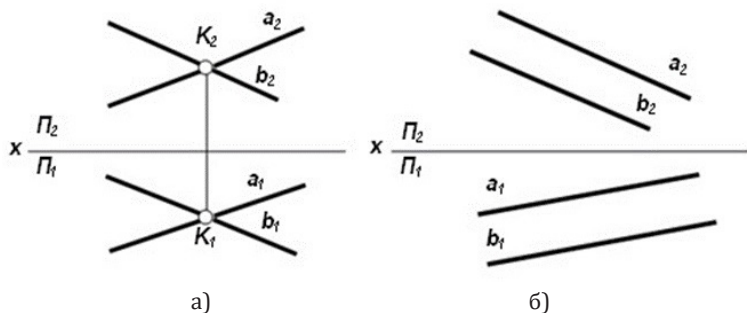


Рисунок 1.38

якщо точки перетину однойменних проєкцій прямих не належать одній вертикальній чи горизонтальній лінії зв'язку - прямі мимобіжні (рис. 1.39).

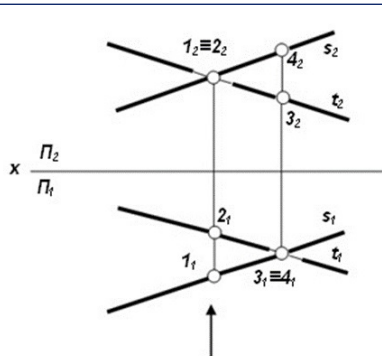


Рисунок 1.39

Звернемося до рис. 1.39, де зображено дві мимобіжні прямі. Фронтальні проєкції перетинаються в точці $12=22$, а горизонтальні – в точці $31=41$. Ці точки називаються конкуруючими. Конкуруючі точки (точки, що належать одній проєціюючій прямій) використовують при визначенні видимості геометричних фігур.

Для визначення «перекривання» їх на проєкціях візьмомо конкуруючі точки $12=22$ відносно поля Π_2 , а точки $31=41$ відносно поля Π_1 . Завдяки тому,

що точка 3 розміщена вище точки 4 , на полі Π_1 пряма s «перекриває» пряму t . Точка 1 знаходиться ближче точки 2 , тому на полі Π_2 пряма s «перекриває» пряму t .

Дві прямі, що перетинаються, або мимобіжні прямі утворюють між собою кут. Кут між мимобіжними чи прямими, що перетинаються,

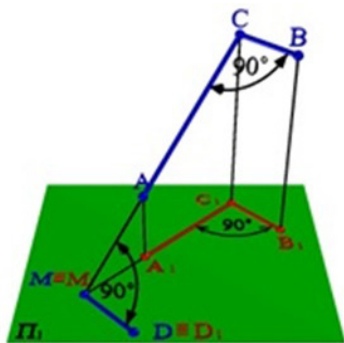


Рисунок 1.40

проєціюється в натуральну величину на горизонтальній проєкції, якщо прямі горизонтальні, і на фронтальній, якщо вони фронтальні (рис. 1.41а).

Розглянемо взаємну перпендикулярність двох прямих. **Прямий кут перетинучимимобіжності проєціюється в натуральну величину на горизонтальній площині проєкцій, якщо хоча б одна його сторона горизонтальна, та на фронтальній, якщо хоча б одна його сторона фронтальна** (рис 1.40).

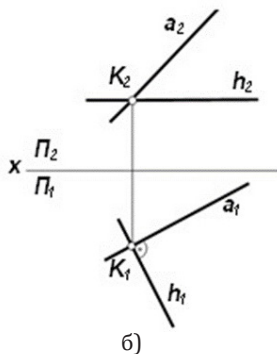
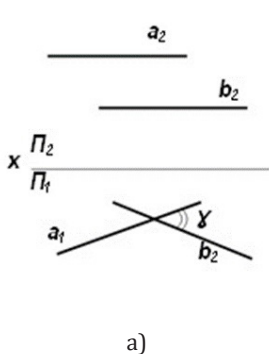


Рисунок 1.41

На рис. 1.41б показано прямий кут перетину, одна сторона якого горизонтальна. Цей кут зображується на полі Π_1 в натуральну величину.



1.6.2 Пряма та площина

Пряма може лежати у площині, перетинати площину (під довільним чи прямим кутом) або бути їй паралельною, тобто перетинати у невластній точці. Задача на перетин прямої з площиною вважається **першою основною позиційною задачею**.

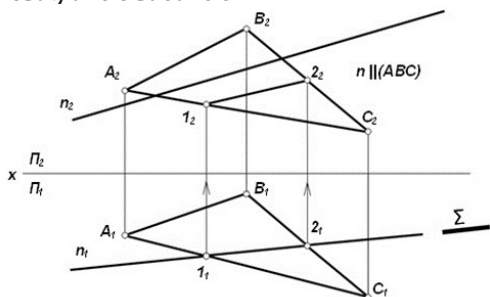


Рисунок 1.42

Пряма перпендикулярна до площини, якщо вона перпендикулярна до двох прямих, що перетинаються та належать площині. Беручи до уваги властивості проєкцій прямого кута, з усієї множини прямих площини за такі лінії доцільно вибрати лінії рівня, тобто горизонталь або фронталь.

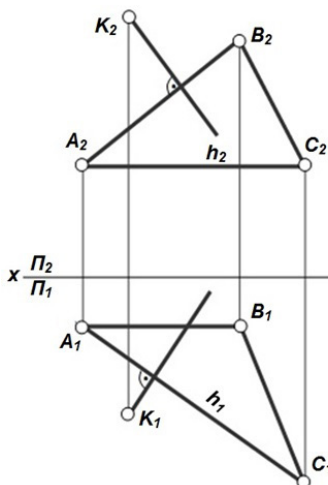


Рисунок 1.43

Розглянемо випадок коли пряма паралельна до площини. У такому випадку (рис. 1.42) проєкція лінії перетину площини з допоміжною площиною 122_2 паралельна проєкції прямої n_2 .

Тобто, **пряма паралельна площині, якщо вона паралельна будь-якій прямій, що лежить у цій площині.**

На рис. 1.43 показано трикутний відсік, сторона якого AC є горизонталлю, а AB – фронталлю.

Щоб із точки K опустити перпендикуляр на площину цього відсіку, досить провести фронтальну його проєкцію перпендикулярно до фронтальної проєкції фронталі A_2B_2 , а горизонтальну – перпендикулярно до горизонтальної проєкції горизонталі A_1C_1 . Звідси: **проєкція прямої, перпендикулярної до площини, на горизонтальній проєкції площини перпендикулярна до проєкції горизонталі, на фронтальній – перпендикулярна до проєкції фронталі площини.**

Загальний випадок перетину прямої із площиною буде розглянуто нижче.

1.6.3 Дві площини

Якщо дві площини не співпадають, то вони завжди **перетинаються** (під довільним чи прямим кутом). Якщо лінія їх перетину – невластна пряма, – площини **паралельні**. Тому, щоб з'ясувати взаємне положення двох площин, знаходять лінію їх перетину, що є **другою головною позиційною задачею**.

Коли лінія перетину двох площин – невласна пряма, то площини **паралельні** між собою.

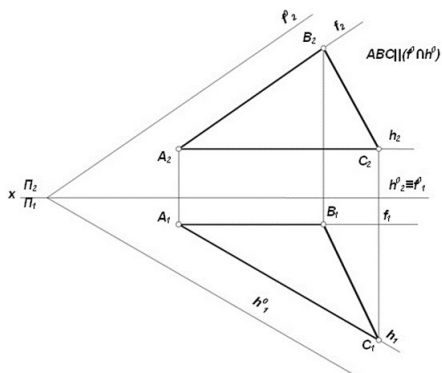


Рисунок 1.44

Ознакою паралельності є паралельність двох прямих, що перетинаються, однієї площини, двом прямим, що перетинаються, другої; – найчастіше це горизонталі та фронталі площин (сліди).

На рис. 1.44 показано дві паралельні площини. Одну задано слідами, а другу – трикутним відсіком ABC ; сторона відсіку AB є фронталлю, а AC – горизонталлю площини.

Дві площини перпендикулярні, якщо одна із площин проходить через перпендикуляр до другої площини.

Проведемо площину, перпендикулярно до заданої, використовуючи розглянуту властивість, відповідно побудови перпендикуляра до площини.

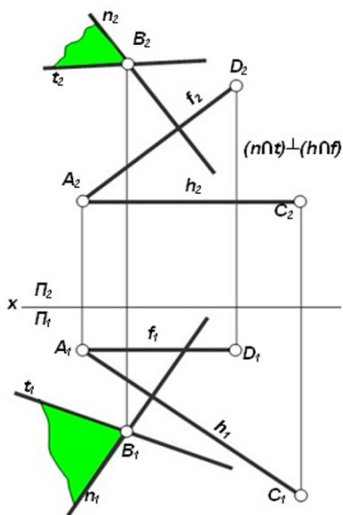


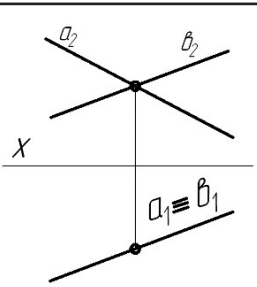
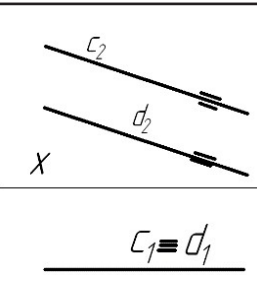
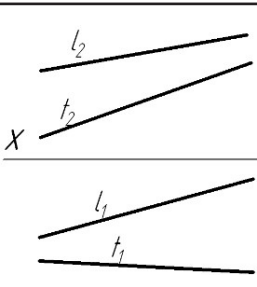
Рисунок 1.45

На рис. 1.45 площину задано горизонталлю h та фронталлю f . Через точку B до цієї площини проведемо перпендикуляр n . Якщо через будь-яку точку прямої n провести довільну пряму, то вона разом з перпендикуляром задає площину, перпендикулярно до заданої. Беручи до уваги, що пряму проводять довільно, їх може бути нескінченна множина.

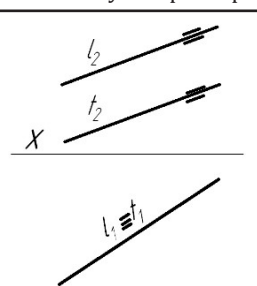
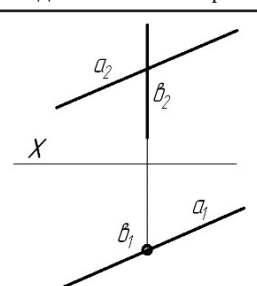
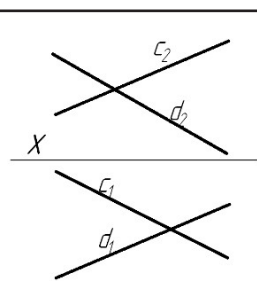
Загальний випадок перетину двох площин буде розглянуто нижче.

ПРАКТИКА

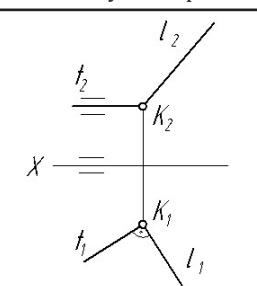
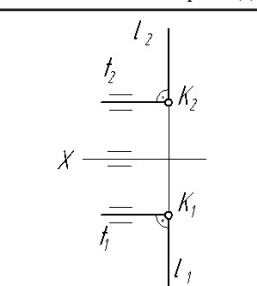
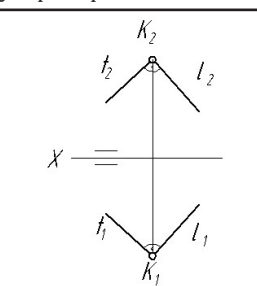
1. На якому епюрі зображено дві паралельні прями?

		
a)	б)	в)

2. На якому епюрі зображено дві мимобіжні прями?

		
a)	б)	в)

3. На якому з епюрів зображено взаємно перпендикулярні прями?

		
a)	б)	в)

4. На якому епюрі прями взаємно перпендикулярні?

<p>a)</p>	<p>б)</p>	<p>в)</p>

5. На якому епюрі пряма l паралельна площині?

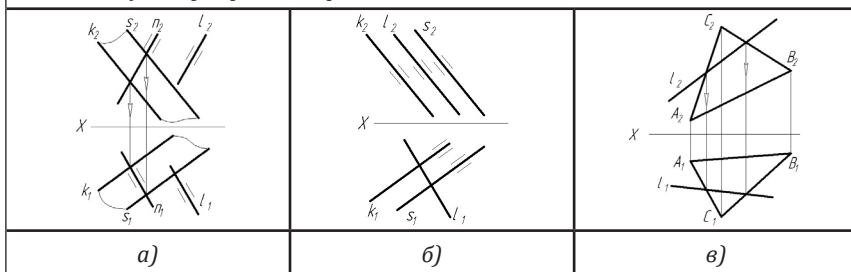
<p>a)</p>	<p>б)</p>	<p>в)</p>	<p>г)</p>

6. На якому епюрі пряма l паралельна площині?

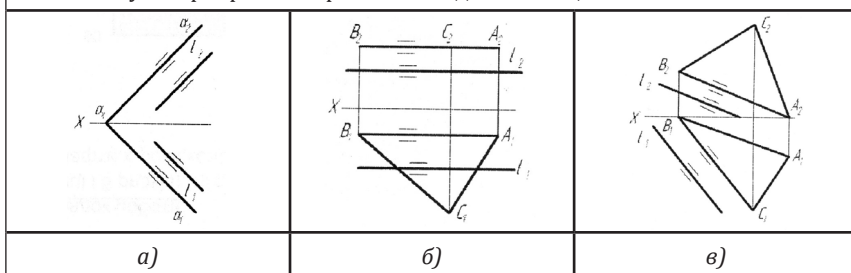
<p>a)</p>	<p>б)</p>	<p>в)</p>	<p>г)</p>



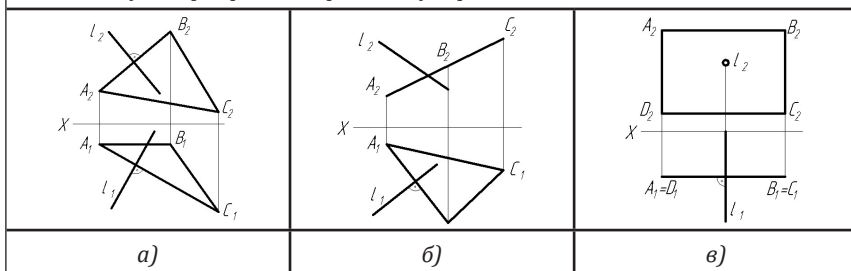
7. На якому епюрі пряма l паралельна площині?



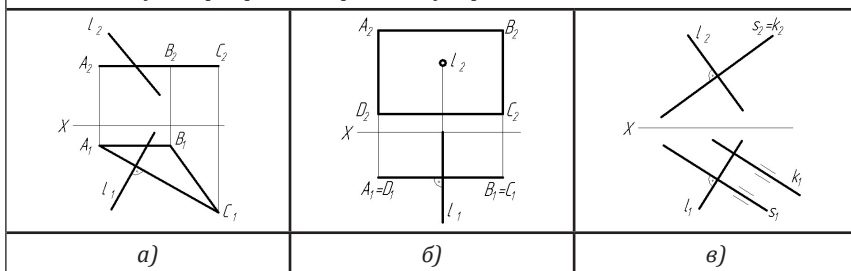
8. На якому епюрі пряма l паралельна заданій площині?



9. На якому епюрі пряма l перпендикулярна до площини?



10. На якому епюрі пряма l перпендикулярна до площини?



11. На якому епюрі пряма l перпендикулярна до площини?

а)	б)	в)

12. На якому епюрі правильно проведено перпендикуляр з точки D до площини трикутника ABC ?

а)	б)	в)	г)

13. На якому епюрі правильно проведено перпендикуляр з точки D до площини трикутника ABC ?

а)	б)	в)	г)

1.7 Перетин геометричних елементів. 1 та 2 позиційні задачі

Позиційні задачі – це задачі на визначення загальних елементів різних геометричних фігур (належність, перетин, тощо).

1.7.1 Перша позиційна задача. Знаходження точки перетину прямої та площини

При розв'язанні цієї задачі розрізнятимемо три різні випадки розміщення двох геометричних елементів:

а) обидва геометричні елементи є проєціюючими відносно однієї і тієї ж площини проєкцій;

б) один геометричний елемент – проєціюючий, а другий – загального положення;

в) обидва геометричні елементи займають загальне положення.

На рис. 1.46а показано перший випадок, коли площина – трикутний відсік ABC та пряма l – займають горизонтально-проєціююче положення. Горизонтальна проєкція трикутного відсіку ніби збирає на себе проєкції всіх фігур, що належать площині відсіку. Належність горизонтальних проєкцій відсіку та прямої дозволяє стверджувати, що в цьому випадку пряма l належить площині відсіку.

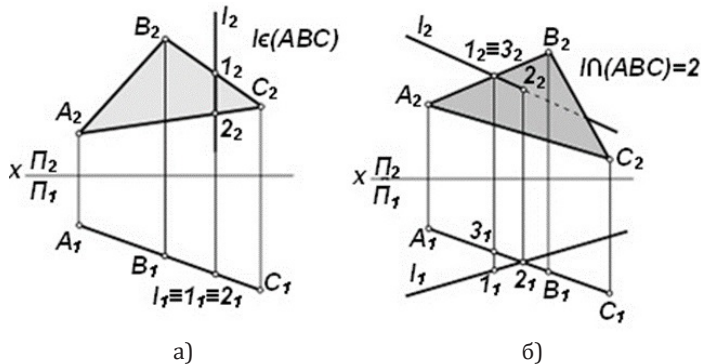


Рисунок 1.46

На рис. 1.46б показано другий випадок, коли площина у вигляді трикутного відсіку знаходиться в горизонтально-проєціюючому положенні, а пряма l займає загальне положення. У цьому випадку точка 2 перетину прямої з площиною визначається безпосередньо на полі Π_1 як точка перетину проєкції прямої та площини; фронтальна проєкція точки 2 визначається за вертикальною відповідністю.

З метою підвищення наочності рисунка вважаємо трикутний відсік непрозорим, і тоді частина відрізка прямої буде невидимою, бо він «перекривається» на полі Π_2 площиною. Позначимо на полі Π_2 точку перетину прямої l із стороною відсіку A_2B_2 , за допомогою вертикальної лінії зв'язку

визначимо точку **11** на прямій та точку **31** – на площині. Оскільки точка **1** ближче до спостерігача, ніж точка **3**, пряма в цій точці «перекриває» сторону **A2B2**, і тому відрізок прямої до точки перетину з площиною видимий, а далі частина його закривається площиною.

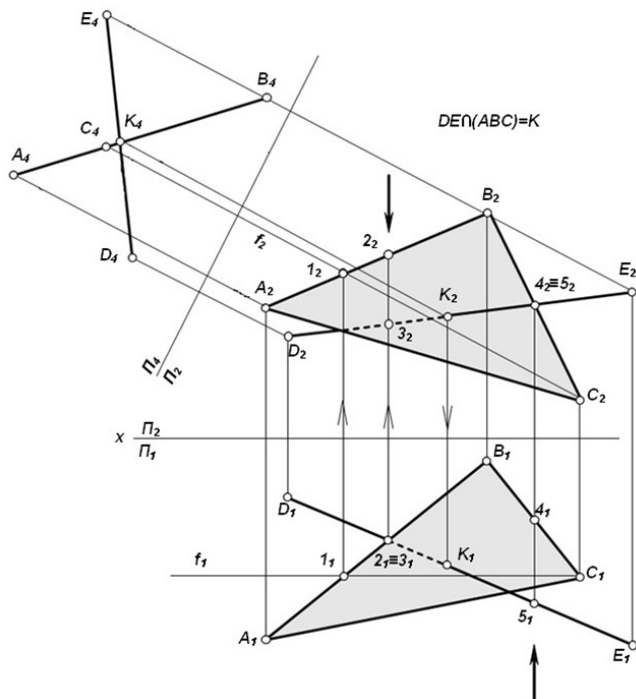


Рисунок 1.47

Для визначення точки перетину прямої з площиною в загальному випадку доцільно застосувати метод заміни площин проекцій для приведення розташування геометричних елементів відповідно до рис. 1.46б.

На рис. 1.47 задано площину трикутником, а пряму відрізком загального положення. Для того, щоб визначити точку перетину прямої із площиною, достатньо перевести площину у проєціююче положення.

Видимість відрізків прямої **DE** визначена за допомогою конкуруючих точок **2,3,4,5**.

1.7.2 Друга позиційна задача. Знаходження лінії перетину двох площин

Як і при розв'язанні першої головної позиційної задачі, тут спостерігаються ті ж самі три випадки:

- обидві площини є проєціюючими відносно до однієї і тієї ж площини проєкцій;
- одна з площин – проєціююча, а друга – загального положення;
- обидві площини загального положення.



На рис. 1.48а показано два вертикальні трикутні відсіки. Перетин їх горизонтальних проєкцій визначає вертикальну лінію перетину двох площин, яка за відповідністю визначається на полі Π_2 .

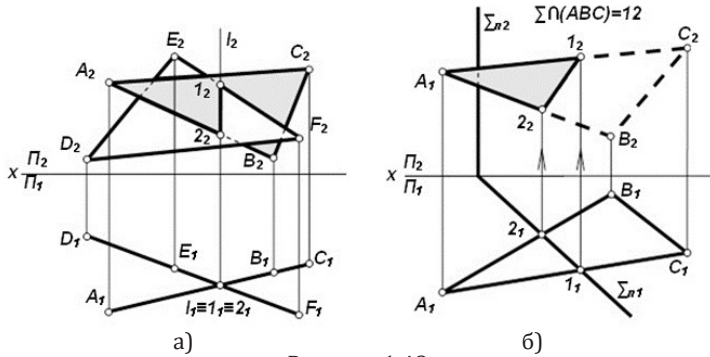


Рисунок 1.48

На рис. 1.48б одна з площин, що перетинаються, займає загальне положення, а друга – горизонтально-проєціююча. Лінія взаємного перетину площин у даному випадку збігається на полі Π_1 з горизонтальною проєкцією проєціюючого відсіку – це пряма 1121 . За вертикальною відповідністю визначається фронтальна проєкція лінії перетину двох площин.

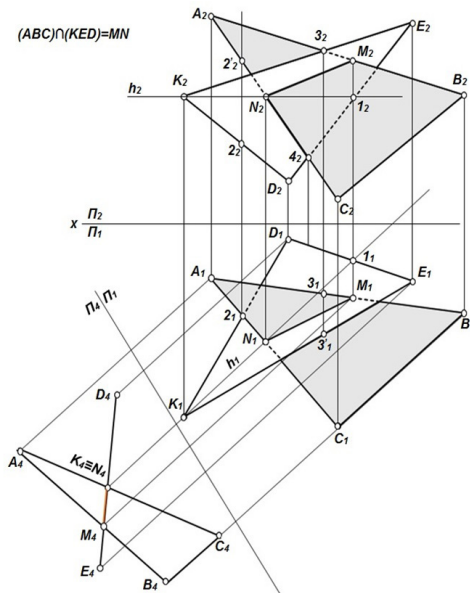
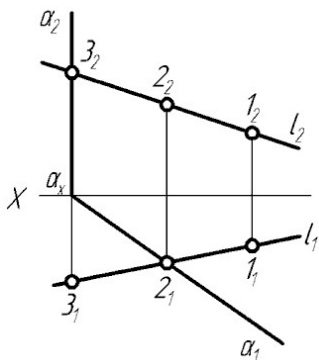


Рисунок 1.49

На рис. 1.49 показано визначення лінії перетину двох відсіків загального положення. Для цього відповідно 1 позиційної задачі, одну із площин переводять у пряму лінію. Точки лінії MN – є шуканими. Видимість визначається методом конкуруючих точок.

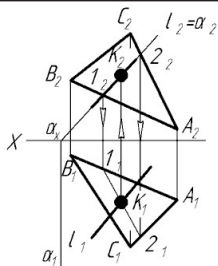
ПРАКТИКА

1. Яка із заданих точок є точкою перетину прямої l з площиною α ?

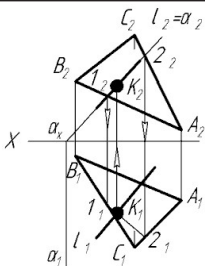


- | | |
|----|---|
| a) | 1 |
| б) | 2 |
| в) | 3 |

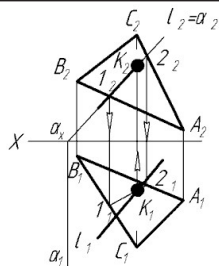
2. На якому епюрі правильно знайдено точку перетину прямої l з площиною трикутника ABC ?



a)

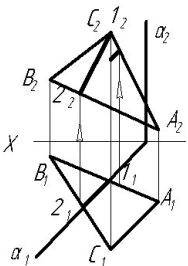


б)

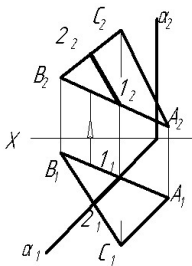


в)

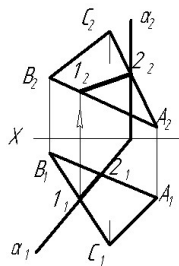
3. На якому епюрі вірно побудована лінія перетину двох площин?



a)



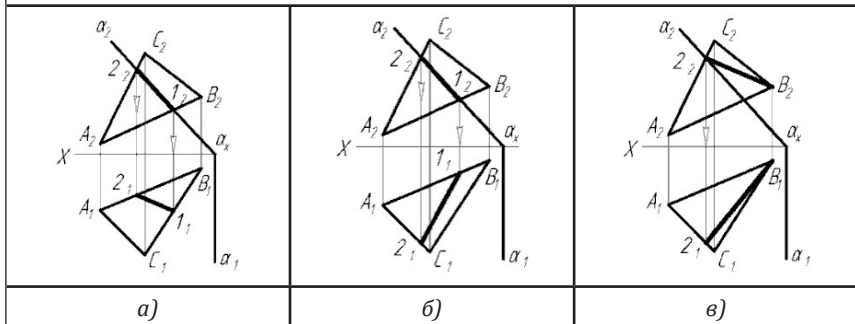
б)



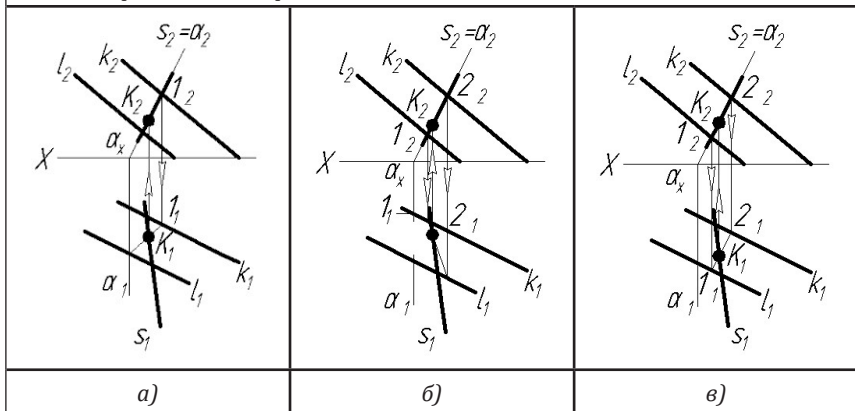
в)



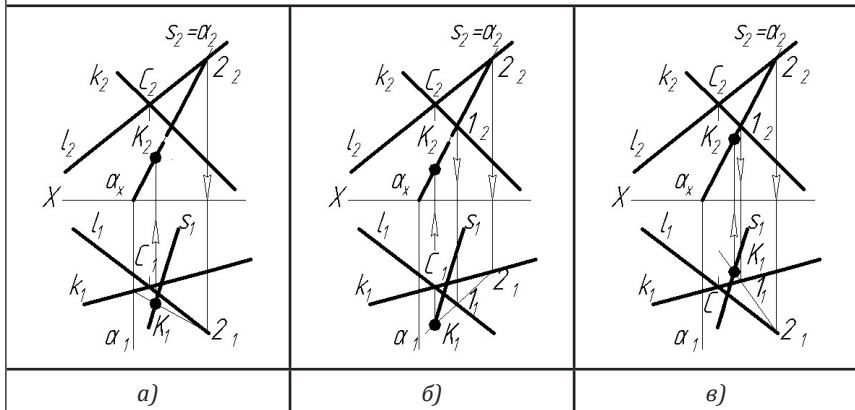
4. На якому епюрі вірно побудована лінія перетину двох площин?



5. На якому епюрі вірно знайдено точку перетину прямої s з площиною, яка задана паралельними прямими l і k ?



6. На якому епюрі вірно знайдено точку перетину прямої s з площиною, яка задана перетинними прямими l і k ?



1.8 Розв'язання основних метричних та позиційних задач за допомогою методу заміни площин проєкцій

Як відзначалося вище, розв'язання більшості геометричних задач зводиться до визначення *метричних та позиційних характеристик окремих фігур*.

Будь-який геометричний елемент по відношенню до площин проєкцій Π_1 , Π_2 та Π_3 може займати *загальне* (незручне) і *часткове* (зручне) положення. При загальному положенні геометричних елементів розв'язок задач, як правило, більш складний і триваліший за часом.

Але використовуючи метод заміни площин проєкцій чи інші методи перетворення завжди можна перевести геометричні елементи задач у часткове положення, тим самим значно спростивши її розв'язок.

Наведемо приклади розв'язку основних задач, які можуть зустрічатися у практиці.

Задача 1. Визначити відстань від точки S до прямої, заданої відрізком AB .

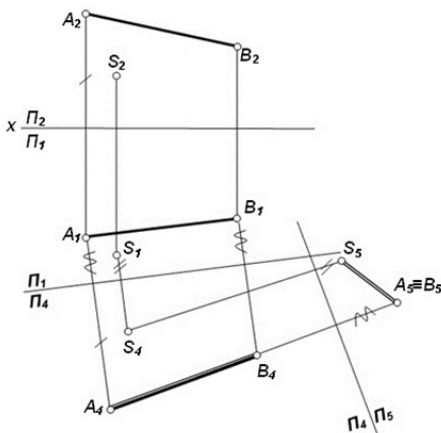


Рисунок 1.50

Для визначення відстані від точки до прямої, необхідно пряму перепроєціювати у точку (рис. 1.50). Згідно попереднього матеріалу, таку операцію можна виконати двома перетвореннями. Спочатку пряму AB проєціюють у натуральну величину A_4B_4 . Туди ж переводять точку S_4 . Відстані для побудови точок беруть із площини проєкцій Π_2 .

На площину проєкцій Π_5 пряму A_4B_4 проєціюють у точку. Відстані для побудови беруть із площини проєкцій Π_1 . Відстань $A_5=B_5 - S_5$ – буде шукана.

Задача 2. Визначити відстань між двома мимобіжними прямими AS і BC .

Для визначення відстані між двома мимобіжними прямими, одну із прямих, наприклад AS треба спроеціювати у точку (рис. 1.51). Це виконується за допомогою двох перетворень аналогічно задачі 1. Перпендикуляр $A_5=S_5 - K_5$ – буде шуканим. Відстані для побудови беруться назад через площину проєкцій.

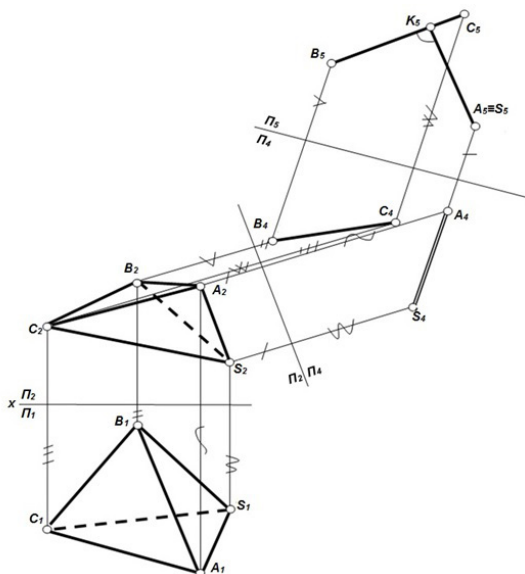


Рисунок 1.51

Задача 3. Визначити двогранный кут пирамиди при ребрі AS .

Для побудови натуральної величини двогранного кута необхідно зробити грані кута проєціюючими, тобто перепроєціювати спільне ребро AS у точку (рис. 1.52). Процес побудови та відстані на площинах проєкцій вибираються аналогічно задачі 2.

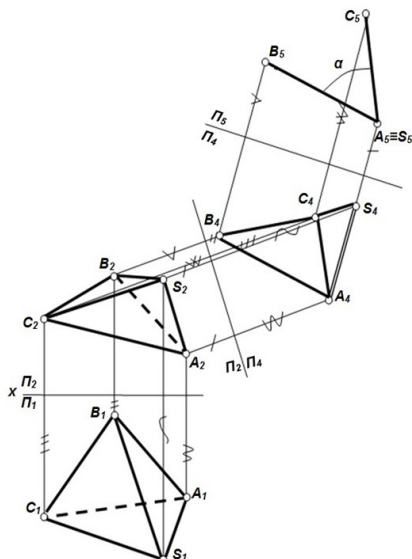


Рисунок 1.52

Задача 4. Знайти відстань від точки S до площини трикутника ABC .

Для побудови відстані від точки до площини необхідно площину перетворити у проєціююче положення, тобто у пряму лінію. Для цього необхідно нову площину проєкцій встановити перпендикулярно фронталі або горизонталі площини (рис. 1.53). При цьому трикутник перепроєціювався у пряму $A_4B_4C_4$. Перпендикуляр, опущений із точки S_4 на пряму $A_4B_4C_4$ – буде шуканим.

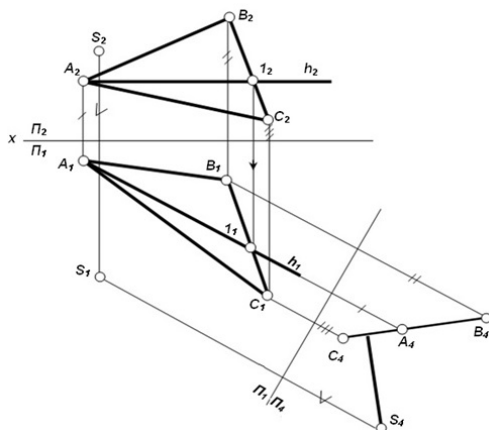


Рисунок 1.53

Задача 5. Знайти точку перетину прямої із площиною, заданою слідами.

Для побудови точки перетину прямої із площиною (1 позиційна задача) достатньо площину перевести у проєціююче положення. Для цього, як і у задачі 4, необхідно одне перетворення (рис. 1.54). Знайдену проєкцію точки перетину K_4 повертаємо лініями зв'язку на інші площини проєкцій. Видимість перетину двох геометричних елементів визначається методом конкуруючих точок.

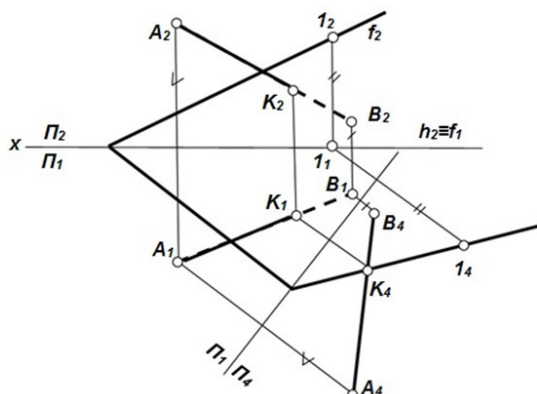


Рисунок 1.54

Питання для самоконтролю до першого розділу:

1. Які завдання ставляться перед курсом інженерної та комп'ютерної графіки?
2. На якому методі ґрунтується предмет інженерної та комп'ютерної графіки?
3. У чому різниця між центральним і паралельним проєціюванням?
4. Чи може при центральному і паралельному проєціюванні лінія зобразитися точкою, а площина – прямою?
5. Чим різняться між собою двоплощинна та триплощинна моделі простору?
6. Якщо точка простору належить площині П2, як будуть розташовані її проєкції?
7. Як зобразяться проєкції точки, що належить бісекторній площині в 3 і 4 четвертях простору?
8. Що називається слідами прямої?
9. Що називається прямими рівня?
10. Як виглядають проєкції проєціюючих прямих?
11. Чим можна задати проєкції площини?
12. Що називається площинами загального та часткового положення?
13. Коли точка належить прямій?
14. У якому випадку точка належить площині?
15. Що називається лінією рівня площини?
16. Коли пряма належить площині?
17. Що таке фронталь площини?
18. Для чого необхідне перетворення комплексного кресленника?
19. Скільки потрібно замін площин проєкцій, щоб пряму загального положення зробити проєціюючою?
20. Чи можна використати способи заміни площин проєкцій для розв'язання позиційних задач?
21. Чи потрібно при способі заміни площин проєкцій фіксувати на рисунку вісь проєкцій?
22. Коли прямі паралельні між собою?
23. Що називається мимобіжними прямими?
24. Коли дві площини паралельні?
25. Коли пряма перпендикулярна до площини?
26. Коли пряма паралельна площині?
27. Коли дві площини паралельні?
28. Як визначається точка перетину прямої із площиною у загальному випадку?
29. Як визначається лінія перетину дох площин у загальному випадку?
30. Як знайти відстань між двома паралельними прямими?
31. Скільки потрібно замін площин проєкцій, щоб знайти натуральну величину двогранного кута?
32. Скільки треба перетворень для знаходження лінії перетину двох площин?
33. Яким методом визначається видимість геометричних елементів, що перетинаються?



2 КРИВІ ЛІНІЇ

2.1 Криві лінії. Плоскі та просторові криві. Лекальні криві. Спряження

Існують різні визначення кривої лінії, які відповідають способам їх утворення. Криву лінію можна розглядати як траєкторію точки, що рухається за певним законом, або як наслідок перетину кривих поверхонь. Відповідно до способу утворення кривих розрізняються їх аналітичні вирази і засоби графічної побудови.

Криві лінії систематизуються за різноманітними ознаками. Існують плоскі та просторові криві лінії.

Плоскою називають криву, всі точки якої належать одній площині. Точки просторової кривої не належать одній площині.

2.1.1 Плоскі криві. Лекальні криві. Спряження

Залежно від вигляду аналітичного рівняння в декартових координатах криві лінії розділяються на алгебраїчні та трансцендентні.

Алгебраїчна крива лінія, аналітичне рівняння якої в декартових координатах має другий степінь, називається кривою другого порядку. Криві другого порядку широко застосовуються при конструюванні виробів криволінійної форми, що пояснюється простотою їх побудови і аналітичного виразу. Такі криві називаються *конічними перерізами*, оскільки вони можуть бути одержані як переріз конуса другого порядку (зокрема, конуса обертання) площиною. При цьому можуть отримуватись: коло, еліпс, гіпербола та парабола. Ознакою кривої лінії другого порядку є ще й те, що пряма лінія перетинає її у двох точках.

Криві які будуються за допомогою лекала на знайдений множині точок називаються *лекальними кривими*.

1) побудова еліпса

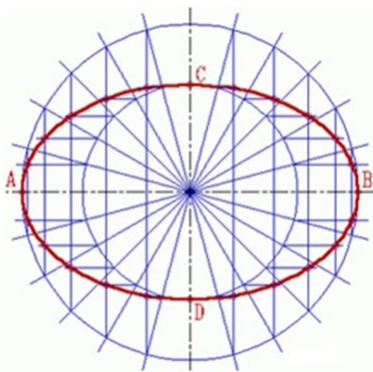


Рисунок 2.1

Із центра еліпса проводять два кола, діаметри яких відповідно дорівнюють великій і малій осям еліпса (рис. 2.1). Далі з центра еліпса проводять пучок променів до перетину з колами. З точок проводять прямі, паралельні малій та великій осям еліпса.

Перетин відповідних пар цих прямих визначає ряд точок. Коли сполучити ці точки плавною кривою за допомогою лекала, матимемо заданий еліпс.

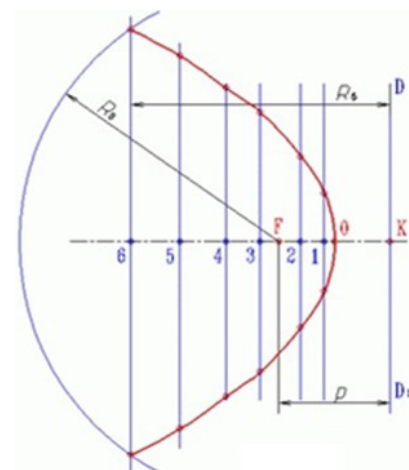


Рисунок 2.2

2) побудова параболи

Через фокус параболи (рис. 2.2) проводять її вісь перпендикулярно до директриси. Поділивши відрізок FK навпіл, визначають вершину параболи O . На осі від точки O у напрямі фокуса позначають ряд довільних точок на відстані, яку поступово збільшують. Через ці точки проводять прямі, паралельні директриси. Із фокуса, як із центра, проводять дуги кіл радіусами, що дорівнюють відстані між відповідними вертикальними прямими і директрисою. В перетині дуг кіл з відповідними вертикальними прямими матимемо точки, які належать параболі. Сполучають ці точки плавною кривою і дістають параболу.

3) побудова гіперболи

Із середини фокусної відстані F_1F – точки O – в обидва боки відкладають довільні рівні відрізки, що визначають вершини гіперболи A і B (рис. 2.3). Вліво від точки F на дійсній осі позначають довільні точки $1, 2, 3...$ так, щоб відстані між ними збільшувались з віддаленням від фокуса.

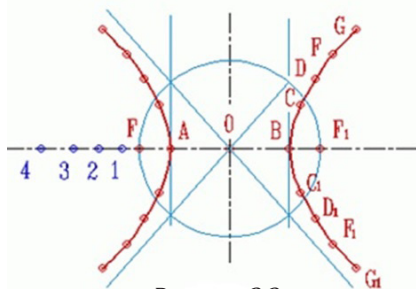


Рисунок 2.3

Із фокусів F_1 і F радіусами рівними відстаням від вершин гіперболи до намічених точок проводять дуги кіл, і в їх перетині отримують точки гіперболи. Симетричні точки отримують перетином дуг тих же радіусів.

До трансцендентних кривих можна віднести: циклоїду, евольвенту кола, спіраль Архімеда, синусоїду або косинусоїду.

4) побудова циклоїди

Циклоїдою називається крива, утворена точкою кола, яке котиться без ковзання по прямій лінії. На рис. 2.4 показано побудову циклоїди як траєкторії точки A кола радіуса r , яке котиться по прямій.

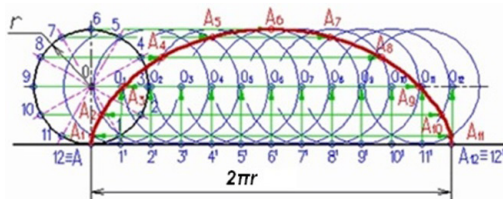


Рисунок 2.4

За один оберт точка A зіткнеться з прямою у точці A_{12} . Щоб визначити цю точку, треба на прямій відкласти відрізок AA_{12} , що дорівнює довжині кола $2\pi R$. Коло і відрізок – AA_{12} ділять на довільну кількість рівних частин (наприклад, на 12). З точок поділу відрізка AA_{12} проводять вертикальні прямі до перетину з прямою, проведеною з точки O паралельно прямій. Точки O_1, O_2, O_3, \dots є центрами кола, що котяться. З точок поділу кола проводять прямі, паралельні прямій. Перетин цих прямих з відповідними дугами кіл радіуса r , проведених із центрів O_1, O_2, O_3, \dots визначить точки циклоїди.

5) побудова евольвенти

Евольвентою називається траєкторія, що описується кожною точкою прямої лінії, яка котиться по колу без ковзання (рис. 2.5).

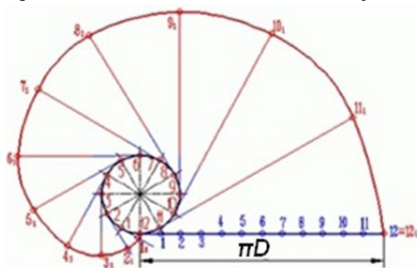


Рисунок 2.5

Відкладаючи на першій дотичній одну частину, на другій – дві, на третій – три і т. д., одержують точки, які потім сполучають і обводять по лекалу плавною кривою.

Для побудови евольвенти кола заданого діаметра D ділять на декілька рівних частин, наприклад на 12. З точок ділення 1, 2, 3, 4 і т. д. проводять дотичні до кола, направлені в одну сторону. На дотичній 12, проведений через останню точку поділу, відкладають відрізок, рівний довжині кола, і ділять його також на 12 рівних частин.

6) побудова спіралі Архімеда

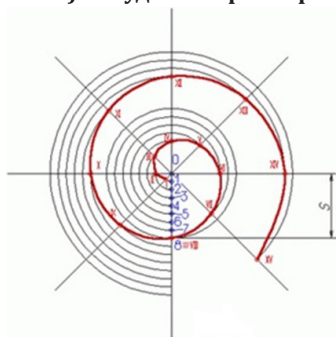


Рисунок 2.6

Спіраль Архімеда – траєкторія точки, що рухається з постійною швидкістю від центра кола по радіусу, який рівномірно обертається навколо центра O (рис. 2.6). Коло і його радіус ON ділять на декілька рівних частин, наприклад на 8. З центра кола O радіусами O_1, O_2, O_3 і т. д. проводять дуги кіл до перетину з відповідними радіус-векторами. Точки перетину їх I, II, III і т. д., що належать спіралі Архімеда, сполучають плавною кривою під лекало.

7) побудова синусоїди

Синусоїда – крива, що зображає зміну синуса залежно від центрального кута.

Для побудови синусоїди (рис. 2.7) через центр твірного круга проводять горизонтальну лінію – вісь X . Від початку координат A вправо відкладають відрізок AB , рівний довжині кола – $2\pi r$. Коло і відрізок AB ділять на декілька



рівних частин, наприклад на 12. Через точки поділу **1, 2, 3** і т.д. проводять прямі, паралельні осі **OX**, до перетину їх з відповідними вертикальними прямими. Одержані точки **a**, що належать синусоїді, сполучають плавною кривою під лекало.

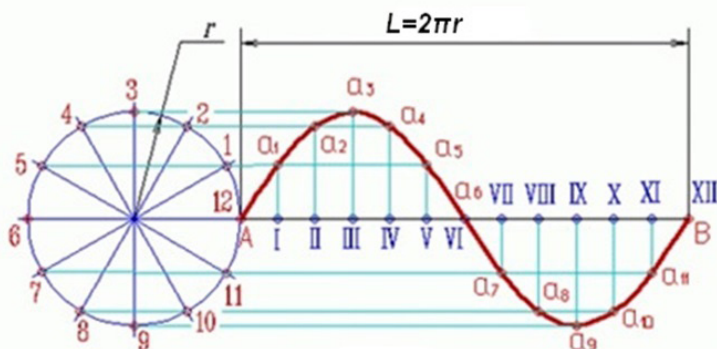


Рисунок 2.7

Плавна опукла крива лінія, що складається з дуг кіл різних радіусів, називається коробовою кривою. До коробових кривих належать овали і завитки. Овали широко застосовуються у техніці під час проектування контурів окреслень машинобудівних деталей: фланців, кришок, кулачків у кулачкових механізмах і т. д.

Овал – це фігура, що складається з двох опорних кіл, які внутрішньо спряжені дугами.

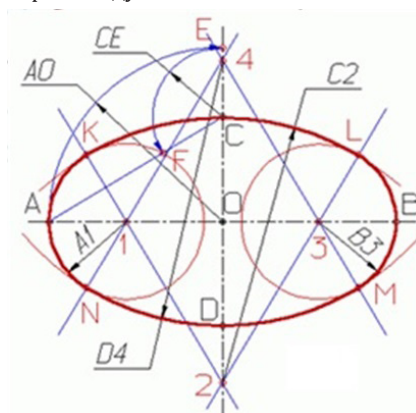


Рисунок 2.8

Побудова овалу за двома заданими осями **AB** і **CD** (рис. 2.8). На вертикальній осі відкладають відрізок **OE**, що дорівнює половині великої осі **AB**. З точки **C**, як із центра, проводять дугу радіусом **CE** до перетину з прямою **AC** у точці **F**. До середини відрізка **AF** встановлюють перпендикуляр і позначають точки його перетину з осями овалу **1** і **2**. Будують точки **3** і **4**, відповідно симетричні точкам **1** і **2** відносно осей **CD** і **AB**. Точки **1** і **3** будуть центрами опорних кіл радіуса **B3**, а точки **2** і **4** – центрами дуг спряження радіуса **D4**.

Плавний перехід від однієї лінії до іншої називається спряженням. З усієї різноманітності спряжень різних ліній розглянемо такі основні види спряжень: спряження прямої з дугою кола; спряження двох, довільно розміщених прямих, за допомогою дуги кола; спряження дуг двох кіл за допомогою прямої і спряження дуг двох кіл за допомогою третьої дуги.

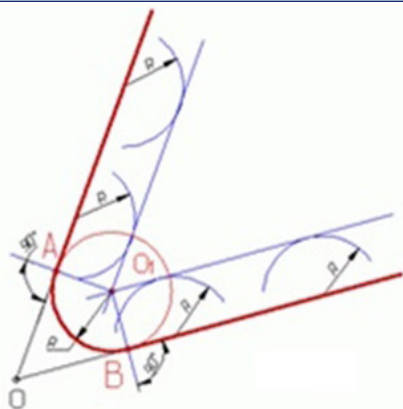


Рисунок 2.9

8) спряження прямих ліній, що перетинаються за допомогою дуги

Щоб побудувати спряження двох прямих, що перетинаються дугою заданого радіуса R (рис. 2.9), треба визначити геометричне місце центрів кіл, віддалених від прямих на відстані R . Для цього на відстані R проводять прямі, паралельні даним, до перетину у точці O . Дуга радіуса R , проведена з точки O , як із центра, і буде дугою спряження. Основи перпендикулярів, опущених з точки O на прямі, будуть точками спряження.

9) спряження дуги кола і прямої за допомогою дуги заданого радіуса

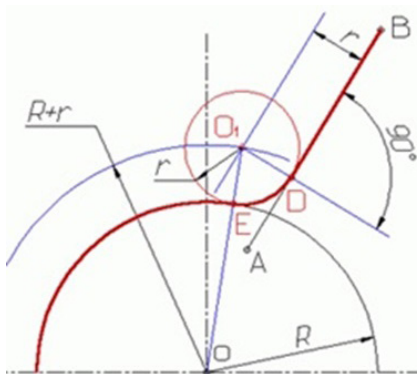


Рисунок 2.10

Спряження дуги кола радіуса R і прямої (рис. 2.10) виконують так. Спочатку визначають геометричне місце центрів дуги спряження радіусом r . Для цього на відстані r від прямої проводять паралельну їй пряму, а із центра O радіусом $R+r$ – дугу концентричного кола. Точка O_1 буде центром дуги спряження. Точку спряження D матимемо на перпендикулярі, проведеному до прямої з точки O_1 , а точку E – на прямій, яка сполучає точки O_1 і O .

10) спряження дуг двох кіл за допомогою прямої

Таке спряження зводиться до побудови зовнішньої або внутрішньої дотичної, яка сполучає два кола радіусів R і r (рис. 2.11). На початку сполучають центри цих кіл. Потім відрізок OO_1 поділяють точкою O_2 навпіл, а з точки O проводять коло радіусом, що дорівнює різниці радіусів заданих кіл $R-r$. На цьому колі позначають точку M .

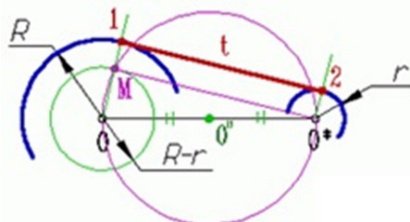


Рисунок 2.11

Продовжують відрізок OM до перетину з колом радіуса R і дістають точку спряження 1 . Сполучають точку M з центром O_1 . З точки 1 паралельно прямій MO_1 проводять пряму, що сполучає два кола.

11) побудова спряження дуг двох кіл дугою заданого радіуса

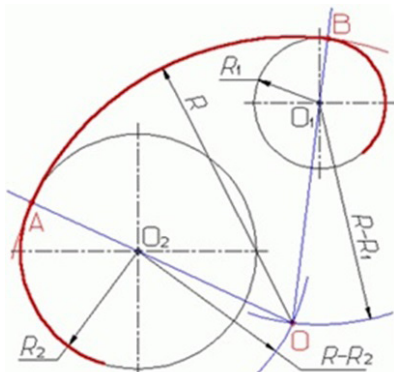


Рисунок 2.12

Таке спряження може бути зовнішнім, внутрішнім і змішаним. На рис. 2.12 наведено приклад побудови внутрішнього спряження дуг двох кіл радіусів R_2 і R_1 за допомогою дуги радіуса R .

Із центра O_2 проводять дугу, радіус якої дорівнює $R-R_2$, а із центра O_1 – дугу радіусом, що дорівнює $R - R_1$. У перетині цих дуг матимемо точку O – центр дуги спряження. Точки спряження A і B лежать на прямих, які сполучають точку O з центрами заданих кіл O_2 і O_1 .

2.1.2 Просторові криві

Просторову криву лінію можна уявити собі як траєкторію рухомої точки у просторі.

З просторових кривих найбільший практичний інтерес представляють циліндричні та конічні гвинтові лінії (рис. 2.13).

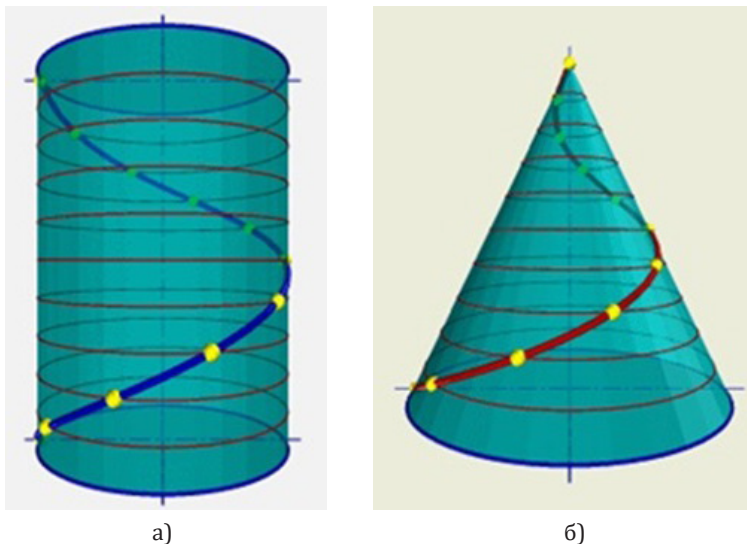


Рисунок 2.13

Циліндрична гвинтова лінія – крива, розміщена на поверхні циліндра обертання та утворена рівномірним рухом точки по твірній, що рівномірно обертається навколо осі циліндра. Висота циліндра, на поверхні якого точка здійснює один поворот навколо осі, називається кроком гвинтової лінії (рис. 2.14а).

Враховуючи рівномірність руху точки, можна зробити висновок, що при повороті на $360/n$ точка переміщується вздовж твірної на $1/n$ кроку. На основі цього на рис. 2.14а показано побудову проєкцій циліндричної гвинтової лінії. Число n прийнято на рисунку рівним 8. На фронтальній проєкції крок розділено на 8 частин, на горизонтальній – на стільки ж розділено повний кут повороту (360). На фронтальній проєкції гвинтова лінія зображується синусоїдою.

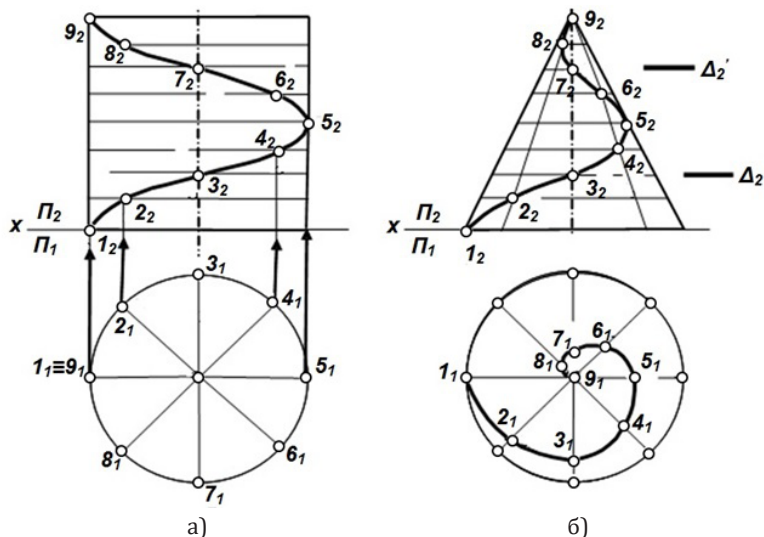


Рисунок 2.14

Конічною гвинтовою лінією називається просторова крива, розташована на поверхні конуса обертання та утворена рівномірним рухом точки по твірній, що рівномірно обертається навколо осі.

Побудову конічної гвинтової лінії показано на рис. 2.14б. Поверхня конуса на інтервалі кроку n гвинтової лінії горизонтальними площинами поділена на 8 рівних частин. Проєкції гвинтової лінії одержані за точками перетину твірних конуса з його відповідними горизонтальними перерізами. Фронтальна проєкція конічної гвинтової лінії є синусоїдою з затухаючою амплітудою, а горизонтальна – спіраллю Архімеда

ПРАКТИКА

1. Як називається точка плавного переходу однієї лінії до іншої?	
<i>а)</i>	спряженням
<i>б)</i>	плавним переходом
<i>в)</i>	точка дотику
<i>г)</i>	центром спряження
<i>д)</i>	точка спряження

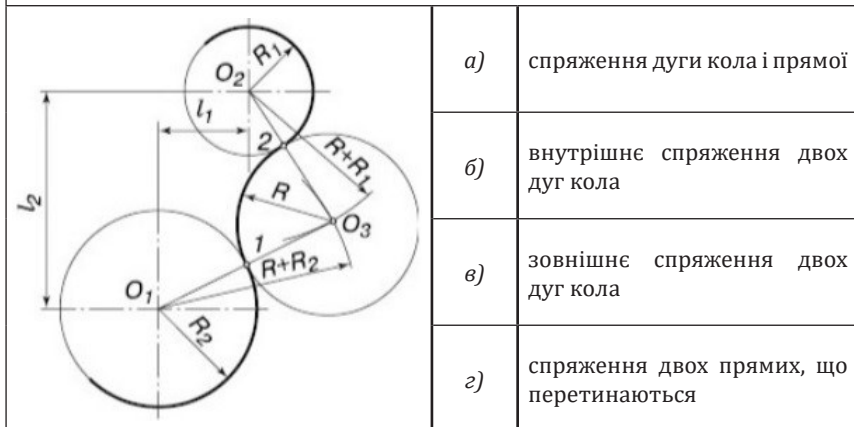
2. Чому дорівнює радіус спряження двох паралельних прямих?	
<i>а)</i>	відстані між прямими
<i>б)</i>	відрізка, розташованому перпендикулярно до однієї прямої
<i>в)</i>	відрізка, розташованому перпендикулярно до обох прямих
<i>г)</i>	половині відрізка, розташованого перпендикулярно між ними
<i>д)</i>	половині відрізка розташованого між прямими

3. Як називаються криві лінії, які креслять за попередньо побудованими точками?	
<i>а)</i>	паралельними
<i>б)</i>	дугами
<i>в)</i>	лекальними
<i>г)</i>	перпендикулярними
<i>д)</i>	кривими

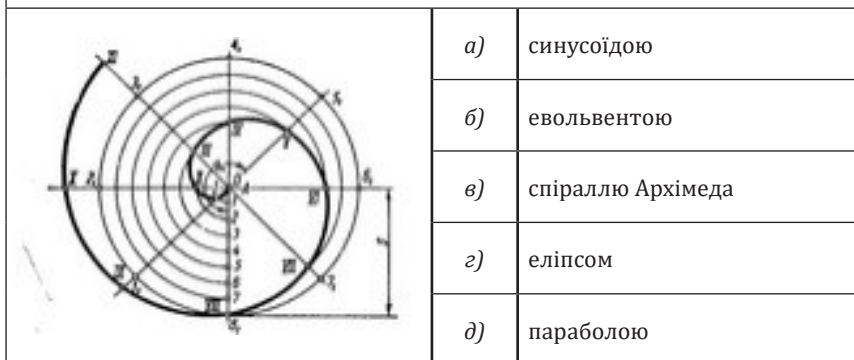
4. Що називається еліпсом?	
<i>а)</i>	плоска замкнута крива
<i>б)</i>	плоска крива площини
<i>в)</i>	крива, що плавно переходить в пряму
<i>г)</i>	плоска розімкнена крива
<i>д)</i>	пряма, що плавно переходить в дугу



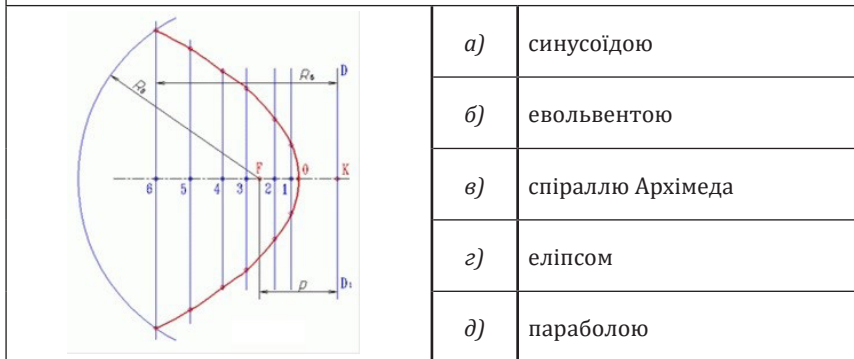
5. Як називається спряження, зображене на рисунку?



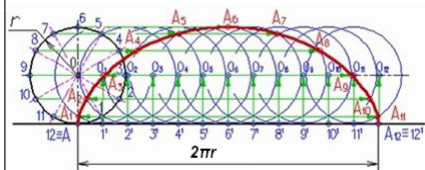
6. Як називається лекальна крива зображена на рисунку?



7. Як називається лекальна крива зображена на рисунку?

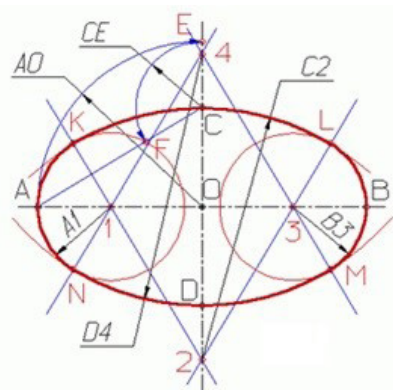


8. Як називається лекальна крива зображена на рисунку?



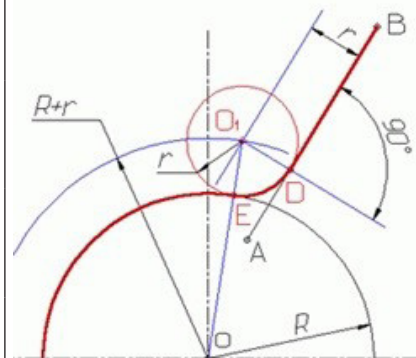
- | | |
|----|-------------------|
| a) | синусоїдою |
| б) | евольвентою |
| в) | спіраллю Архімеда |
| г) | еліпсом |
| д) | параболою |

9. Як називається плоска крива зображена на рисунку?



- | | |
|----|------------|
| a) | синусоїдою |
| б) | овалом |
| в) | гіперболою |
| г) | еліпсом |
| д) | параболою |

10. Як називається спряження зображене на рисунку?



- | | |
|----|---|
| a) | спряження дуги кола і прямої |
| б) | внутрішнє спряження двох дуг кола |
| в) | зовнішнє спряження двох дуг кола |
| г) | спряження двох прямих, що перетинаються |

Питання для самоконтролю до другого розділу:

1. Що називається плоскою і просторовою кривими?
2. Як виконується побудова еліпса?
3. Що називається лекальними кривими?
4. Дайте визначення овалу. Чим овал відрізняється від еліпса?
5. Що називається спряженням?
6. Як побудувати спряження двох прямих за допомогою дуги кола заданого радіусу?
7. Що називається циліндричною гвинтовою лінією?
8. Як будуються зображення кінчної гвинтової кривої?
9. Як виглядає горизонтальна проекція кінчної спіралі?

3 ПРОЕКЦІЇ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТІЛ ТА ПОВЕРХОНЬ

3.1 Багатогранники. Задання та зображення багатогранників. Перетин багатогранників прямими та площинами. Взаємний перетин багатогранників

У техніці, зокрема машинобудуванні, широко застосовуються прості багатогранники.

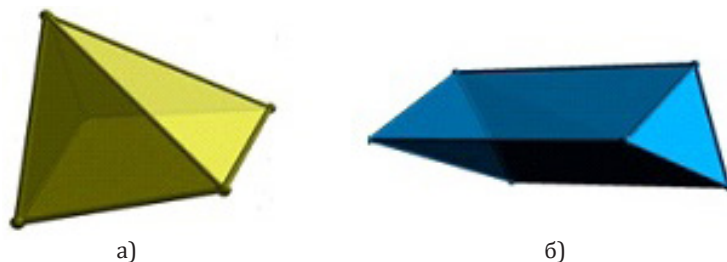


Рисунок 3.1

З усіх простих багатогранників практичне значення мають піраміди, призми та правильні багатогранники (*тіла Платона*).

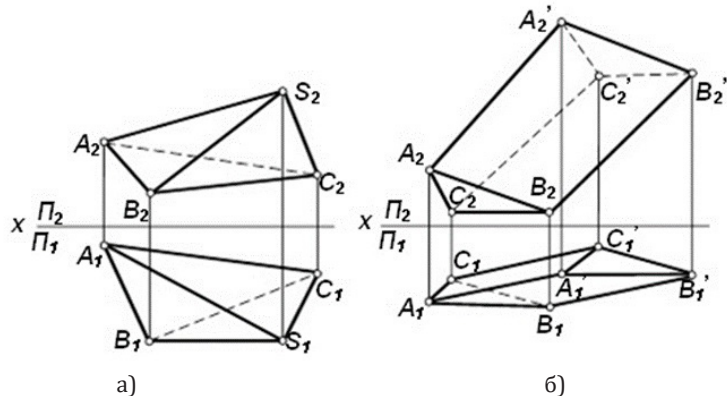


Рисунок 3.2

Пірамідою називають багатогранник, всі грані якого, крім однієї, мають спільну вершину (рис. 3.1а). Піраміду можна одержати, якщо перетнути багатогранний кут площиною, що не проходить через вершину. Вона перетинає всі ребра цієї поверхні та утворює основу. Оскільки всі бічні грані піраміди – трикутники, – піраміда цілком визначається заданням її основи та вершини (рис. 3.2а).

Призма – багатогранник, обмежений призматичною поверхнею та двома паралельними площинами, не паралельними ребрам призми (рис. 3.1б). Ці дві грані називаються основами призми, грані призматичної поверхні – бічними гранями, а її ребра – ребрами призми. В основі призми

лежать рівні багатокутники, бічні ребра призми дорівнюють одне одному (рис. 3.2б). Якщо основи не паралельні між собою, – призму називають **зрізаною**; коли основами призми є перпендикулярні перерізи призматичної поверхні, призму називають **прямою**; якщо ця умова не виконується – **похилою**. Призми розрізняються за числом бічних граней, що дорівнюють числу сторін багатокутника основи. **Якщо в основі названих геометричних тіл лежить правильний многокутник, призми та піраміди називаються правильними.**

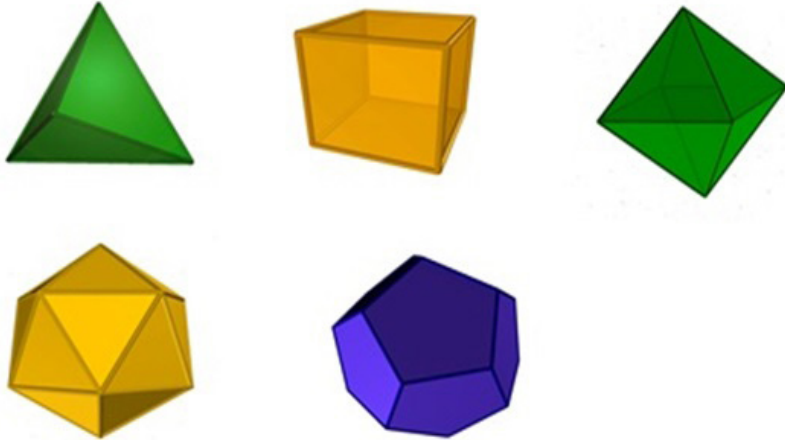


Рисунок 3.3

Правильні опуклі багатогранники (тіла Платона).

У таких багатогранників всі ребра, грані, плоскі двогранні та просторові кути дорівнюють один одному. Існує п'ять правильних багатогранників або тіл (рис. 3.3):

- тетраедр (чотиригранник), гранями якого є чотири рівнобічних трикутники ;
- гексаедр (шестигранник) або куб, гранями якого є шість квадратів;
- октаедр (восьмигранник), гранями якого є вісім рівнобічних трикутників;
- ікосаедр (двадцятигранник), утворений з двадцяти рівнобічних трикутників
- додекаедр (дванадцятигранник), утворений з дванадцяти правильних п'ятикутників.

3.1.1 Перетин багатогранників площинами та прямими лініями

При перетині багатогранників площиною утворюється плоский багатокутник, кожна вершина якого є точкою перетину ребра багатогранника з площиною, а сторона багатокутника є лінією перетину грані багатогранника з заданою площиною (рис. 3.4). Такий багатокутник називають *перерізом*.

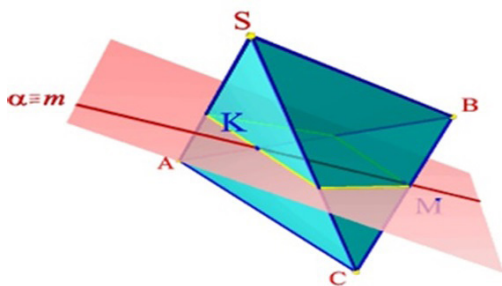


Рисунок 3.4

Тобто для знаходження перерізу багатогранника площиною необхідне розв'язання декількох перших або других позиційних задач.

Задачі такого типу можна легко розв'язати, виконавши перетворення січної площини в проєціююче положення (у пряму) разом із багатогранником.

На рис. 3.5 методом заміни площин проєкцій площину трикутника загального положення переводять на площину проєкцій Π_4 у проєціююче положення.

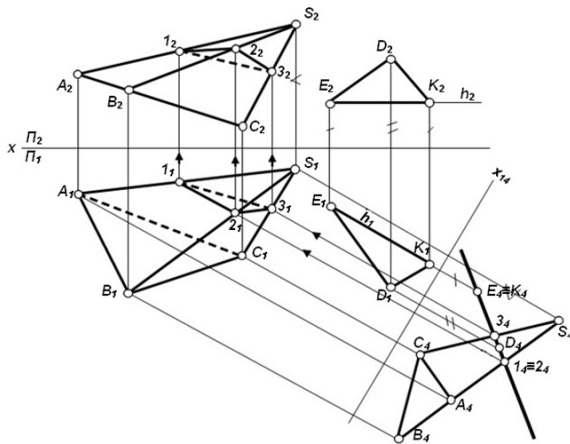


Рисунок 3.5

На Π_4 проєціюється також піраміда $SABC$. Лінія перетину $1,4,2,3,4$ визначається зразу. Проекції лінії перетину на Π_1 та Π_2 визначаються за відповідністю.

Для знаходження точок перетину прямої з багатогранником використовують допоміжні проєціюючі площини. На рис. 3.6 пряму l заключають у фронтально-проєціюючу площину Δ . Переріз допоміжної площини з багатогранником дасть ламану лінію 123 , в площині якої знаходиться пряма. Точки перетину K і M прямої з лінією 123 будуть шуканими. Видимою точкою перетину вважається та, яка належить видимій грані багатогранника.

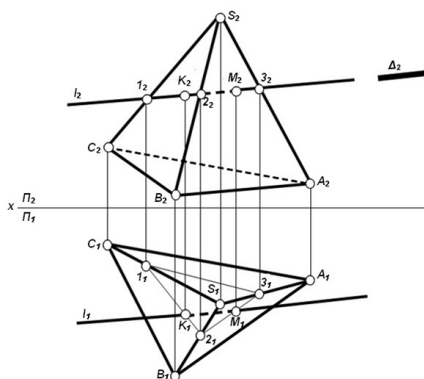


Рисунок 3.6

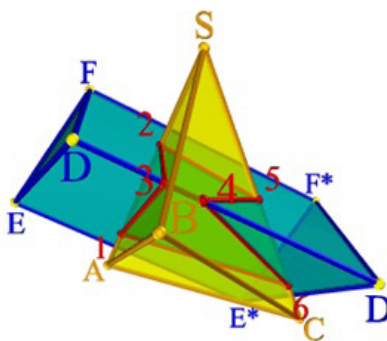


Рисунок 3.7

3.1.2 Взаємний перетин багатогранників

Задачу на знаходження лінії перетину двох багатогранників *можна розв'язати, знайшовши точки перетину ребер одного багатогранника з гранями другого і ребер другого з гранями першого (тобто розв'язуючи декілька разів першу позиційну задачу), або ж знаходити лінії перетину граней одного багатогранника з гранями іншого (тобто розв'язуючи декілька разів другу позиційну задачу)* (рис. 3.7).

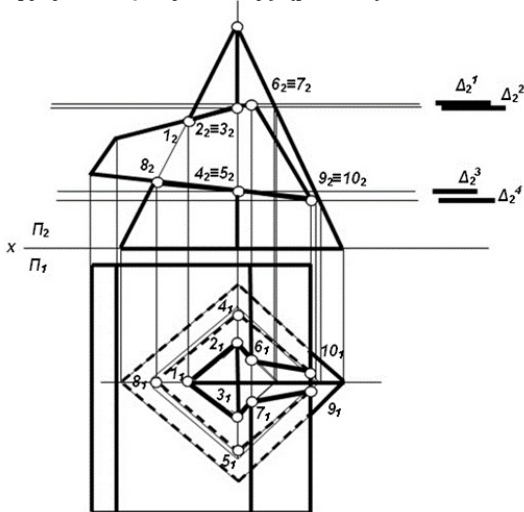
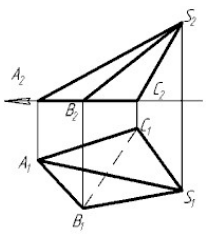
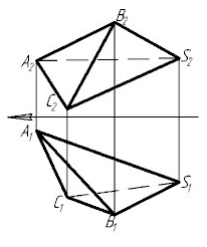
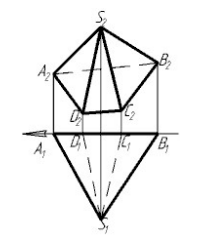
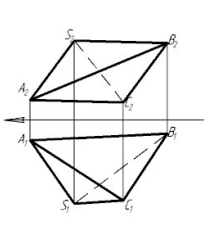


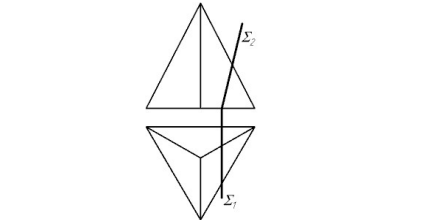
Рисунок 3.8

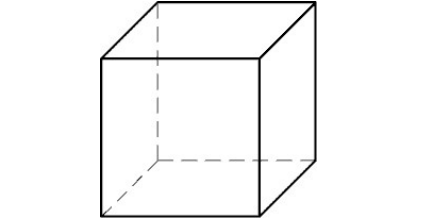
На рис. 3.8 показано знаходження проєкцій лінії перетину піраміди та призми. Точки **1, 8, 2≡3, 4≡5** – це точки перетину ребер піраміди з гранями призми. Точки **6≡7, 9≡10** – точки перетину ребер призми з гранями піраміди.

ПРАКТИКА

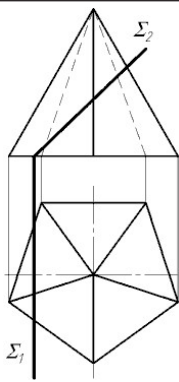
1. На якому кресленні помилково показана видимість ребер			
			
а)	б)	в)	г)

2. Яка з точок не належить поверхні піраміди?	
	
а)	К
б)	М
в)	Р
г)	Т

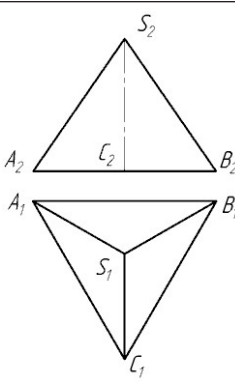
3. Назвіть геометричну форму фігури перерізу піраміди площиною Σ?	
	
а)	трикутник
б)	чотирикутник
в)	п'ятикутник
г)	шестикутник

4. Яку найменшу кількість ребер куба може перетнути одна площина?	
	
а)	чотири
б)	п'ять
в)	шість
г)	три.

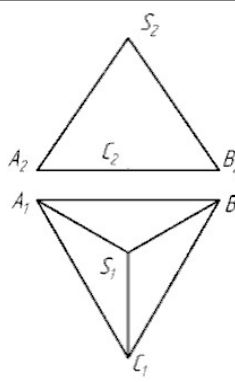
5. Назвіть геометричну форму фігури перерізу піраміди площиною Σ ?

	a)	трикутник
	б)	чотирикутник
	в)	п'ятикутник
	г)	шестикутник

6. Яка бічна грань піраміди перпендикулярна профільній площині проєкцій?

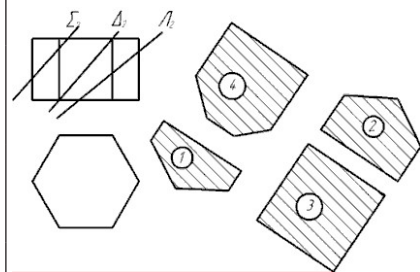
	a)	ASC
	б)	ASB
	в)	CSB

7. Яке ребро піраміди паралельне профільній площині проєкцій?

	a)	AS
	б)	BS
	в)	CS
	г)	AB



8. Який переріз призми відповідає положенню січної площини Δ , Λ , Σ ?



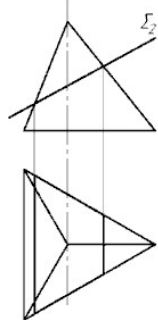
а) рис.1

б) рис.2

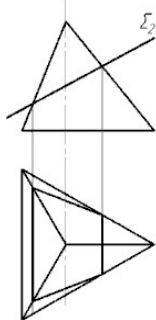
в) рис.3

г) рис.4

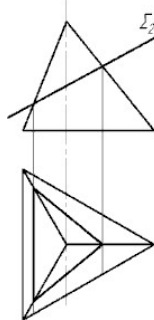
9. На якому рисунку переріз піраміди площиною Σ побудовано вірно?



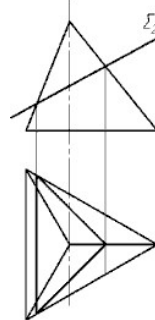
а) рис.1



б) рис.2

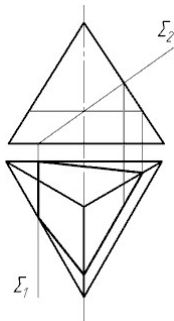


в) рис.3

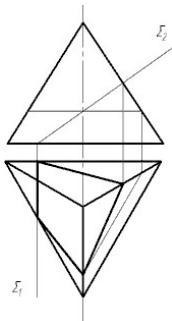


г) рис.4

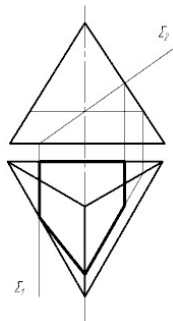
10. На якому рисунку переріз піраміди площиною Σ побудовано вірно?



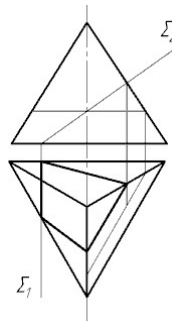
а) рис.1



б) рис.2



в) рис.3



г) рис.4

3.2 Криві поверхні. Утворення поверхонь та їх систематизація

3.2.1 Криві поверхні в природі та техніці

Багато з того, що оточує нас у житті, якщо дивитись з позицій геометрії, - це криві поверхні простих і складних форм. Зверніть увагу хоча б на оболонку курячого яйця. Геометрична досконалість надає їй чималу міцність, незважаючи на малу товщину стінок. Крило та тулуб птаха також мають досконало відпрацьовані природою поверхні. Сукупність таких поверхонь мають прекрасні аеродинамічні та інші характеристики.

Корпуси автомобілів, літаків, кораблів, оболонки наземних і підземних споруд - це комплекси відсіків поверхонь, досить складних за законами утворення. Про деякі часткові види кривих поверхонь буде вестися мова нижче.

3.2.2 Способи утворення кривих поверхонь і їх систематизація

Крива поверхня визначається як неперервна двопараметрична множина точок або однопараметрична множина ліній. **Точки або лінії цих множин називаються відповідно точками або лініями каркаса поверхні** (рис. 3.9). Оскільки на рисунку неможливо зобразити всі точки або лінії каркаса поверхні, їх зображують з певним інтервалом.

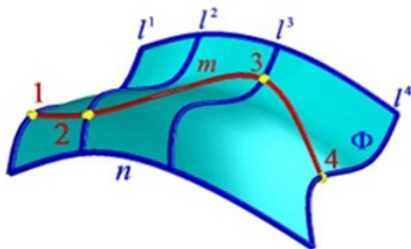


Рисунок 3.9

Сукупність ліній, які мають спільний закон утворення та пов'язані між собою певною залежністю, називається **лінійним каркасом поверхні**. Форма і положення конкретної лінії каркаса на поверхні визначаються **параметром каркаса**.

Творення криволінійної поверхні можна розглядати на

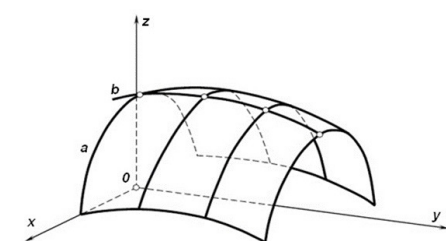


Рисунок 3.10

основі звільнення одного параметра заданої лінії. В результаті утворюється однопараметрична множина ліній каркаса поверхні. Як правило, параметр звільнюється за допомогою надання закону руху лінії в просторі.

На рис. 3.10 в площині xOz задано конкретну параболу a , яка не має вільних параметрів. Звільнення одного параметра положення дає змогу параболі рухатись за визначеним законом, наприклад, поступально вздовж лінії b . Усі положення параболі в просторі утворюють неперервний

каркас поверхні. **В нарисній геометрії такий прийом називається кінематичним способом утворення поверхні, лінія (а) каркаса – твірною поверхні, а лінія (b) руху точок лінії - напрямною.**

Поверхні, утворені рухом твірної певної форми, називаються **кінематичними поверхнями з твірною постійної форми.**

З параметром положення лінії каркаса можуть бути зв'язані і параметри її форми. За параметр каркаса можна прийняти будь-який з цих параметрів. При цьому незалежним (вільним) є тільки один параметр каркаса, а решта змінних параметрів визначається як залежні від першого. Поверхня, що утворюється таким чином, називається кінематичною поверхнею з твірною **змінної форми.** Як приклад можна розглянути поверхню, зображену на рис. 3.11.

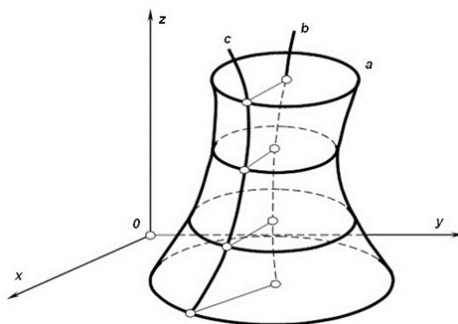


Рисунок 3.11

Твірне коло рухається у просторі таким чином, що його центр переміщується вздовж напрямної **b**, а площина кола весь час залишається паралельною площині **xOy**. Зміна радіуса в процесі переміщення задається лінією **c**. Змінюються два параметри кола: положення площини кола та радіус, проте незалежним є тільки один. Поверхня вважається заданою, якщо за однією проекцією точки, що належить поверхні, можна визначити другу проекцію. **Сукупність умов, необхідних і достатніх для задання поверхні, називається визначником поверхні.** Останній складається з геометричної та алгоритмічної частин. Геометричною частиною визначника поверхні є геометричні фігури, зображені на рисунку, за допомогою яких зв'язуються параметри множини ліній простору. Алгоритмічна частина визначника – це сукупність правил застосування геометричної частини визначника для утворення поверхні. Наприклад, геометричною частиною визначника поверхні, зображеної на рис. 3.11, є лінії **a, b, c** та площина **xOy**. До алгоритмічної частини визначника цієї поверхні відносяться умови:

- 1) коло **a** є лінією каркаса поверхні;
- 2) центр кола повинен належати лінії **b**;
- 3) усі лінії каркаса поверхні повинні перетинати лінію **c**.

Серед множини різноманітних поверхонь можна виділити їх групи з однаковими елементами визначника або деякими спільними властивостями. Визначення груп дає змогу досконало вивчати властивості поверхонь, створювати узагальнені алгоритми побудови їх каркасів, розв'язувати різноманітні задачі.

В нарисній геометрії поверхні, утворені неперервним каркасом, систематизують за виглядом його ліній і законом формування каркаса. Найпоширеніші в інженерній практиці є поверхні з найпростішими лініями каркаса – прямими та колами, які відповідно називаються **лінійчатими** та **циклічними.**

Існують поверхні, які можна віднести і до лінійчатих, і до циклічних. Наприклад, на поверхні циліндра обертання можна визначити як лінійчатий (множина прямолінійних твірних, паралельних осі), так і циклічний (множина кіл в площинах, перпендикулярних до осі) каркас. В основу систематизації поверхонь за законом каркаса може бути покладено вигляд руху твірної у просторі, якщо каркас поверхні утворюється при звільненні одного параметра твірної.

Найпростіші види руху - обертальний, поступальний та гвинтовий.

Поверхні, утворені обертанням твірної лінії навколо нерухомої осі, називаються поверхнями обертання (рис. 3.12). Найпростішими прикладами таких поверхонь є циліндр, конус обертання та сфера.

Всі поверхні обертання можна віднести до циклічних поверхонь. Визначник поверхні обертання має вигляд

$$D = (a, i)$$

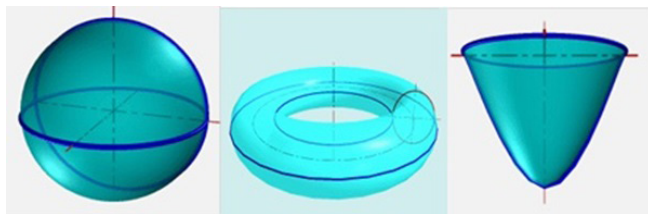


Рисунок 3.12

На рис. 3.13 показані проєкції поверхні обертання, заданої проєкціями ліній визначника.

Поверхні, утворені поступальним рухом твірної, називаються поверхнями паралельного переносу.

Визначник такої поверхні можна записати у вигляді

$$D = (m, n)$$

На рис. 3.14 показано проєкції поверхні паралельного переносу.

Поверхні, утворені гвинтовим рухом (обертальним + поступальним) твірної навколо осі, називаються гвинтовими (рис. 3.15).

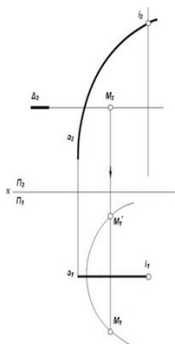


Рисунок 3.13

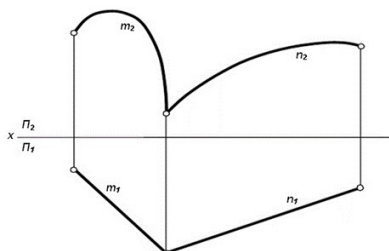


Рисунок 3.14

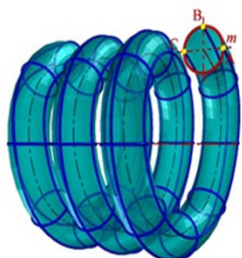


Рисунок 3.15

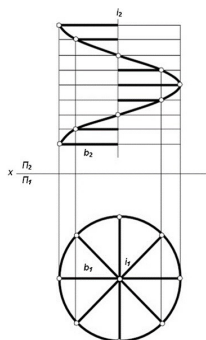


Рисунок 3.16

Лінійчаті поверхні

Лінійчата поверхня може бути визначена як нескінченна множина прямих (твірних), кожна з яких перетинає три фіксовані у просторі напрямні лінії.

Належність лінійчатої поверхні до певного виду визначається числом невластих напрямних ліній.

У загальному випадку дві нескінченно близькі твірні лінійчатої поверхні є мимобіжними прямими. Такі поверхні називають **косими**.

Поверхня, у якій прями лінії каркаса перетинають три задані мимобіжні прямі, називається **однопорожнинним гіперолоїдом** (рис. 3.17).

Лінійчаті поверхні з невластною прямою напрямною, яка замінюється площиною паралелізму, називаються **поверхнями Каталана**. До поверхонь Каталана належать коноїд, циліндроїд і гіперболічний параболоїд (він же – гіпар або коса площина).

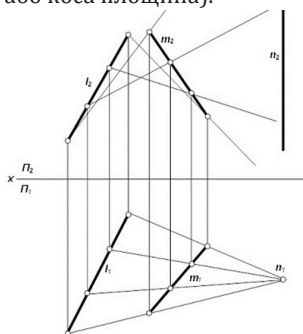


Рисунок 3.17

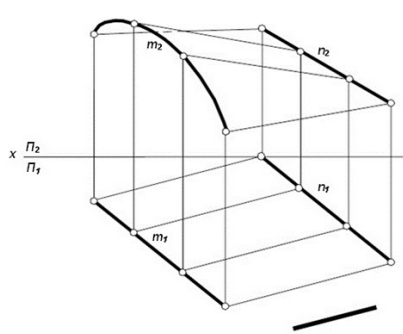


Рисунок 3.18

Коніоїд – це поверхня, яка має дві власні напрямні – пряму і криву (рис. 3.18).

Циліндроїд – дві власні напрямні криві (рис. 3.19).

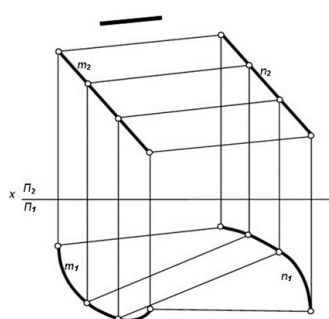


Рисунок 3.19

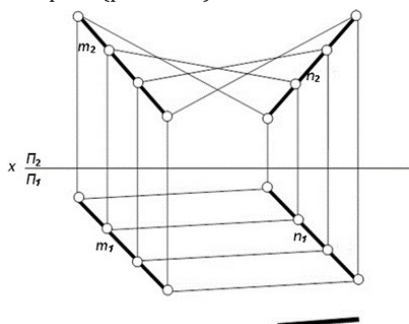


Рисунок 3.20

Гіперболічний параболоїд має дві власні напрямні прями лінії (рис. 3.20).

Циліндроїди, коноїди та гіпари широко використовуються в архітектурній практиці як поверхні покриття споруд, оскільки несуть на собі лінійні каркаси. Якщо площина паралелізму ліній каркаса поверхні замінює нескінченно віддалену пряму напрямну, то нескінченно віддалена крива напрямна замінюється напрямним конусом.

На рис. 3.21 показана поверхня з напрямним конусом, яка називається **косим гелікоїдом** і крім напрямного конуса має ще дві власні напрямні – гвинтову лінію і вісь гвинтової лінії. Прямі лінії каркаса гелікоїда перетинають власні напрямні та паралельні відповідним твірним напрямного конуса.

На відміну від косих поверхонь, у яких кожна пара нескінченно близьких ліній каркаса є мимобіжною, у розгорнутих поверхонь вони перетинаються.

Розгорнуту лінійчату поверхню можна уявити собі як граничний стан багатогранної поверхні з гранями, ширина яких наближається до нуля. Тому таку поверхню можна отримати розгортанням багатогранника на площину.

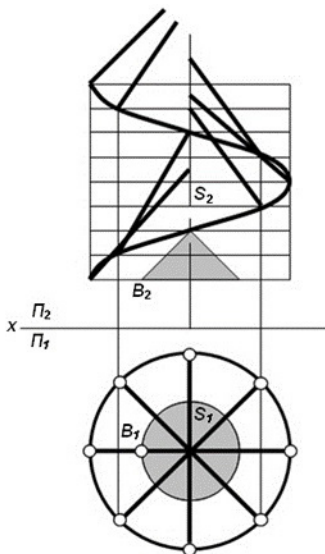


Рисунок 3.21

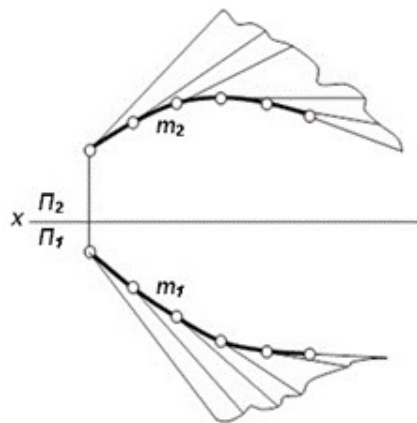


Рисунок 3.22

У загальному вигляді розгорнута поверхня утворюється як неперервна однопараметрична множина дотичних до просторової кривої лінії m і називається **торсом** (рис. 3.22). Просторова крива лінія при цьому називається ребром звороту. Якщо ребро звороту перетворюється в точку – отримаємо **конічну поверхню** з вершиною в даній точці. Якщо вершина конічної поверхні віддалена в нескінченність, – маємо **циліндричну поверхню**.

ПРАКТИКА

1. Яка з ліній на поверхні обертання є екватором (горлом, головним меридіаном)?

	а)	h
	б)	q
	в)	k
	г)	l
	д)	f

2. Яку фронтальну проекцію точки A побудовано вірно?

	а)	A_2
	б)	A_2^1
	в)	A_2^2

3. Проекції якої точки на поверхні кулі знайдені вірно?

	а)	C
	б)	K
	в)	B
	г)	A

4. Які з точок, проєкції яких задані на кресленні, є точками зміни видимості на горизонтальній площині проєкцій?

	a)	1 і 2
	б)	3 і 3 ¹
	в)	4 і 4 ¹

5. Яка з точок не належить поверхні конуса?

	a)	A
	б)	B
	в)	C
	г)	D

6. По якій кривій в просторі площина перетинає кулю (сферичну поверхню)?

a)	еліпс
б)	коло
в)	гіпербола
г)	парабола

7. Яка з ліній на поверхні кулі є лінією зміни видимості на фронтальній (горизонтальній) площині проєкцій?

a)	будь яка паралель
б)	екватор
в)	головний меридіан



3.2.3 Дискретизація та інтерполяція поверхонь

В практиці конструювання архітектурних та технічних форм виникає потреба представлення поверхні як неперервним, так і дискретним каркасом. У зв'язку з цим виникають задачі перезадання каркаса поверхні.

Виявлення на поверхні дискретної множини ліній або точок, положення яких відповідає заданим умовам, називається дискретизацією поверхні. Прикладом дискретизації може бути розділення поверхонь збірного просторового покриття на збірні елементи або нанесення сітки кінцевих елементів на поверхню оболонки для її розрахунку на міцність та стійкість.

Задача, протилежна дискретизації, називається інтерполяцією.

В практиці проектування часто як вихідну форму представлення поверхні приймають її дискретний каркас. Але таке представлення не є способом її задання, оскільки в цьому випадку неможливо визначити положення довільної точки, яка належить поверхні. Отже, виникає задача відновлення поверхні за її дискретним каркасом.

Багато задач потребують наближеної заміни складної поверхні більш простими, що мають певні властивості. Наприклад, для побудови наближеної розгортки нерозгортуваної поверхні її замінують відсіками конусів або циліндрів, для яких і будують розгортку. Така наближена заміна однієї поверхні іншими називається **апроксимацією** і виконується як дві послідовні операції дискретизації та інтерполяції.



3.3 Перетин кривих поверхень площиною та прямою лінією

При **перерізах** поверхень площиною утворюється плоска крива лінія, кожна точка якої є точкою перетину лінії каркаса поверхні з січною площиною. Для побудови точок перерізу можуть бути застосовані способи допоміжних січних площин або спосіб заміни площин проєкцій. Допоміжні січні площини в більшості випадків обираються проєціюючими, що дає змогу визначити множину точок перетину плоских ліній каркаса поверхні з заданою площиною. Спосіб заміни площин проєкцій дозволяє перевести площину чи поверхню, що перетинаються, в проєціююче положення і спростити розв'язання задачі. Отже, обидва способи **ґрунтуються на алгоритмах побудови перерізу поверхні проєціюючою площиною**.

3.3.1 Перетин поверхень проєціюючою площиною

На рис. 3.23 показано побудову перерізу сфери проєціюючою площиною Γ .

Така площина на площині проєкцій, до якої вона перпендикулярна, зображується прямою лінією. Ця проєкція називається **виродженою**. Одна з проєкцій лінії перерізу поверхні завжди збігається з виродженою проєкцією проєціюючої січної площини. Отже, побудова лінії перерізу зводиться до знаходження її другої відсутньої проєкції або до визначення другої проєкції множини точок, що належать поверхні.

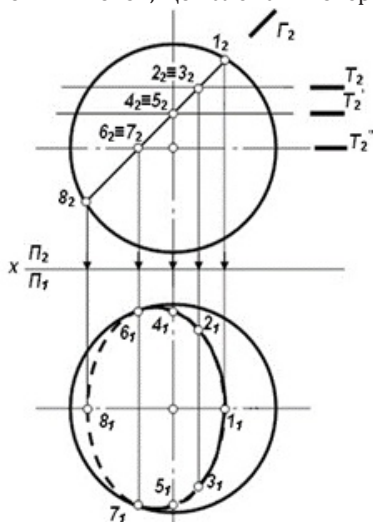


Рисунок 3.23

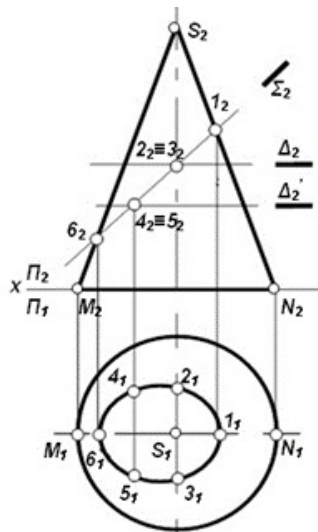


Рисунок 3.24

Друга проєкція точки, що належить будь-якій лінії, будується просто за відповідністю, тому для побудови другої проєкції лінії перерізу досить

задати поверхню у вигляді множини простих ліній каркаса, фронтальну проекцію яких можна накреслити інструментально без додаткових побудов. Горизонтальна проекція кожної точки лінії **перерізу** визначається як проекція точки, що належить відповідній лінії каркаса.

На рис. 3.24 показано переріз конуса обертання фронтально-проєціюючою площиною. Фронтальна проєкція перерізу збігається з проєкцією площини Σ . Точки горизонтальної проєкції будуються за відповідністю як проєкції точок, що належать лініям каркаса конуса. Це можуть бути кола горизонтальних перерізів чи прямолінійні твірні. На рис. 3.24 точки **1** і **6** знайдені як результат перетину площини з твірними SM і SN . Для побудови точок **4,5** і **2,3** проведені допоміжні горизонтальні площини.

3.3.2 Конічні перерізи

При перетині конуса обертання площинами утворюються криві другого порядку (рис. 3.25) (еліпс, парабола, гіпербола, коло), які ще називають «коніками».

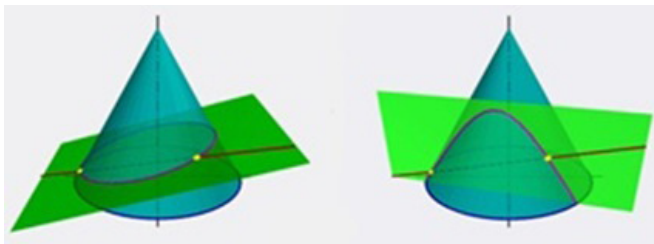


Рисунок 3.25

На рис. 3.26 показано переріз конуса обертання різними проєціюючими площинами. Якщо січна площина паралельна двом прямолінійним прямим конуса, то вона перетинає його по гіперболі, якщо площина - паралельна одній твірній, то вона перетинає конус по параболі, якщо площина не паралельна жодній твірній - то вона перетинає конус обертання по еліпсу, і нарешті, якщо площина перпендикулярна осі конуса, то вона перетне його по колу.

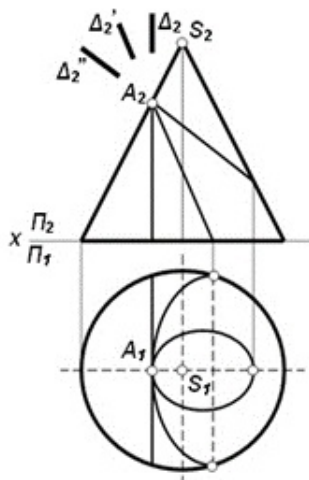


Рисунок 3.26

3.3.3 Перетин кривих поверхонь площиною загального положення

На рис. 3.27 заданий прямий круговий конус і площина загального положення (слідами). Для знаходження проєкцій лінії перетину площини з поверхнею площину способом заміни

площин проєкцій перетворюють у проєціююче положення. Точки лінії перетину 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 на проєкціях Π_1 і Π_2 знаходяться за відповідністю.

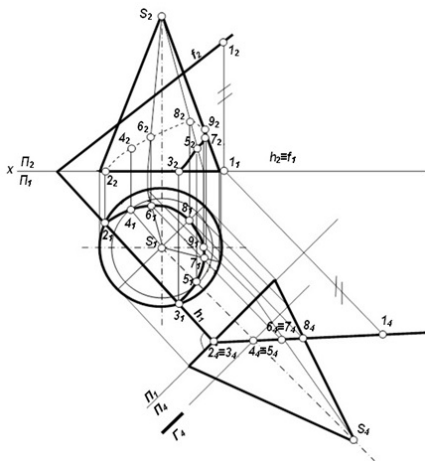


Рисунок 3.27

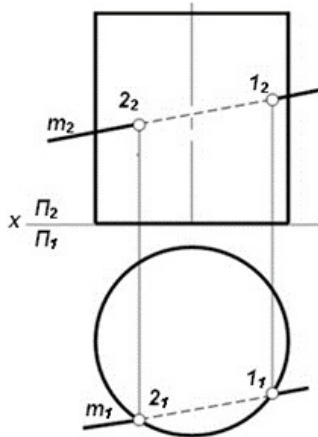


Рисунок 3.28

3.3.4 Перетин поверхонь другого порядку з прямою лінією

Пряма перетинає поверхню другого порядку в двох точках. Точки перетину прямої m з проєціюючим циліндром другого порядку (рис. 3.28) визначаються на виродженій проєкції циліндра як результат перетину двох ліній.

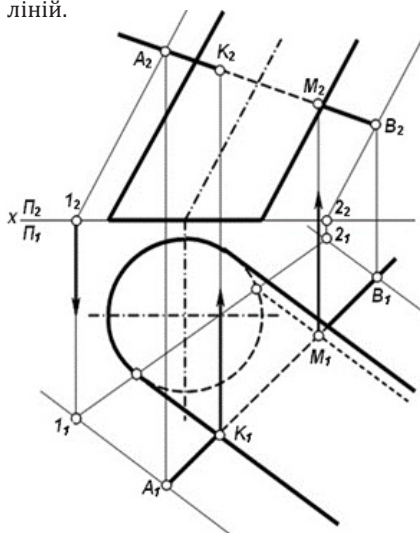


Рисунок 3.29

Друга проєкція точок визначається за вертикальною відповідністю.

Для побудови точок перетину прямої AB з циліндром другого порядку загального положення (рис. 3.29) можна через пряму побудувати допоміжну січну площину, яка перетне циліндр по прямолінійних твірних.

Точки перетину проєкцій прямої K і M та знайдених твірних циліндра і будуть шуканими. Видимість точок перетину та ділянок прямої визначаються за наступним правилом. Точка перетину на проєкціях вважається видимою, якщо вона належить видимій твірній циліндра, і, навпаки, – невидимою, якщо вона належить невидимій твірній.

Побудова точок перетину прямої з конічною поверхнею може бути виконана аналогічним чином (рис. 3.30).



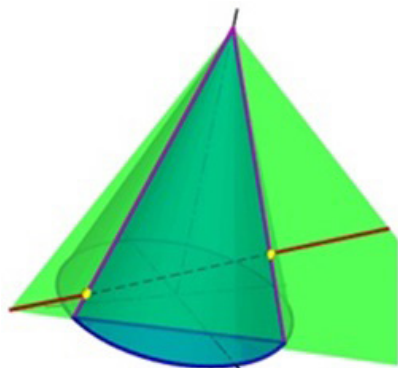


Рисунок 3.30

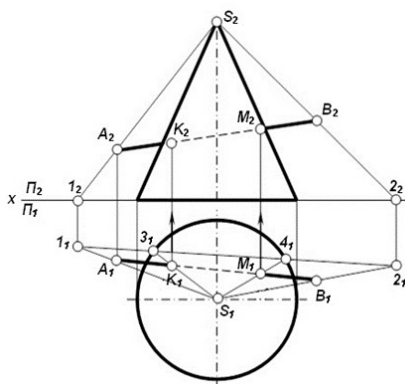


Рисунок 3.31

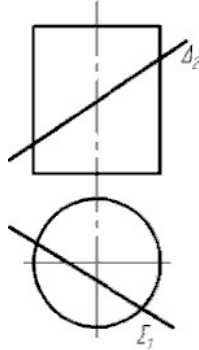
Але треба мати на увазі, що тільки та площина перетне конус по прямолінійних твірних, яка проходить через вершину конічної поверхні. Для цього через вершину конуса та точки прямої A і B проведемо допоміжну січну площину (рис. 3.31). Остання перетне конус по прямолінійних твірних S_13_1 та S_14_1 . Точки перетину проєкцій прямої та знайдених твірних будуть шуканими. Видимість точок перетину K і M визначається за правилом, наведеним вище.

ПРАКТИКА

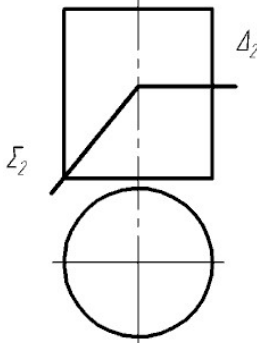
1. Яка форма горизонтальної проєкції лінії перерізу кулі площиною Σ ?

	а)	еліпс з осями (3,4) і (1,2)
	б)	кола радіуса (0131)
	в)	еліпс з осями (3141) і (5161)
	г)	кола радіуса (0232)

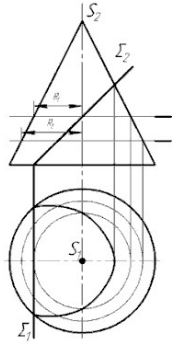
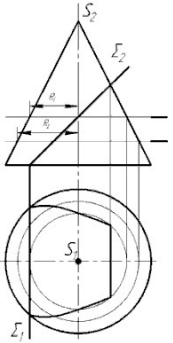
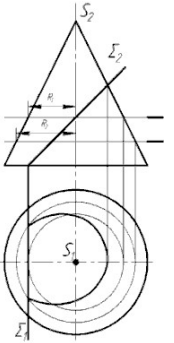
2. Назвіть геометричну форму фігури перерізу циліндра площиною Δ (Σ)?

	a)	коло
	б)	еліпс
	в)	чотирикутник
	г)	парабола

3. З яких ліній в просторі складається контур лінії перерізу циліндра площинами Σ і Δ ?

	a)	відрізок і частина кола
	б)	з частини кола і частини еліпса
	в)	з частин двох еліпсів
	г)	відрізок і парабола

4. На якому рисунку контур перерізу конуса площиною Σ побудовано вірно?

		
a) рис.1	б) рис.2	в) рис.3



5. Частини яких кривих ліній складають контур перерізу бічної поверхні конуса площинами Δ , Σ , P ?

	а)	еліпс, парабола, гіпербола
	б)	парабола, коло, еліпс
	в)	парабола, прямокутник, еліпс
	г)	гіпербола, еліпс, трикутник

6. З яких ліній в просторі складається контур лінії перерізу циліндра площинами Σ і Δ ?

	а)	4 і 3
	б)	7 і 8
	в)	12 і 14
	г)	1 і 2
д)	9 і 10	

7. На якому рисунку вірно побудована лінія перетину конуса площиною Σ ?

а) рис.1	б) рис.2	в) рис.3

3.4 Взаємний перетин криволінійних поверхонь

В задачах конструювання складних форм машинобудівних виробів або інженерних конструкцій виникає необхідність у побудові лінії перетину простих поверхонь, які утворюють ці складні форми. **Лінія, яка утворюється як множина спільних точок двох поверхонь, що перетинаються, називається лінією перетину.** Лінію перетину поверхонь будують по точках зустрічі ліній однієї поверхні з іншою або по точках перетину ліній каркасів двох поверхонь.

Для побудови точок лінії взаємного перетину двох поверхонь застосовуються два способи: **заміни площин проєкцій та допоміжних перерізів.**

3.4.1 Побудова лінії взаємного перетину двох поверхонь, одна з яких проєціююча

Найпростіший випадок взаємного перетину двох кривих поверхонь – коли одна з поверхонь займає проєціююче положення.

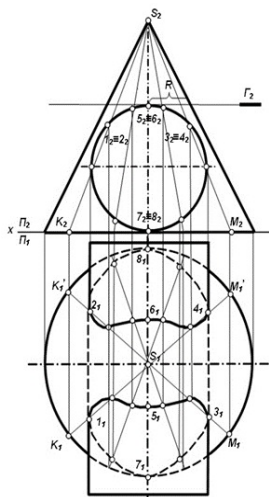


Рисунок 3.32

Проєціюючою може бути тільки циліндрична поверхня. Відповідно до властивостей проєціюючих фігур одна проєкція перетину двох поверхонь збігається з виродженою проєкцією проєціюючої поверхні і задача зводиться до побудови другої проєкції лінії перетину за принципом належності геометричній фігурі.

На рис. 3.32 показано побудову лінії взаємного перетину фронтально проєціюючого циліндра обертання з прямим конусом. Фронтальна проєкція лінії перетину збігається з виродженою проєкцією циліндра. Тому безпосередньо на фронтальній проєкції можна визначити точки перетину твірних конуса з поверхнею циліндра. Горизонтальні проєкції цих точок визначають за відповідністю на горизонтальних проєкціях твірних конуса.

Характерними точками лінії перетину є точки $1 \equiv 2$ та $3 \equiv 4$ на контурних твірних циліндра. Вони відділяють видиму частину лінії перетину від невидимої. Тому для побудови горизонтальних проєкцій цих точок через їх відомі фронтальні проєкції проведені твірні SK та SM конуса. Невидима частина шуканої лінії належить невидимій частині поверхні циліндра.

3.4.2 Спосіб допоміжних перерізів

Для визначення лінії взаємного перетину двох поверхонь способом допоміжних перерізів їх перетинають третьою поверхнею T – посередником



(рис. 3.33). Лінії m та n перетину допоміжної поверхні T двома даними поверхнями, перетинаючись між собою, дають точки шуканої лінії перетину. Виконуючи таку операцію кілька разів, можна одержати необхідну кількість точок для проведення кривої взаємного перетину.

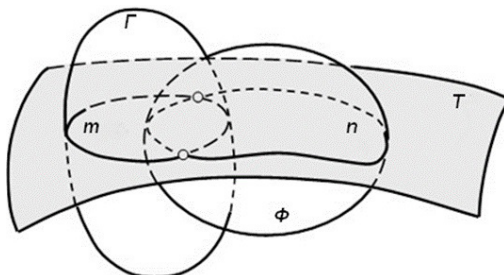


Рисунок 3.33

Допоміжні січні поверхні слід вибирати так, щоб лінії m та n були прямими або колами і не потребували додаткових побудов. Найчастіше за січні поверхні приймають площини та сфери.

В цих випадках спосіб допоміжних перерізів називають відповідно способом допоміжних січних площин або **способом допоміжних січних сфер.**

Спосіб допоміжних січних площин часткового положення

Спосіб січних площин часткового положення доцільний тоді, коли в результаті перерізу кривих поверхонь площинами утворюються на проєкціях прямі лінії або кола.

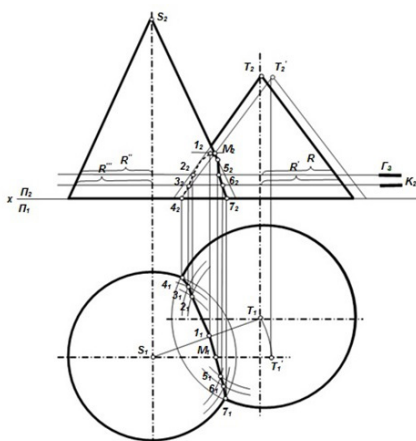


Рисунок 3.34

На рис. 3.34 показано визначення лінії взаємного перетину двох прямих кругових конусів. Для визначення точок, які належать лінії взаємного перетину двох поверхонь, доцільно скористатись множиною **горизонтальних допоміжних січних площин**, кожна з яких перетинає конуси по колах певних радіусів.

На початку визначимо проєкції вищої точки **1** лінії перетину. Для цього поворотом конуса з вершиною T поставимо конуси на одну вісь симетрії. Точка M буде задавати на фронтальній проєкції рівень найвищої точки лінії перетину, а точка **1** буде шуканою.

Виберемо тепер декілька горизонтальних січних площин Γ і K нижче точки **1**. Вони будуть перетинати конуси по колах з радіусами R і R' та R^{II} і R^{III} . Пари кіл, що належать одній січній площині, перетинаючись між собою, дають точки шуканої лінії. Видимими точками лінії перетину вважаються ті, які одночасно належать двом видимим твірним конусів, що перетинаються.

3.4.3 Спосіб січних сфер

Спосіб січних сфер поділяється на **метод концентричних січних сфер**, коли осі сфер мають спільний центр, та **ексцентричних січних сфер** (їх центри не суміщаються).

Концентричні січні сфери застосовуються в особливому випадку, коли:

- перетинаються дві поверхні обертання;
- осі поверхонь перетинаються;
- осі поверхонь, що перетинаються, паралельні одній з площин проєкцій.

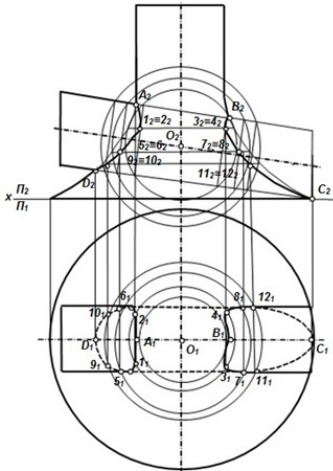


Рисунок 3.35

центром в точці O перетину осей. Сфера перетинається з поверхнями по колах. Точки перетину кіл належать шуканій лінії. Для визначення горизонтальних проєкцій точок лінії перетину спочатку будують горизонтальні проєкції кіл, по яких сфери перетинають тор, а потім за відповідністю визначають проєкції Γ точок.

Ексцентричні січні сфери застосовуються тоді, коли:

- одна з поверхонь є поверхнею обертання, а друга має кругові перерізи;
- обидві поверхні мають загальну площину симетрії;
- їх площина симетрії паралельна одній із площин проєкцій.

На рис. 3.36 наведено приклад застосування способу січних ексцентричних сфер. Перетинаються відсік тора та конус обертання. Вісь тора перетинається з віссю обертання конуса, обидві осі належать одній фронтальній площині.

Точки A та B знаходяться безпосередньо в результаті перетину контурних твірних поверхонь.

Для знаходження інших точок через прямолінійну вісь тора у зоні орієнтованого перетину поверхонь проводять січні

Цей спосіб ґрунтується на тому, що поверхня обертання, вісь якої проходить через центр сфери, перетинається із сферою по колах. Якщо вісь поверхні обертання розміщена паралельно одній з площин проєкцій, то ці кола зображуються прямими лініями. На рис. 3.35 показано побудову лінії перетину циліндра обертання з фронтальною віссю та поверхні обертання з горизонтальною проєціуючою віссю.

Чотири точки A, B, C, D знаходяться безпосередньо в результаті перетину контурних твірних обох поверхонь. Для визначення проєкцій будь-яких проміжних точок проведено допоміжну січну сферу а

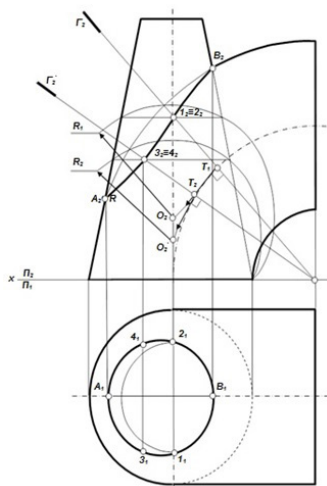


Рисунок 3.36

площини Γ , які перетинають тор по колах з центрами T . На осі конуса визначають положення центрів O січних сфер. Ці сфери перетинають конус по горизонтальних колах. Перше коло перетинається з перерізом тора в точках $1 \equiv 2$, а друге – у точках $3 \equiv 4$. Горизонтальні проекції точок шукаються як такі, що належать круговим перерізам конічної поверхні.

3.4.4 Особливі випадки перетину поверхонь другого порядку

Порядок лінії перетину двох алгебраїчних поверхонь визначається як добуток порядків цих поверхонь. Отже, дві поверхні другого порядку в загальному випадку перетинаються по просторовій кривій четвертого порядку.

Просторові криві четвертого порядку можуть приймати різноманітну форму. Види перетину поверхонь другого порядку систематизують за видом лінії перетину.

1. Якщо лінія перетину має одну замкнену вітку, без особливих точок – перетин поверхонь називається частковим врізуванням.
2. Повне проникнення – це випадок перетину, коли просторова крива має дві замкнені вітки (рис. 3.37).

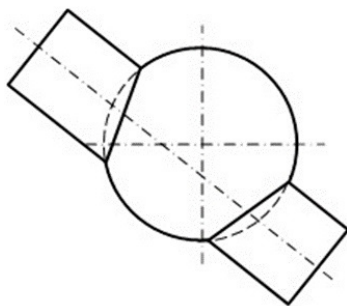


Рисунок 3.37

3. Однобічне внутрішнє стикання спостерігається, коли поверхні, що перетинаються, мають в одній точці M спільну площину дотику. Крива лінія в цьому випадку перетинає сама себе в точці дотику (рис. 3.38).

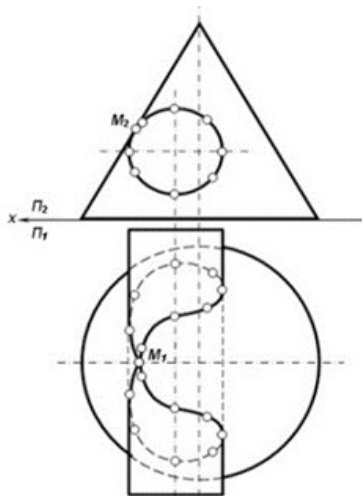


Рисунок 3.38

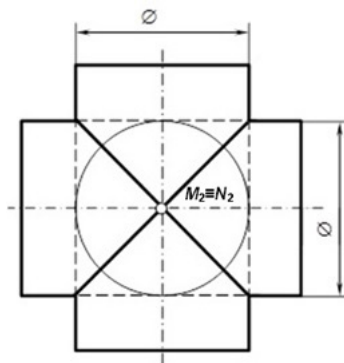


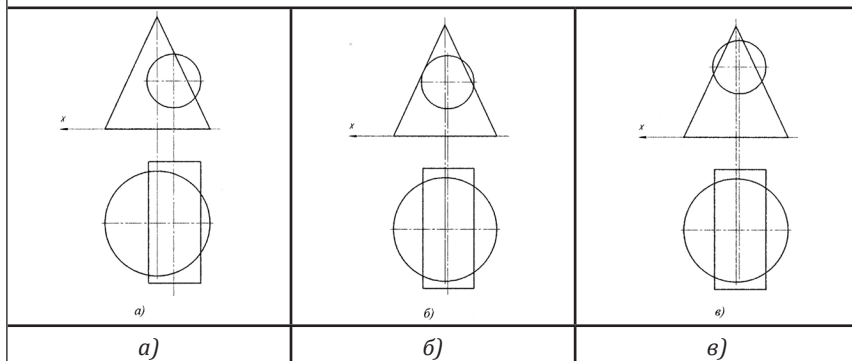
Рисунок 3.39

4. Подвійне стикання – це особливий випадок перетину поверхонь, які мають дві спільні дотичні площини. У цьому випадку просторова крива четвертого порядку розпадається на дві плоскі криві другого порядку, які перетинаються в точках дотику M та N (рис. 3.39).

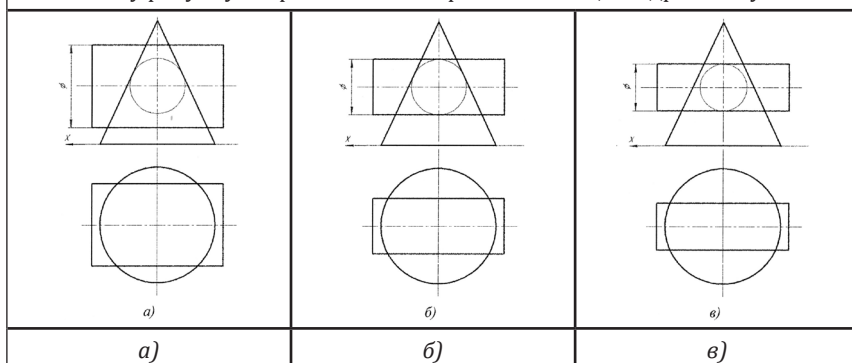
Загальний випадок, коли просторова крива четвертого порядку розпадається на дві плоскі криві другого порядку, визначає теорема Монжа: **якщо дві поверхні другого порядку вписати або описати навколо третьої поверхні другого порядку, то перші дві перетинаються по двох плоских кривих другого порядку.**

ПРАКТИКА

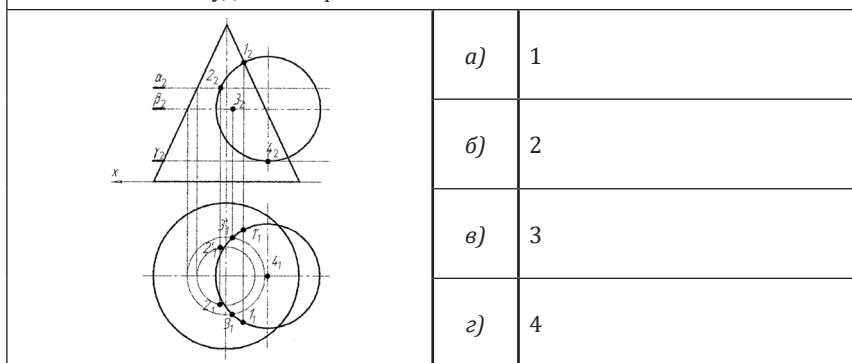
1. На якому рисунку зображений внутрішній дотик фігур?



2. На якому рисунку зображене повне проникнення циліндра в конус?



3. Яка з точок побудована вірно?



4. Яка з точок побудована вірно?

	a)	1
	б)	2
	в)	3
	г)	4

5. Яка з допоміжних січних площин проведена для визначення точки зміни видимості горизонтальної проекції кривої перетину поверхонь?

	a)	α
	б)	β
	в)	γ
	г)	Δ
	д)	Σ

6. Яка з допоміжних січних площин проведена для визначення точки зміни видимості горизонтальної проекції кривої перетину поверхонь?

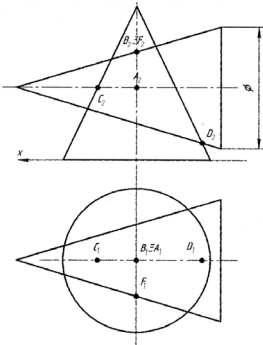
	a)	α
	б)	β
	в)	γ
	г)	Δ
	д)	Σ

7. Яка з точок є вірно вибраним центром допоміжних сфер для визначення лінії взаємного перетину фігур?

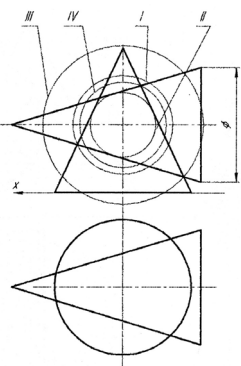
	a)	A
	б)	B
	в)	C
	г)	D
	д)	F



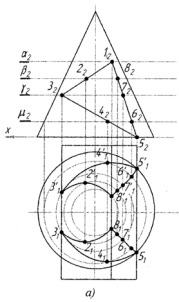
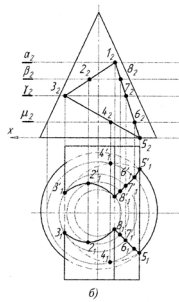
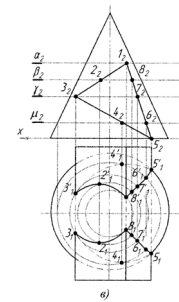
8. Яка з точок є вірно вибраним центром допоміжних сфер для визначення лінії взаємного перетину фігур?

	a)	A
	б)	B
	в)	C
	г)	D
	д)	F

9. Яка з допоміжних січних сфер є сферою найменшого радіусу для визначення лінії перетину поверхонь?

	a)	I
	б)	II
	в)	III
	г)	IV

10. На якому рисунку показана правильно видимість фігур, які перетинаються?

 <p>a)</p>	 <p>б)</p>	 <p>в)</p>
---	---	---

3.5 Розгортки багатогранних та криволінійних поверхонь

Розгорткою поверхні називається плоска фігура, що утворюється при суміщенні відсіку поверхні з площиною при його розгинанні. Деякі геометричні властивості елементів поверхонь не змінюються при розгортці. Так, лінія поверхні переходить в лінію розгортки, довжини ліній, величини плоских кутів та площин, обмежених замкненими лініями, зберігаються.

Точна розгортка може бути побудована лише для **багатогранників та відсіків розгортуваних поверхонь (циліндра, конуса, торса).**

Поверхню багатогранника завжди можна сумістити з площиною, тому що вона складається з плоских відсіків. Однак при послідовному суміщенні граней складних багатогранників з площиною можливі накладання на фігурі розгортки. Побудова точної розгортки розгортваної криволінійної поверхні пов'язана з обчислюванням довжини кривої лінії, що становить певні труднощі. Тому розгортки, як правило, будують наближено. Винятками є циліндри та конуси обертання, для яких параметри розгортки визначаються легко.

3.5.1. Побудова розгортки поверхні багатогранника

При побудові розгортки багатогранника всі його грані суміщаються з площиною проєкцій або з площиною, яка паралельна площині проєкцій, для того, щоб усі грані зобразились не спотворено. Можна рекомендувати два способи: обертання граней навколо спільних ребер, паралельних площині проєкцій, та побудову неспотворених граней за визначеними довжинами ребер (для трикутних граней).

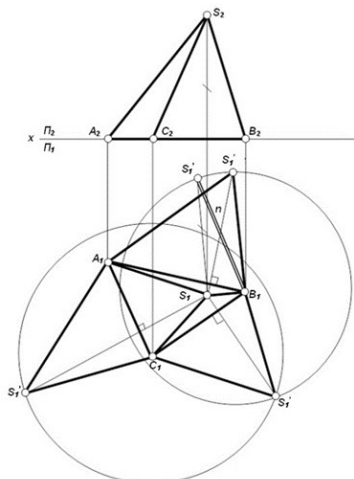


Рисунок 3.40

На рис. 3.40 показана розгортка тригранної піраміди $SABC$ на горизонтальну площину її основи. Для цього кожна грань обертається навколо її горизонталі – ребра основи. Побудова розгортки починається з обертання грані SBA навколо горизонталі BA . Проекції B_1 та A_1 при обертанні не змінюють свого положення, а вершина S переміщується у просторі по колу, площина якого перпендикулярна до осі обертання BA . Горизонтальною проєкцією площини є пряма n , перпендикулярна до проєкції B_1A_1 . Щоб визначити положення точки $S'1$ розгортки, спочатку знаходять натуральну величину $S^{11}B_1$ ребра SB за допомогою способу прямокутного трикутника, а потім відстань $S^{11}B_1$ відкладають від точки B_1 на перпендикулярі n . Трикутник $S'1B_1A_1$ є

натуральною величиною грані **SBA**. Бічні грані піраміди **SCB** та **SAC** обертаються навколо **CB** та **AC**. Побудована плоска фігура є розгорткою поверхні піраміди на горизонтальну площину її основи.

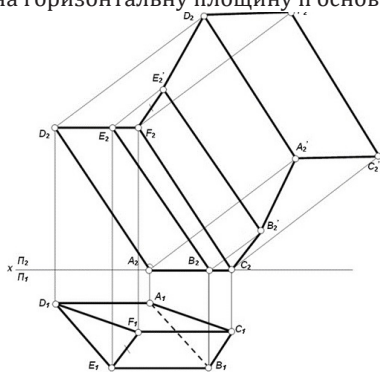


Рисунок 3.41

Якщо всі ребра багатогранника знаходяться в загальному положенні, спочатку визначають їх натуральні довжини, а потім будують розгортку.

На рис. 3.42а зображено тригранну піраміду у загальному положенні. За допомогою способу прямокутного трикутника знайдені натуральні величини всіх ребер.

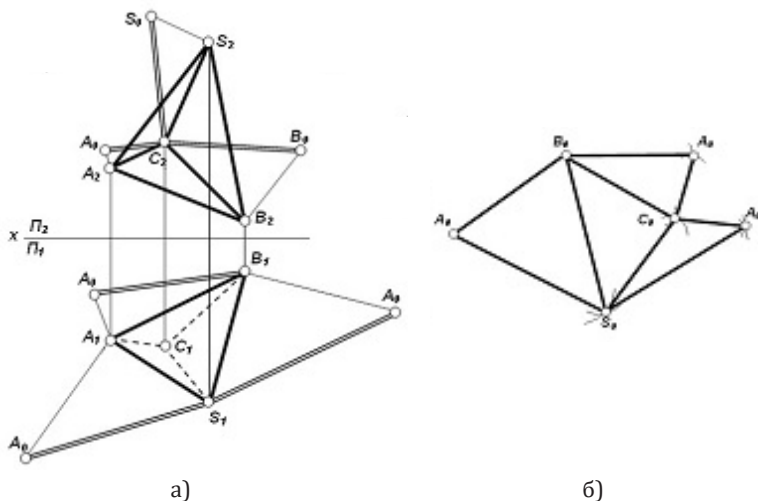


Рисунок 3.42

На рис. 3.42б спочатку побудована грань **AoBoSo**. Для цього на довільній прямій відкладено натуральну величину ребра **AB**, і з точок **Ao** та **Bo** засічками, які дорівнюють натуральним величинам ребер **AS** та **BS**, побудовано точку **So**. Точки **Co**, **Ao** розгортки побудовані за допомогою засічок із відповідних вершин.

3.5.2 Побудова розгортки циліндричних та конічних поверхонь

Розгортка відсіку циліндра обертання (рис. 3.43) може бути побудована точно завдяки тому, що довжина розгортки l дорівнює довжині кола нормального перерізу циліндра горизонтальною площиною Γ :

$$l = 2\pi r,$$

де r – радіус кола нормального перерізу.

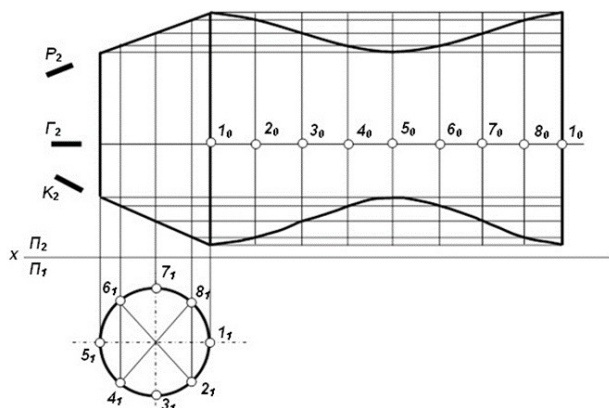


Рисунок 3.43

Для побудови розгортки ліній перерізу циліндра площинами K та P коло його нормального перерізу поділено на 8 частин. На таку саму кількість рівних частин поділено відрізок прямої, який є розгорткою нормального перерізу. Довжина кожної твірної циліндра перенесена на розгортку за відповідністю.

Розгорткою конуса обертання є сектор, довжина дуги якого дорівнює довжині кола основи конуса $2\pi r$ (рис. 3.44).

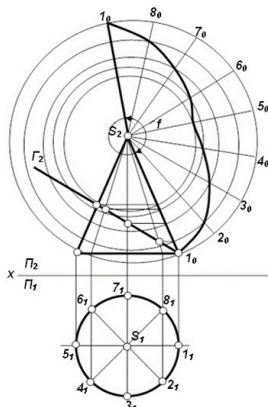


Рисунок 3.44

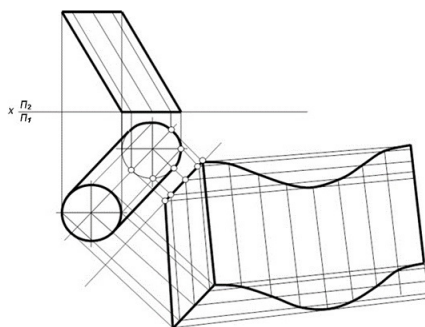


Рисунок 3.45

Для побудови точної розгортки визначають кут f між двома граничними радіусами сектора,

де r – довжина радіуса основи конуса; l – довжина твірної конуса.

$$f = \frac{360^\circ r}{l}$$

Для побудови розгортки будь-якого перерізу конуса, наприклад площиною G , на поверхні конуса та на розгортці визначають певну кількість твірних з постійним кроком. Довжину відрізка кожної твірної від вершини S до перерізу визначають за допомогою його обертання навколо осі конуса до фронтального положення.

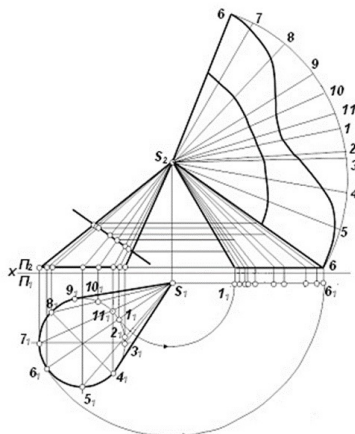


Рисунок 3.46

Розгортки циліндрів та конусів, які не є поверхнями обертання, будують наближено. На рис. 3.45 еліптичний циліндр задано в загальному положенні, тому його твірні зображуються на проекціях спотворено. Для побудови розгортки його поверхні спочатку виконана заміна фронтальної площини проєкцій так, що на новій проєкції твірні зобразились в натуральну величину. Потім бічна поверхня циліндра апроксимована призмою, бічні ребра якої збігаються з дискретним каркасом твірних циліндра. Розгортка призми побудована аналогічно, як у прикладі, показаному на рис. 3.41. Точність розгортки залежить від кроку дискретного каркаса твірних.

Для побудови розгортки конуса другого порядку (рис. 3.46) його апроксимують пірамідою, ребра якої збігаються з дискретним каркасом прямолинійних твірних конуса. Розгортка піраміди за своїми розмірами наближається до розгортки конуса. Точність цього наближення залежить від кроку дискретного каркаса конуса. Натуральні величини твірних конуса визначають їх обертанням навколо вертикальної осі, що проходить через вершину S конуса. Твірна $S161$, наприклад, повернута в положення $S161^1$, фронтальна проєкція якого є натуральною величиною $S6$. Після визначення натуральних величин усіх твірних розгортка поверхні будується як сукупність трикутників, усі сторони яких відомі. Для побудови лінії будь-якого перерізу конуса площиною на розгортці спочатку виявляють положення точок перерізу на натуральних величинах твірних, а потім на твірних розгортки.

Питання для самоконтролю до третього розділу:

1. Що називається пірамідою і призмою?
2. Що називається тілами Платона і як вони класифікуються?
3. Як можна знайти переріз багатогранника площиною?
4. Як визначити видимість точок перетину двох багатогранних поверхонь?
5. Що називається визначником криволінійної поверхні?
6. Назвіть відомі вам поверхні другого порядку.
7. Які поверхні називаються циклічними?
8. Як утворюється поверхня гіперболічного параболоїда?
9. Що є ребром звороту циліндричної поверхні?
10. В якому разі каркас поверхні називають дискретним?
11. Який процес називають інтерполяцією дискретного каркаса поверхні?
12. Яка лінія є перерізом сфери площиною загального положення?
13. Які лінії можуть бути проекціями цього перерізу?
14. Які лінії є перерізом конуса площиною, що проходить через його вершину?
15. Які лінії утворюються в результаті перерізу поверхні прямого кругового конуса проеціюючими площинами?
16. Яким способом розв'язується задача побудови точок перетину прямої з поверхнями циліндра та конуса?
17. З чим збігається одна з проекцій лінії перетину двох поверхонь, одна з яких проеціююча?
18. В чому полягає суть способу допоміжних перерізів?
19. В яких випадках застосовується спосіб допоміжних січних сфер?
20. Коли просторова лінія перетину двох поверхонь другого порядку розпадається на дві плоскі криві?
21. Що називається розгорткою поверхні?
22. Які геометричні властивості елементів фігур не змінюються при розгортці?
23. Як будуються розгортки циліндрів та конусів?

4 АКСОНОМЕТРИЧНІ ПРОЕКЦІЇ

4.1 Основи теорії аксонометричних проєкцій

Одним із найбільш наочних зображень просторових тіл на площині є **аксонометрія**, яку можна побудувати на основі центрального або паралельного проєціювання. Розглянемо деякі властивості аксонометрії, побудованої за допомогою паралельного проєціювання (рис. 4.1).

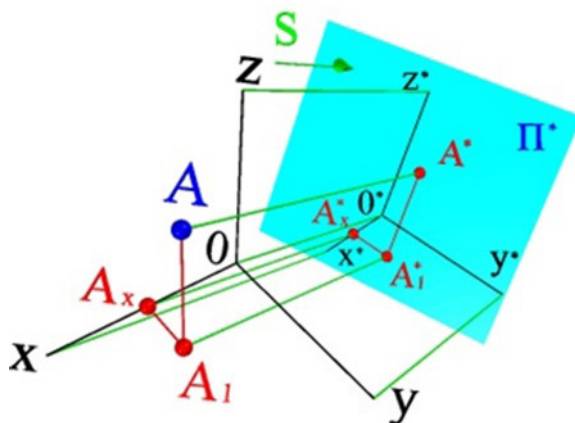


Рисунок 4.1

Аксонометричною проєкцією об'єкта є його проєкція на площину разом з системою прямокутних координат, до якої він віднесений. Схема утворення аксонометричної проєкції при паралельному проєціюванні зображена на рис. 4.2, де прийняті такі позначення:

Π^1 – площина аксонометричних проєкцій;

A^1 – аксонометрична проєкція точки;

O^1x^1, O^1y^1, O^1z^1 – аксонометричні осі;

$A1^1$ – вторинна горизонтальна проєкція точки A .

Подібно до цього визначаються вторинні – фронтальна та профільна проєкції точки A – $A2^1, A3^1$;

e_x – одиниці натурального масштабу;

e_x^1 – аксонометричні одиниці виміру.

Положення точки у просторі однозначно визначають її аксонометрична і вторинна проєкції.

Якщо напрям проєціювання перпендикулярний до площини проєкцій, аксонометричні проєкції називають **прямокутними**, якщо напрям проєціювання не перпендикулярний до площини проєкцій, то – **косокутними**.

Відношення аксонометричної одиниці виміру до одиниці натурального масштабу визначає показник спотворення по аксонометричній осі. Отже,

$$e_{x'}^1/e_x = u; e_{y'}^1/e_y = v; e_{z'}^1/e_z = w,$$

Тобто u, v, w – це показники спотворення по відповідних аксонометричних осях.

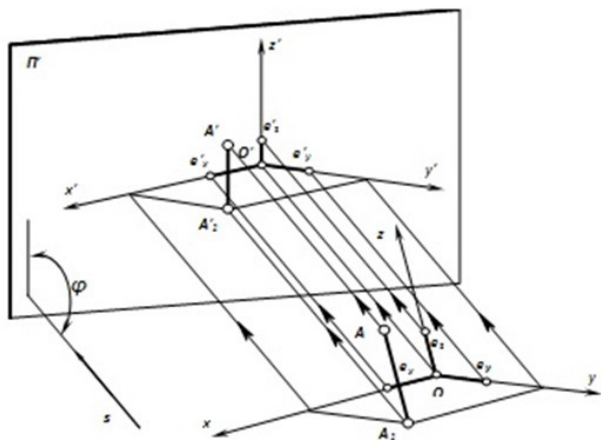


Рисунок 4.2

Залежно від того, на якій кількості осей показники спотворення однакові, визначається той чи інший вид аксонометрії:

ізометрія – однакові всі три показники $u = v = w$;

диметрія – два показники однакові $u = v \neq w$;

триметрія – показники різні $u \neq v \neq w$.

Фундаментальною в теорії аксонометрії є теорема **Польке**, яка стверджує, що *три довільно вибраних на площині відрізків, які перетинаються в одній точці, завжди можуть відобразити паралельну проєкцію трьох інших рівних між собою і взаємно перпендикулярних відрізків, що також перетинаються в одній точці*. Згідно із цією теоремою, аксонометричні осі на площині можна задати як завгодно.

Існує залежність між показниками спотворення і кутом проєціювання, а саме:

$$u^2 + v^2 + w^2 = 2 + ctg^2 \varphi.$$

Проте доцільно користуватися стандартними видами аксонометрії, у яких показники спотворення приведено до зручних при користуванні зображень.



4.2 Стандартні види аксонометрії

Серед прямокутних аксонометричних проєкцій - це **ізометрична** і **диметрична** (рис. 4.3, 4.4), серед косокутних – **фронтальна ізометрична**, **горизонтальна ізометрична**, **фронтальна диметрична** (рис. 4.5 а, б, в).

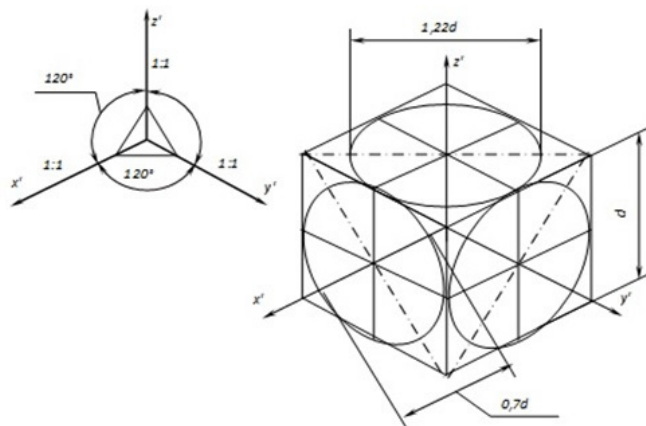
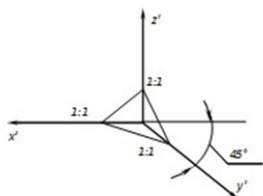


Рисунок 4.3



а)

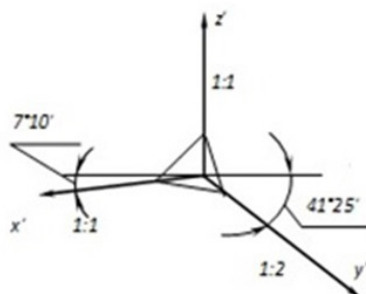
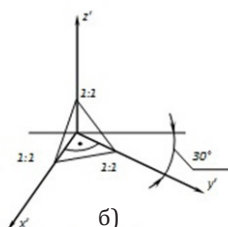
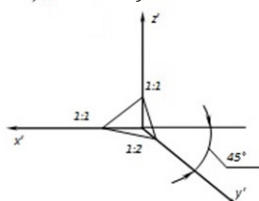


Рисунок 4.4



б)



в)

Рисунок 4.5

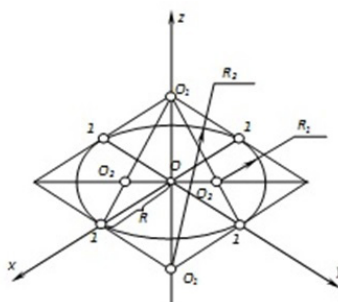


Рисунок 4.6

Прямокутні аксонометричні проєкції дають зображення, що наближаються до реального зорового сприйняття об'єктів. Косокутні проєкції мають іншу перевагу – при забезпеченні наочності зображень дають змогу будувати складні контури в певних площинах без спотворення.

Практичне значення має будова аксонометрії кола, яке зображується еліпсами в різних площинах залежно від виду аксонометрії. Оскільки побудова еліпсів трудомістка, їх часто замінюють овалами, що дає змогу побудувати аксонометрію кола за допомогою циркуля.

На рис. 4.6 проілюстровано спосіб побудови кола радіусом R у прямокутній ізометрії. Для цього на аксонометричних осях відкладають радіус, будують ромб, позначають точки 1 і O_1 , знаходять точки O_2 і циркулем проводять ділянки дуг овалу.

Побудова аксонометричних зображень потребує знання загальних властивостей співвідношення геометричних елементів та їх перетворення. Для цього розглянемо питання, які мають загальне значення при побудові аксонометрії незалежно від її виду.

В аксонометрії задаються:

- 1) точка – аксонометричною і вторинною проєкціями (рис. 4.7а);
- 2) пряма – аксонометричною проєкцією відрізка (напрямую) і вторинною проєкцією відрізка (напрямую) – рис. 4.7б;
- 3) площина – аксонометричними та вторинними проєкціями: трьох точок, що належать одній прямій; точки і прямої; двох паралельних прямих; двох прямих, що перетинаються, а також проєкціями плоских фігур або слідами площини (рис. 4.7в).

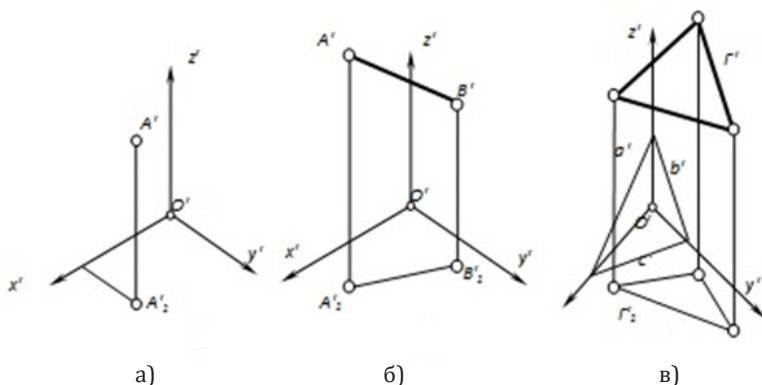


Рисунок 4.7

Для аксонометричних проєкцій залишаються справедливими властивості позиційного відношення геометричних пар в ортогональних проєкціях. Наприклад:

- аксонометричні проєкції паралельних прямих і їх вторинні проєкції залишаються паралельними;
- точка перетину аксонометричних і вторинних проєкцій прямих належить одній лінії зв'язку, у випадку з мимобіжними

прямими ці точки належать різним лініям зв'язку;

- якщо точка належить площині, то вона належить прямій, що лежить у цій площині;
- пряма належить площині, коли дві її точки належать площині;
- пряма паралельна площині, якщо вона паралельна будь-якій прямій площини;
- паралельні площини мають відповідно паралельні прямі.

4.3 Побудова аксонометричних проєкцій геометричних тіл

Аксонометрію об'єкта будують за його ортогональними проєкціями, числовими даними і за уявою.

Побудову аксонометрії геометричного тіла за його ортогональними проєкціями розглянемо на прикладі, показаному на рис. 4.8.

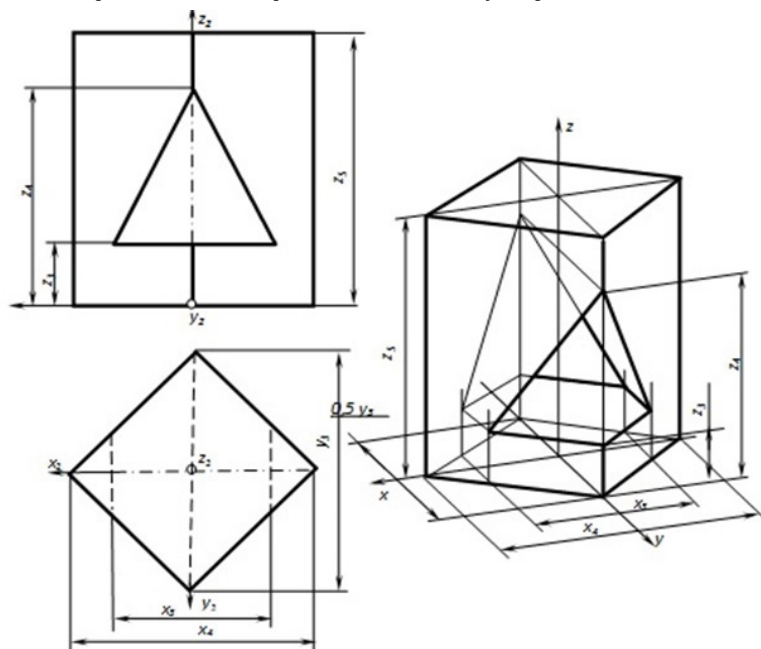


Рисунок 4.8

Необхідно побудувати аксонометрію правильної призми з отвором.

Побудову виконаємо у такій послідовності:

1) оскільки основою призми є квадрат з вершинами на горизонтальній і вертикальній осях, то для забезпечення наочності зображення доцільно звернутись, наприклад, до прямокутної диметрії;

2) наносимо ортогональні осі на горизонтальній і фронтальній проєкціях, будемо диметричну проєкцію осей;

- 3) будуємо об'єм призми в цілому;
- 4) для побудови отвору на бічну поверхню наносимо лінії горизонтальних перетинів площинами, розміщеними на певних, вибраних відстанях від горизонтальної координатної площини;
- 5) зображення доповнюється необхідними лініями і графічно оформлюється.

Питання для самоконтролю до четвертого розділу:

1. Що називається аксонометричними проєкціями?
2. Які види аксонометрії прийняті як стандартні?
3. Як задаються в аксонометрії точка, відрізок, пряма, площина і поверхня?
4. Які способи використовуються для розв'язання позиційних задач в аксонометрії?

5 ВИДИ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

5.1 Види виробів та їх структура

У відповідності до ДСТУ 2.101-2006 **ВИРОБОМ** називається будь-який предмет або набір предметів виробництва, які необхідно виготовити на підприємстві.

Вироби, в залежності від призначення, поділяють на вироби основного виробництва (вироби, призначені для реалізації) і допоміжного виробництва (вироби, призначені для власних потреб підприємства).

Встановлюються наступні види виробів:

- 1) деталі;
- 2) складальні одиниці;
- 3) комплекси;
- 4) комплекти.

В залежності від наявності або відсутності у виробах складових частин вони поділяються на:

- а) деталі – не мають складових частин;
- б) складальні одиниці, комплекси, комплекти – які складаються із двох та більше складових частин.

Види та структура виробів наведена на рис. 5.1.

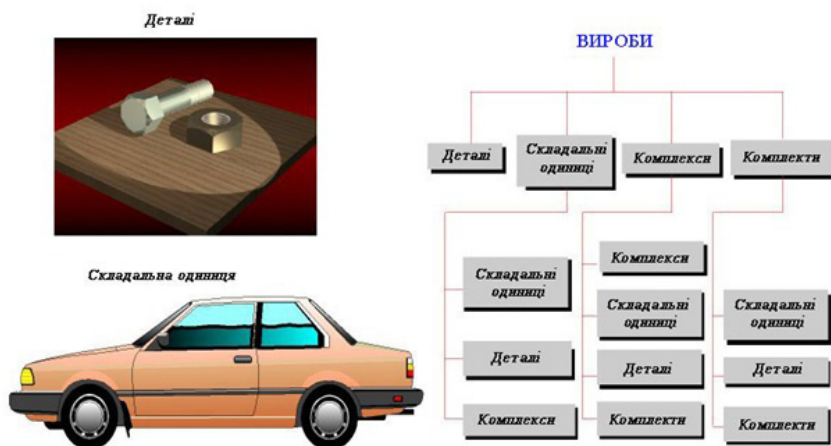
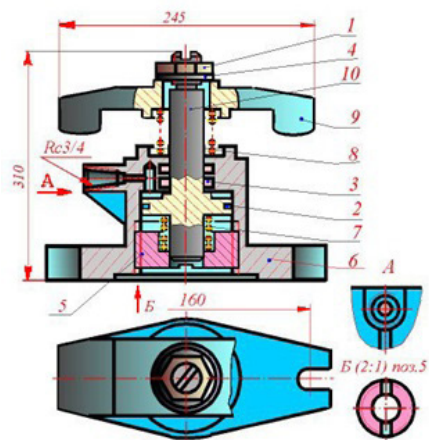


Рисунок 5.1

ДЕТАЛЛЮ називається виріб, виготовлений із однорідного матеріалу, без застосування складальних операцій.

СКЛАДАЛЬНОЮ ОДИНИЦЕЮ називають виріб, складові частини якого з'єднують між собою на підприємстві шляхом складальних операцій



Поз	Назва	Позначення	Клас	Додаткові вимоги
<i>Кількість виробів</i>				
1	Гайка М10-7H 5	ГОСТ 5915-70	1	
2	Котирок ПІ-50 70-1	ГОСТ 9832-77	1	
3	Котирок ПІ-35 28	ГОСТ 9832-77	2	
4	Шайба 30.04.019	ГОСТ 1171-78	1	
<i>Вимоги щодо матеріалів</i>				
5	АТ-230.01.01.12.01	Сталева	1	
6	АТ-230.01.01.12.02	Корпус	1	
7	АТ-230.01.01.12.03	Прокладина	1	
8	АТ-230.01.01.12.04	Пружина	1	
9	АТ-230.01.01.12.05	Смазка	1	
10	АТ-230.01.01.12.06	Поршень	1	
АТ-230.01.01.12.00				Лист
Котировка				Формат

Рисунок 5.3

КРЕСЛЕНИК ЗАГАЛЬНОГО ВИДУ – документ, що визначає конструкцію виробу, взаємодію його окремих частин та пояснює принцип роботи виробу. Основні відмінності останніх двох документів наведені на рис. 5.4.

Ознаки відмінностей	КРЕСЛЕНИК ЗАГАЛЬНОГО ВИДУ	Складальний кресленняк
ГОСТ	2.118-73, 2.119-73, 2.120-73,	2.109 - 73
За призначенням документа	Призначений для розробки робочих креслень виробів та зберігається у головного конструктора	Є технологічним документом та призначений для складання деталей
За кількістю зображень	Дозволяє уявити форму всіх деталей	Передбачена така кількість зображень, щоб був зрозумілим процес складання виробу та його контроль
Розміри	Крім габаритних, представлені конструкторські розміри, що характеризують окремі частини виробу, можлива простановка допусків та посадок.	Габаритні та приєднувальні розміри
Складові частини виробу	Окремо на форматах А4 або на тому ж аркуші, що і зображення, складається таблиця складових частин виробу	Специфікація на окремих аркушах
Шорсткість поверхонь	Дозволяється проставляти на розсуд конструктора	Проставляються тільки для поверхонь, що обробляються за складальним кресленням

Рисунок 5.4

ТЕОРЕТИЧНИЙ КРЕСЛЕНИК – документ, що визначає геометричну форму виробу та координати розташування складових частин.

ГАБАРИТНИЙ КРЕСЛЕНИК – документ, що включає контурне (спрощене) зображення виробу з габаритними, встановлювальними і приєднувальними розмірами.

ЕЛЕКТРОМОНТАЖНИЙ, МОНТАЖНИЙ, ПАКУВАЛЬНИЙ КРЕСЛЕНИКИ

– документи, що включають контурне (спрощене) зображення виробу, а також дані, які дозволяють виконати, вказану у назві, операцію.

СХЕМА – документ, на якому показано у вигляді умовних зображень чи позначень складові частини виробу, а також зв'язки між ними.

Текстовими конструкторськими документами є документи, що включають інформацію про виріб у вигляді текстів, таблиць, переліків і т. і.

До текстових документів відносяться:

СПЕЦИФІКАЦІЯ – документ, що визначає частини складальної одиниці, комплексу або комплекту.

ТЕХНІЧНІ УМОВИ – документ, що визначає вимоги до виробу, його виготовлення, контролю, постачання, а також різні ВІДОМОСТІ, ТАБЛИЦІ, ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА і т. і.

В залежності від способу виконання та характеру використання конструкторські документи поділяються на:

ОРИГІНАЛИ – документи, виконані на будь-якому матеріалі і призначені для виготовлення по них дублікатів.

ДУБЛІКАТИ – копії оригіналів, що забезпечують ідентичність оригіналів, виконаних на будь-якому матеріалі.

КОПІЇ – документи, виконані у спосіб, що забезпечує їх ідентичність з оригіналами і призначені для безпосереднього використання при розробці, експлуатації та ремонті виробів.

5.3 Стадії розробки конструкторських документів

В залежності від стадій розробки, встановлених ДСТУ 2.103-68, конструкторські документи поділяються на ПРОЕКТНІ і РОБОЧІ.

До **ПРОЕКТНИХ** відносяться ТЕХНІЧНА ПРОПОЗИЦІЯ, ЕСКІЗНИЙ ПРОЕКТ, ТЕХНІЧНИЙ ПРОЕКТ. Кресленики загальних видів, що входять до технічного проекту містять вихідні дані для виконання **РОБОЧОЇ** документації - СПЕЦИФІКАЦІЙ, СКЛАДАЛЬНИХ КРЕСЛЕНИКІВ, КРЕСЛЕНИКІВ ДЕТАЛЕЙ і т. і.

Відповідно до ДСТУ 2.103-2006 встановлені наступні стадії розробки конструкторської документації:

1. ТЕХНІЧНА ПРОПОЗИЦІЯ – сукупність конструкторських документів, що включають аналіз різних варіантів можливих рішень технічного завдання замовника, техніко-економічне обґрунтування запропонованих варіантів, патентний пошук і т. і.

2. ЕСКІЗНИЙ ПРОЕКТ – сукупність конструкторських документів, які повинні включати в себе принципові конструктивні рішення, що дають загальне уявлення про пристрій та принцип його роботи, а також дані, які визначають призначення, основні параметри та габаритні розміри розроблюваного виробу.

3. ТЕХНІЧНИЙ ПРОЕКТ – сукупність конструкторських документів, які повинні включати остаточні технічні рішення, що дають повну уяву про розроблюваний виріб і вихідні дані для розробки робочої документації. Технічний проект є основою для розробки робочої конструкторської документації.



4. РОБОЧА КОНСТРУКТОРСЬКА ДОКУМЕНТАЦІЯ – сукупність конструкторських документів, призначених для виготовлення та випробувань дослідного зразка, встановленої партії, серійного виробництва пристроїв.

Питання для самоконтролю до п'ятого розділу:

1. Які встановлюються види виробів?
2. Що називається деталлю, складальною одиницею, комплексом та комплектом?
3. Що називається креслеником деталі?
4. Що називається складальним креслеником?
5. Що називається креслеником загального виду?
6. Що таке специфікація та технічні умови?
7. Що включає робоча конструкторська документація?



6 ОСНОВНІ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕНЬ

6.1 Формати

Кресленики виконують на листах паперу певного розміру (формату). ДСТУ 2.301-68 встановлює формати листів креслеників і інших документів, передбачених стандартами на конструкторську документацію.

Формат листа визначається розміром зовнішньої рамки, виконуваної тонкою лінією. Внутрішня рамка проводиться суцільною основною лінією на відстані 20 мм від лівої сторони зовнішньої рамки і на відстані 5 мм від решти сторін.

Формати поділяються на **основні** та **додаткові**. До основних форматів відносять формат з розмірами сторін 1189x841мм (площа 1 кв.м. листа), інші формати, отримані шляхом послідовного поділу попереднього основного формату на дві рівні частини – лінією, паралельною меншій стороні попереднього формату. Розміри сторін формату площею 1 кв.м. вибрані так, щоб при поділі навпіл більшої сторони формату виходив прямокутник, подібний початковому. Додаткові формати утворюються збільшенням коротких сторін основних форматів в n раз, де n – ціле число.

Позначення основних форматів складається з букви **A** і арабської цифри від 0 до 4. Позначення додаткових форматів складається з позначення основного формату і його кратності. Розміри основних форматів наведені на (рис. 6.1).



Рисунок 6.1

У правому нижньому куті форматів розміщують основний напис (ДСТУ 2.104-2006). На аркушах формату A4 основні написи розташовують тільки вздовж короткого боку формату.

Нижче наведені приклади основних написів (рис. 6.2):

Форма 1 – для креслеників і схем.



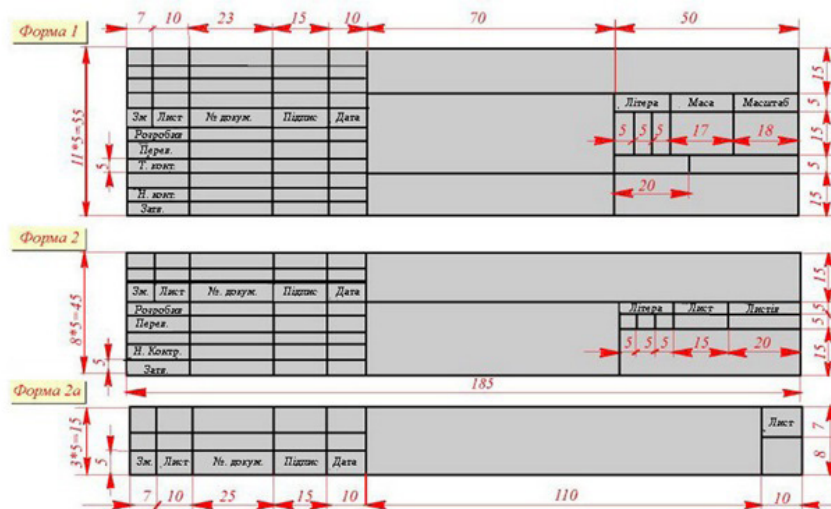


Рисунок 6.2

Форма 2 – для текстових конструкторських документів (перший і заголовний аркуші).

Форма 2а – для текстових конструкторських документів (наступні аркуші).

6.2 Масштаби

Масштаб – це відношення довжин відрізків на кресленнику, плані, карті чи інших зображеннях до довжин відповідних їм відрізків в натурі. **ДСТУ 2.302-68** встановлює масштаби зображень і їх позначення на кресленниках для усіх галузей промисловості і будівництва.

Масштаби поділяють на три групи: масштаби зменшення; натуральна величина; масштаби збільшення. Масштаби зображень на кресленниках потрібно вибирати із значень, наведених на (рис. 6.1).

При проектуванні генеральних планів великих об'єктів допускається застосовувати масштаби 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:20000; 1:25000; 1:50000. В необхідних випадках допускається застосовувати масштаб збільшення $(100n):1$, де n – ціле число. Позначення масштабу складається з букви **М** і масштабного співвідношення, наприклад: М2:1; М1:1; М1:2. У випадку, якщо масштаб указують в призначеній для цього графі основного надпису кресленника, букву М опускають.

6.3 Лінії

При виконанні кресленників використовують лінії різної товщини і зображення. ДСТУ 2.303-68, ISO 128-20:2005 встановлює зображення і призначення дев'яти типів ліній (рис. 6.3), які можуть застосовуватися на кресленниках всіх галузей промисловості і будівництва. Приклади зображення ліній на кресленниках показані на (рис. 6.3).

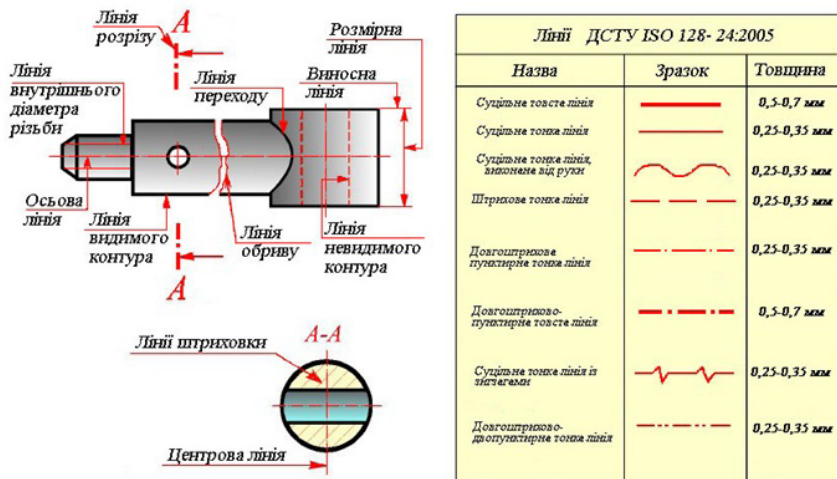


Рисунок 6.3

6.4 Стандартний креслярський шрифт

Написи на конструкторських документах виконуються креслярським шрифтом, встановленим за ДСТУ 2.304-81. Написи на креслениках машинобудівних і будівельних галузей виконують літерами з нахилом під кутом 75 градусів і без нахилу.

Стандарт встановлює два типи шрифтів залежно від товщини d лінії літер:

- тип А ($d = 1/14h$)
- тип Б ($d = 1/10h$),

де h – висота великих літер.

Розмір шрифту визначається висотою h великих літер у міліметрах, яка вимірюється на перпендикулярі до основи рядків. ДСТУ 2.304-81 встановлює наступні розміри шрифту: **(1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40**.

Розмір шрифту 1,8 на креслениках, виконаних олівцем не рекомендований.

При виконанні навчальних креслеників рекомендовано використовувати шрифт типу Б.

Для шрифту типу Б (рис. 6.4) відстань a між літерами рівна подвійній товщині лінії шрифту ($a=2d$) або ($a=2/10h$), а між літерами, наприклад, ТА, АТ, ТЛ, РА відстань зменшується вдвічі.

Мінімальна відстань між словами $e = 6d$.

Мінімальна відстань між основами рядків (крок рядків) для шрифту типу Б складає $b = 17/10h$ (або $17d$). Висота малих літер шрифту типу Б складає $c = 7/10h$, тобто дорівнює висоті попереднього (меншого) розміру шрифту.



Параметри шрифта типу Б ($d = h/10$)			
Параметри шрифта	Позначення	Відносний розмір	Розміри, мм
Висота великих літер	h	$(10/10)h$	10d
Висота малих літер	c	$(7/10)h$	7d
Відстань між літерами	a	$(2/10)h$	2d
Відстань між рядками	b	$(17/10)h$	17d
Мінімальна відстань між словами	E	$(6/10)h$	6d
Товщина лінії шрифта	d	$(1/10)h$	d

Ширина букв та цифр шрифту типу Б			
Великі літери	Широка	Ж, Ф, Ш, Щ	8d
	Проміжна	А, Д, М, Х, Ю	7d
	Вузька	Б, В, И, Й, К, Л, Н, О, Ц, П, Т, Р, У, Ч, Ї, Є, Я, Г, Е, С, З	6d
Малі літери	Широка	ж, т, ф, ш, щ	7d
	Проміжна	м, ю	6d
	Вузька	а, б, в, г, д, и, к, л, о, н, ц, п, р, у, х, ч, є, я, с, з	5d
Цифри	1-3d, 4-6d, останніх - 5d		

Рисунок 6.4

Шрифти виконують на допоміжній сітці, яка утворена допоміжними лініями з кроком d (рис. 6.5). Крок сітки d для прямого і похилого шрифту типу Б дорівнює $1/10h$; Загальна висота сітки для типу Б дорівнює $17/10h$, вгору $4/10h$ від літер, а вниз $3/10h$.

При виконанні написів на креслениках необхідно знати не тільки конструкцію літер та цифр, але і найбільш раціональну послідовність їх наводки. Як правило, наводка вертикальних та похилих елементів виконується рухом зверху вниз, горизонтальних – зліва на право, а заокруглених – вниз і ліво, або вниз і вправо (рис. 6.5).



Рисунок 6.5

ПРАКТИКА

1. Який з наведених форматів має позначення А2?

1)	297х210 мм
2)	1189х841 мм
3)	420х297 мм
4)	594х420 мм
5)	841х594 мм

2. Який з наведених форматів має позначення А4?

1)	420х297 мм
2)	1189х841 мм
3)	841х594 мм
4)	594х420 мм
5)	297х210 мм

3. Які з наведених масштабів збільшення не затверджені державним стандартом?

1)	д	а)	2:1
2)	б та д	б)	2,5:1
3)	в	в)	3:1
4)	б	г)	4:1
5)	усі	д)	5:1

4. Як позначається масштаб в призначеній для цього графі основного напису?

1)	М 1:2.
2)	М 1/2.
3)	Масштаб 1:2.
4)	1:2.
5)	1/2.



5. Яку висоту мають великі літери шрифту № 5?	
1)	7 мм.
2)	3 мм.
3)	10 мм.
4)	4 мм.
5)	5 мм.

6. Яку висоту мають малі літери шрифту № 10?	
1)	7 мм.
2)	3 мм.
3)	10 мм.
4)	4 мм.
5)	5 мм.

Питання для самоконтролю до шостого розділу:

1. Які формати відносяться до основних та додаткових?
2. Що називається масштабом?
3. Які стандартні типи ліній використовуються для виготовлення креслеників?
4. Які шрифти використовують в машинобудівному кресленні?
5. Які розміри шрифтів використовують в кресленні?
6. Вкажіть співвідношення висоти великих та малих літер.
7. Яка товщина лінії обвідки літер та цифр?
8. Яка відстань між літерами, словами та рядками?

7 ЗОБРАЖЕННЯ:ВИДИ, РОЗРІЗИ, ПЕРЕРІЗИ

7.1 Стандартна система розташування зображень.

Прості розрізи

У загальному випадку при виконанні технічних креслеників деталей їх зображення виконують, застосовуючи метод прямокутного проєціювання на шість граней куба, припускаючи, що предмет розташований між спостерігачем і відповідною площиною проєкцій. За основні площини проєкцій, як і в попередньому матеріалі, вибирають три взаємно-перпендикулярні площини 1, 2 і 3 – горизонтальну, фронтальну та профільну (рис. 7.1), а також (додатково) паралельні їм площини 4, 5 і 6. Всі перераховані площини проєкцій утворюють грані куба або паралелепіпеда.

Грані куба з розташованими на них зображеннями суміщають в одну площину (рис. 7.1).

Зображення на фронтальній площині проєкцій приймають на кресленнику як головне. Предмет розташовують щодо фронтальної площини проєкцій так, щоб зображення на ній, даючи якнайповніше уявлення про форму і розміри предмету, полегшувало використання кресленника при виготовленні виробу. Практикою конструювання різних деталей встановлені рекомендації по вибору головного вигляду при зображенні тієї чи іншої деталі залежно від її конструктивних або технологічних особливостей. В ДСТУ 2.305-2008 розглядаються основні правила і рекомендації по виконанню зображень на кресленниках.

7.1.1 Види

Видом називається зображення, повернутої до спостерігача, видимої частини поверхні предмета. Невидимі частини поверхні предмету допускається показувати на виглядах штриховими лініями (рис. 7.1).

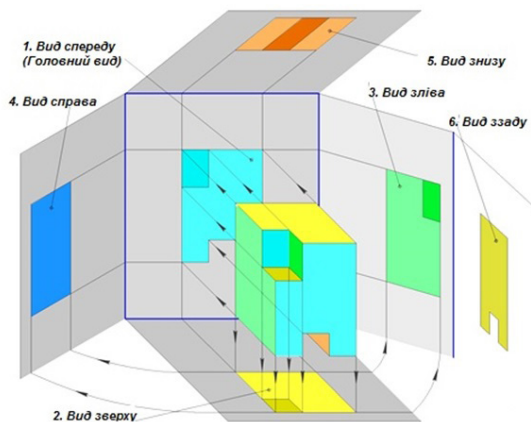


Рисунок 7.1

Використання штрихових ліній в окремих випадках дозволяє зменшити кількість необхідних зображень, не порушуючи ясності креслення.

За характером та змістом виконання види поділяють на **основні, додаткові і місцеві**.

Основні види – види, одержані на основних площинах проєкцій.

Залежно від площини проєкцій, на якій одержаний основний вид, встановлені відповідні їх назви (рис. 7.1): 1 – вид спереду (головний вид); 2 – вид зверху; 3 – вид зліва; 4 – вид справа; 5 – вид знизу; 6 – вид ззаду.

При виборі головного виду слід враховувати, що, окрім ясного уявлення про форму і розміри предмету, він повинен забезпечувати раціональність розміщення решти видів на кресленнику.

Основні види розташовують в проєкційному зв'язку між собою (рис. 7.1). У цьому випадку ніяких написів, що пояснюють назви видів, не дають. Вид ззаду допускається також розташовувати зліва від виду справа.

Якщо який-небудь вид розміщений на кресленнику зовні проєкційного зв'язку з рештою видів, то над цим видом виконують напис, наприклад А (рис. 7.2). Одночасно біля пов'язаного із цим видом зображення стрілкою вказують напрям погляду. Над стрілкою проставляють ту ж прописну букву українського алфавіту, що і в написі над видом.

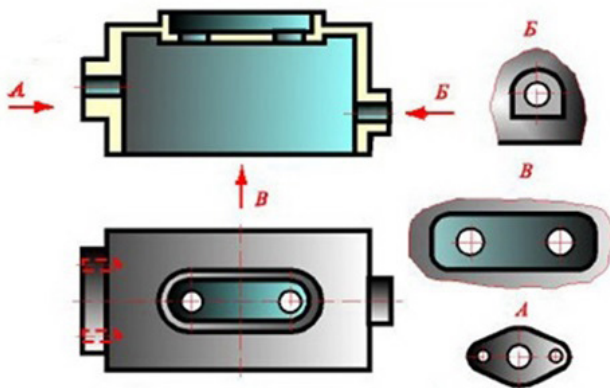


Рисунок 7.2

Так само оформляють написи, якщо види знаходяться між собою в проєкційному зв'язку, але відокремлені один від одного якими-небудь зображеннями. Написи над видами виконують також у разі, якщо види розташовані на різних листах.

Місцеві види.

Місцевим видом називається зображення окремого, обмеженого місця поверхні предмета. На рис. 7.2 наведені приклади оформлення на кресленні місцевих видів. Якщо місцевий вид розташований в безпосередньому проєкційному зв'язку з відповідним зображенням, над ним не наносять ніяких пояснюючих написів.

Якщо ж місцевий вид розташований поза проекційним зв'язком з відповідним йому зображенням, то над ним виконують напис, а на кресленнику вказують напрям погляду стрілкою (рис. 7.2).

Додаткові види.

Виконання і читання креслеників може ускладнюватися тим, що на основних видах окремі елементи предмета можуть бути зображені із спотворенням їх форми і розмірів (рис. 7.3). В таких випадках застосовують додаткові види, одержувані проєціюванням предмета на площини, непаралельні основним площинам проєкцій.

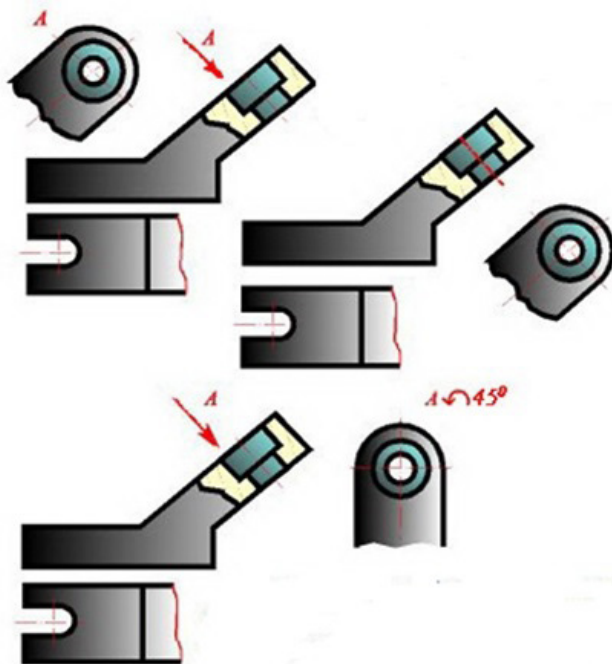


Рисунок 7.3

Додатковий вид оформляється як місцевий вид, якщо на ньому зображено окреме обмежене місце поверхні предмета. Якщо додатковий вид розташований в безпосередньому проекційному зв'язку з відповідним зображенням, ніяких написів на кресленнику не додають. Якщо ж додатковий вид розташований без проекційного зв'язку з яким-небудь зображенням, то над додатковим видом виконують напис, а у відповідного зображення вказують напрям погляду (рис. 7.3).

7.1.2 Розрізи

Використання значної кількості штрихових ліній для зображення контурів невидимих поверхонь, може ускладнювати читання кресленика. В таких випадках для кращого читання креслення потрібно застосовувати розрізи.



Розрізом називають зображення предмета, в думках розітнутого однією або декількома площинами, причому частину предмета, що знаходиться між спостерігачем і січною площиною, в думках видаляють, поверхні, що були закриті цією частиною, стають видимими. Розріз є поєднанням перерізу предмета січною площиною із зображенням частин предмету, розташованих за цією січною площиною.

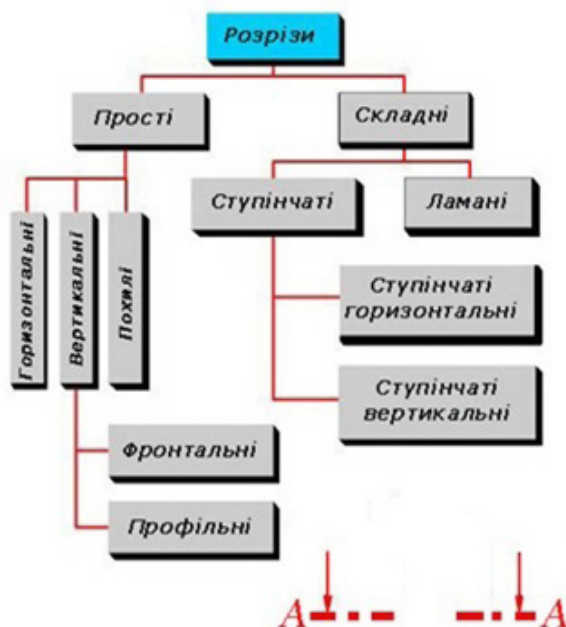


Рисунок 7.4

Уявний розріз предмета відноситься тільки до конкретного вигляду і не спричиняє за собою зміни інших зображень того ж предмета. Залежно від числа січних площин розрізи ділять на прості (одна січна площина) та складні (дві і більше січних площин) (рис. 7.4). Застосовують також місцеві розрізи.

Розрізи називають поздовжніми, якщо січні площини спрямовані вздовж довжини або висоти предмета, та поперечними, якщо січні площини спрямовані перпендикулярно довжині або висоті предмета.

Прості розрізи

Розрізи, одержані в результаті застосування однієї січної площини, називають простими. Залежно від положення січної площини щодо горизонтальної площини проєкцій розрізи ділять на горизонтальні (січна площина паралельна горизонтальній площині проєкцій), вертикальні (січна площина перпендикулярна горизонтальній площині проєкцій) і похилі (січна площина складає з горизонтальною площиною проєкцій кут, відмінний від прямого кута).

Вертикальний розріз називається **фронтальним**, якщо січна площина паралельна фронтальній площині проєкцій, і **профільним**, якщо січна площина паралельна профільній площині проєкцій.

На рис. 7.5 наведені зображення деталі, що є горизонтальним, профільним і фронтальним розрізами. Ці розрізи розташовані на місці відповідних основних видів (на місці виду зверху, виду зліва і виду спереду), що допускає ДСТУ 2.305-2008.

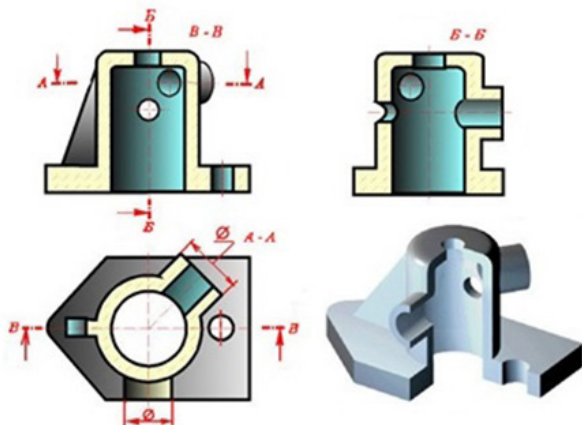


Рисунок 7.5

У загальному випадку положення січної площини вказують на кресленку лінією перерізу, для якої застосовують **довгоштрихову пунктирну товсту лінію** (рис. 7.4). Перпендикулярно цим штрихам наносять стрілки, вказуючи напрям погляду. Розміри стрілок виконують відповідно до рис. 7.4. Стрілки наносять на відстані 2-3 мм від зовнішнього кінця штриха лінії перетину. Білі стрілки із зовнішньої сторони кінців штрихів лінії перетину наносять прописну букву українського алфавіту, наприклад

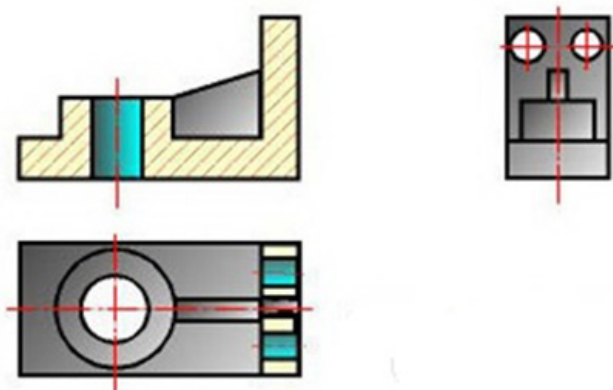


Рисунок 7.6

А. Незалежно від положення штрихів лінії перетину букви завжди наносять так, як ніби вони розташовані на горизонтальному рядку (рис. 7.4). Біля місць розрізу виконують напис, який складається з відповідних букв, що позначають положення січної площини, написаних через тире (наприклад: *А-А*, *Б-Б*, *В-В* і т.д.).

Якщо січна площина співпадає із площиною симетрії предмета в цілому, а відповідні зображення розташовані в безпосередньому проекційному зв'язку і не розділені якими-небудь зображеннями, то для горизонтальних, фронтальних і профільних розрізів положення січної площини не позначають, а сам розріз написом не супроводжують (рис. 7.6, фронтальний розріз).

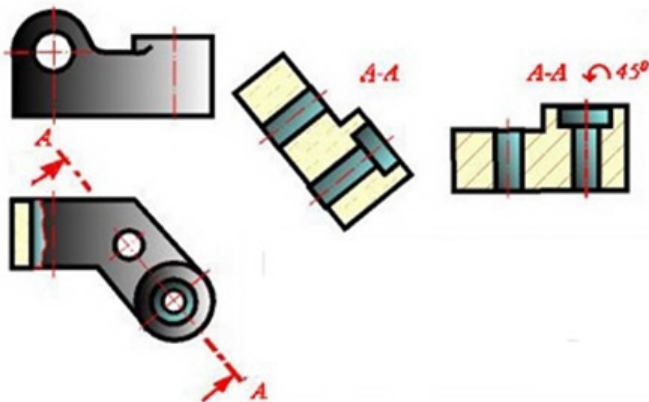


Рисунок 7.7

На рис. 7.7 для виявлення внутрішніх форм елементів деталі застосований вертикальний розріз, одержаний за допомогою січної площини, непаралельної ні фронтальній, ні профільній площинам проекцій. Такі розрізи називають **похилими**, будують і розташовують відповідно до напрямку, вказаного стрілками на лінії перетину

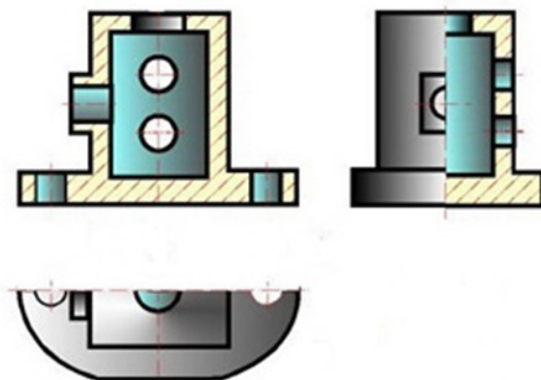


Рисунок 7.8

Допускається ці розрізи розташовувати в будь-якому місці кресленника, а також повертати до положення, відповідного прийнятому для даного предмета на головному зображенні.

Частину виду і частину відповідного розрізу допускається суміщати на одному зображенні, розділяючи їх суцільною хвилястою лінією (рис. 7.8).

На частинах виду і розрізу, що сполучаються, звичайно не проводять штрихові лінії, відповідні невидимим контурам. Якщо частини виду і розрізу, що сполучаються, є симетричними фігурами, то їх відділяють один від одного віссю симетрії зображень (рис. 7.8). Частину зображення, що є розрізом, звичайно зображають справа або знизу від осі симетрії, що розділяє зображення.

Якщо з віссю симетрії зображення співпадає яка-небудь лінія, наприклад, проекція ребра, то вид від розрізу відділяють суцільною хвилястою лінією, що проводиться лівіше або правіше за вісь симетрії.

Місцеві розрізи – розрізи, призначені для виявлення конструктивних особливостей предмету в окремому, обмеженому місці. Місцевий розріз виділяють на вигляді суцільною хвилястою тонкою лінією, яка не повинна співпадати з якими-небудь іншими лініями зображення (рис. 7.9).

Якщо місцевий розріз виконують на частині предмета, що є тілом обертання (циліндричні елементи), то такий розріз можна відділити від виду штрих-пунктирною лінією, що є зображенням осі цієї частини предмета.

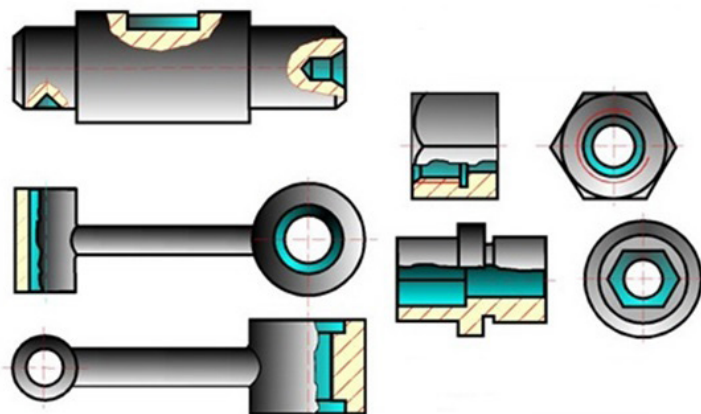


Рисунок 7.9

7.2 Складні розрізи та перерізи

Складні розрізи одержують в результаті уявного розрізання деталі декількома січними площинами. Складні розрізи застосовують в тих випадках, коли прості розрізи не дозволяють достатньо просто пояснити форму предмета або його елементів.

7.2.1 Ступінчаті розрізи

Складний розріз називається ступінчастим, якщо січні площини, що його утворюють, паралельні між собою.

На рис. 7.10 для виявлення форми отворів в елементах деталі застосовані три січні площини, паралельні між собою. Положення січних площин позначено на кресленнику лінією перетину. На початковому і кінцевому штрихах ставлять стрілки, що вказують напрям погляду. Місця переходу від однієї січної площини до іншої позначають згинами лінії перетину. Згини лінії перетину виконують лініями тієї ж товщини, що і штрихи лінії перетину. Біля початкового і кінцевого штрихів лінії перетину наносять прописну букву (як при позначенні простих розрізів).

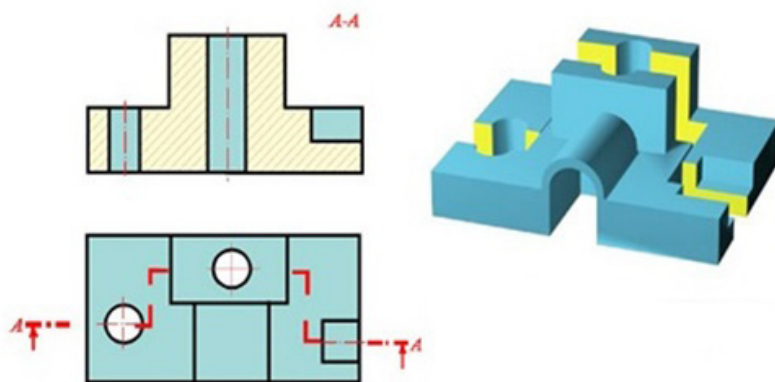


Рисунок 7.10

Над зображенням розрізу виконують напис, який показує за допомогою яких січних площин одержаний цей розріз.

При виконанні ступінчатого розрізу всі паралельні січні площини в думках суміщають в одну, тому на розрізі згини лінії перетину не відображаються (тобто складний розріз оформляється як простий).

Залежно від положення січних площин щодо горизонтальної площини проєкцій ступінчаті розрізи можуть бути горизонтальними, вертикальними (фронтальними і профільними) і похилими.

На рис. 7.10 представлено фронтальний ступінчатий розріз, який розташований на місці головного вигляду. Такі розрізи допускається розташовувати на будь-якому місці поля кресленника.

7.2.2 Ламані розрізи

Ламані розрізи утворюють січні площини, що перетинаються між собою (рис. 7.11).

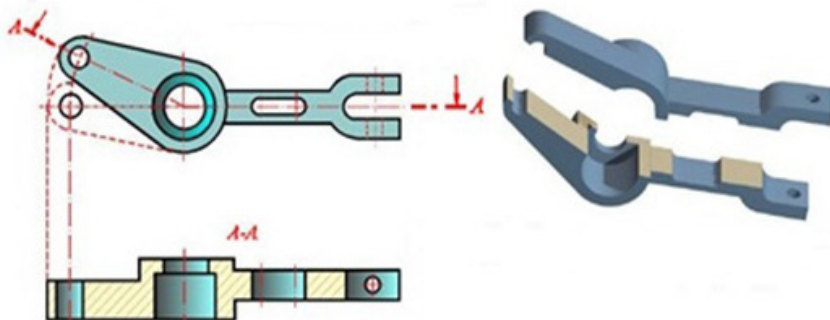


Рисунок 7.11

При побудові ламаних розрізів зазвичай одну з січних площин вибирають паралельною якій-небудь одній з основних площин проекцій, а другу – повертають до поєднання з першою. Коли суміщені площини паралельні площині проекцій, то ламаний розріз допускається поміщати на місці відповідного вигляду. Разом з січною площиною повертають розташований в ній розріз. На рис. 7.11 штрих-пунктирною лінією показано положення деталі, одержане при умовному повороті перерізу разом з січною площиною. Розріз виконують відповідно до положення деталі, показаного штрих-пунктирною лінією. При оформленні ламаного розрізу на кресленку допоміжні побудови, наведені на рис. 7.11, не виконують.

7.2.3 Перерізи

Перерізом називається зображення фігури, що виходить при уявному розрізі предмета однією або декількома площинами. На перерізі показують тільки те, що розташоване безпосередньо в січній площині.

За формою перерізи ділять на **симетричні** і **несиметричні** (рис. 7.12), а за характером виконання на кресленку – на **накладені** і **винесені**. Перевагу слід віддавати винесеним перерізам. Винесені перерізи допускається розташовувати в розриві між частинами одного і того ж виду.

Контур винесеного перерізу зображають суцільними основними лініями, а контур накладеного перерізу – суцільними тонкими лініями, причому контур зображення в місці розташування накладеного перерізу не переривають. В загальному випадку положення січної площини вказують на кресленку лінією перерізу, на якій наносять стрілки, вказуючи напрям погляду і позначають однаковими прописними літерами українського алфавіту, при цьому над перерізом виконують напис, що складається із тих же літер.

ПРАКТИКА

1. Що називається видом?

1)	Зображення внутрішніх елементів предмета
2)	Зображення внутрішніх та зовнішніх елементів предмета
3)	Зображення невидимої частини предмета
4)	Зображення повернутої до спостерігача видимої частини поверхні предмета
5)	Зображення відвернутої від спостерігача частини предмета

2. Що називається перерізом?

1)	Зображення зовнішньої частини предмета
2)	Зображення предмета, що утворюється внаслідок проекції на площину
3)	Зображення предмета, яка утворюється при уявному перетині предмета площиною
4)	Зображення нижньої будови предмета
5)	Зображення верхньої будови предмета

3. Яке з 6-ти наведених на рисунку зображень деталі є її видом спереду?

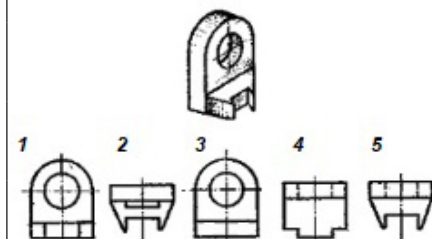
	1)	6
	2)	2
	3)	3
	4)	1
	5)	5

4. На якому рисунку зображено горизонтальну проекцію моделі?

	1)	1
	2)	2
	3)	3
	4)	4
	5)	5



5. На якому рисунку зображено горизонтальну проекцію моделі?



1) 6

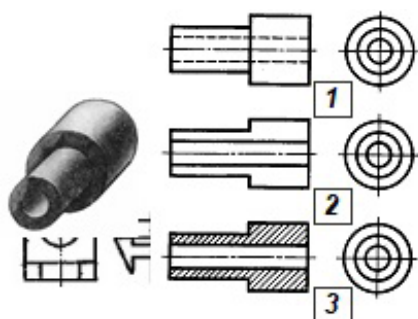
2) 2

3) 3

4) 1

5) 5

6. Яке зображення відповідає розрізу наведеної деталі?



1) 1

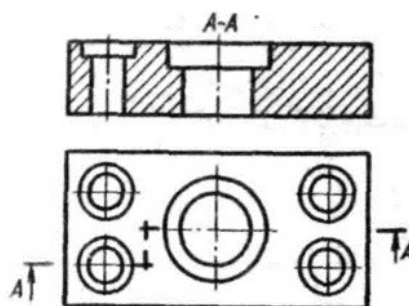
2) 2

3) 3

4) 1 та 3

5) 1 та 2

7. Яку назву має зображення А-А?



1) Головний вигляд

2) Складний ступінчатий розріз

3) Складний ламаний розріз

4) Переріз

5) Простий фронтальний розріз

8. Вказати на якому із трьох зображень наведено профільний розріз.

	1)	1 та 3
	2)	2
	3)	3
	4)	1
	5)	1 та 2.

9. Який розріз зображено на рисунку?

	1)	Профільний
	2)	Фронтальний
	3)	Ламаний
	4)	Ступінчастий
	5)	Горизонтальний

10. Яка мінімальна кількість видів є достатньою для виконання кресленика деталі?

	1)	1
	2)	2
	3)	6
	4)	4
	5)	3



Питання для самоконтролю до сьомого розділу:

1. Який спосіб проєціювання використовують у кресленні?
2. Що називається видом і як класифікують види?
3. Назвіть основні види.
4. Як розміщені основні види на креслениках?
5. В яких випадках і як позначають основні види?
6. Які види називають додатковими та місцевими?
7. Що називають розрізами та для чого їх виконують на креслениках?
8. Як класифікують розрізи?
9. В яких випадках додатково позначають прості розрізи?
10. Які розрізи називають ступінчатими?
11. Які розрізи називають ламаними?
12. Як виконуються ступінчаті і ламані розрізи?
13. Що називається перерізами?
14. Які види перерізів Ви знаєте?



8 РІЗЬБИ

8.1 Основні параметри різьб

При складанні машин та механізмів окремі їх деталі здебільшого з'єднують між собою за допомогою різьбових кріпильних виробів: болтів, шпильок, гайок і т. і. (рис. 8.1).

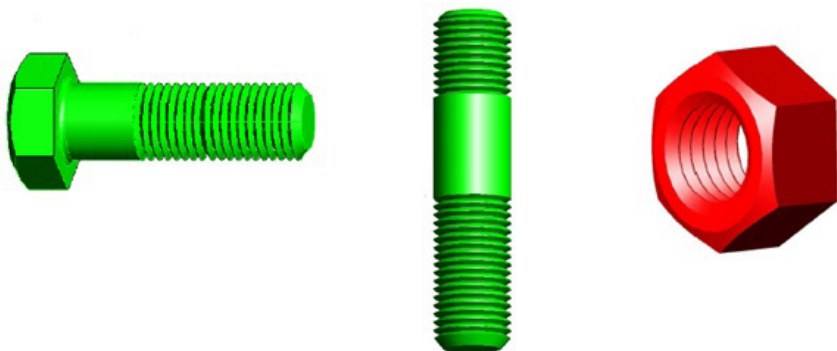


Рисунок 8.1

В трубопровідних системах з'єднання здійснюються з використанням труб та спеціальних деталей – фітингів (рис. 8.2).



Рисунок 8.2

Різьбові з'єднання широко застосовуються в машинобудуванні завдяки таким якостям, як універсальність, висока надійність, здатність витримувати високі навантаження, порівняно малі розміри, простоту виготовлення та ін.

Основним елементом всіх різьбових з'єднань є **різьба**.

Різьба може бути **зовнішня** або **внутрішня**, **права** або **ліва**, **однозахідна** або **багатозахідна**. Форма профілю різьби обумовлює її назву.

Різьби бувають різного профілю: **трикутного**, **трапецеїдального**, **прямокутного**, **напівкруглого** та **інші**.

Різьбу трикутного профілю звичайно нарізають на деталях, призначених для скріплення, а тому її називають кріпильною. Різьба інших профілів, переважно трапецеїдального і прямокутного, належить до ходових різьб (різьба на гвинту машинних лещат, домкратів то що).

Гвинтова різьба – це поверхня виступу, утворена при гвинтовому русі довільного плоского контуру на бічній поверхні циліндра чи конуса.

Різьби розрізняють:

1) за формою поверхні:

циліндрична – різьба, утворена на поверхні циліндра;

конічна – різьба, утворена на поверхні конуса;

2) за характером поверхні:

зовнішня – різьба, утворена на зовнішній поверхні циліндра чи конуса;

внутрішня – різьба, утворена на внутрішній поверхні циліндра чи конуса;

3) за напрямом різьби:

права – різьба, утворена контуром, який обертається за рухом годинникової стрілки і переміщується вздовж осі у напрямі від спостерігача;

ліва – різьба, утворена контуром, який обертається проти руху годинникової стрілки і переміщується вздовж осі у напрямі від спостерігача;

4) за числом заходів (виступів і канавок):

однозахідна – різьба, утворена однією гвинтовою ниткою;

багатозахідна – різьба, утворена двома, трьома і т. д. гвинтовими нитками.

Крок різьби – відстань між відповідними точками двох сусідніх витків, вимірювана паралельно осі різьби.

Хід різьби – відстань між відповідними точками на поверхні гвинтової нитки за один оберт контуру, вимірювана паралельно осі різьби.

Число заходів різьби – кількість ниток, які утворюють різьбу.

Кожний вид різьби характеризується основними параметрами відповідно до ДСТУ 11708-82. До основних параметрів відносять: зовнішній, внутрішній діаметри різьби, крок, кут і висота профілю.

Різьба може бути виготовлена (нарізана) за різною технологією: вручну – за допомогою мітчика (плашки) або на верстаті – за допомогою різця, фрези чи накатки. На початку різьби, як правило, виконується фаска для полегшення нарізання і загвинчування. В кінці різьба може мати ділянку з неповним профілем – збіг різьби. Якщо збіг різьби недопустимий, його можна уникнути за допомогою спеціальної проточки. Зображення зовнішньої і внутрішньої різьби відповідно до ДСТУ 2.311-68 показано на рис. 8.3.



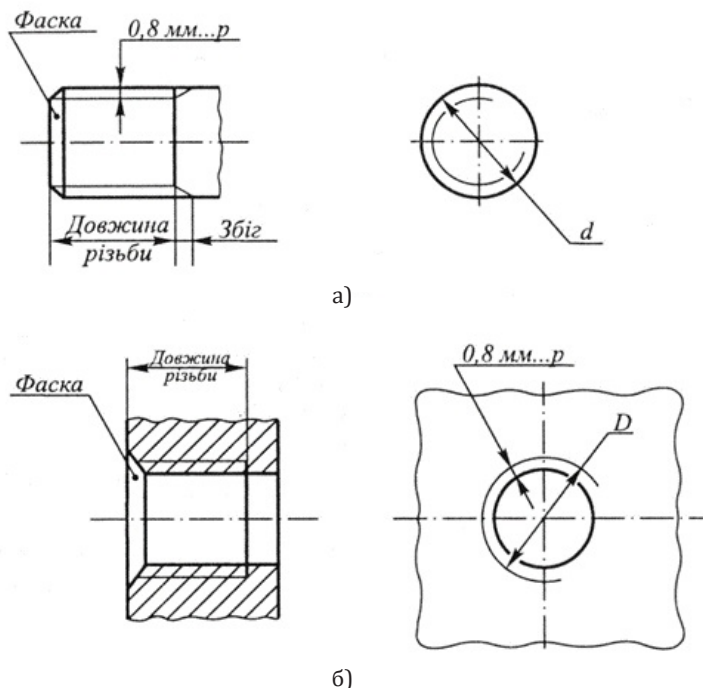


Рисунок 8.3

Слід звернути увагу на такі моменти:

- 1) відстань між суцільними товстою і тонкою лініями на кресленні приймають $0,8\text{мм}\dots P$, де P – крок різьби. Фактично цей розмір для метричної різьби дорівнює $0,54P$, для трубної – $0,64P$, для трапецеїдальної – $0,5P$, для упорної – $0,75P$;
- 2) тонка лінія різьби перетинає фаску;
- 3) тонку лінію, яка зображує різьбу на вигляді в торець, проводять на $3/4$ кола з розривом у будь-якому місці, але не по центрових лініях;
- 4) фаску різьби, яка не має конструктивного призначення, на вигляді в торець умовно не зображують;
- 5) збіг різьби не входить у її довжину і, як правило, на кресленні не зображується.

Якщо різьба невидима, то її межу показують штриховою лінією. Не стандартизована різьба зображується так само, як і стандартизована. Штрихування в розрізах і перерізах проводять до лінії зовнішнього діаметра різьби на стержні і до лінії внутрішнього діаметра в отворі (і в тому, і в іншому випадку її проводять до суцільної основної лінії, (рис. 8.3).

Всі основні кріпильні й ходові різьби стандартизовані. У стандартах наведені їх профіль і основні розміри: номінальні діаметри і кроки.



В таблиці 8.1 подані назви, структура позначення і приклади позначень основних стандартизованих кріпильних та ходових різьб. Не стандартизовані різьби (наприклад, прямокутна) позначень не мають.

У цій таблиці прийняті позначення:

D – номінальний діаметр різьби, мм;

D_y – умовний прохід у дюймах (номінальний діаметр для трубної різьби);

P – крок різьби, мм.

Таблиця 8.1

Назва різьби		Структура позначення	Приклад позначення
Метрична ГОСТ 9150-81 ГОСТ 8724-81 ГОСТ 25229-82	з великим кроком	MD	M24
	з дрібним кроком	MDxP	M24x2
	конічна	MKDxP	MK24x2
Трубна ГОСТ 5357-81 ГОСТ 5211-81	циліндрична	GD_y	G2¹/2
	конічна зовнішня	RD_y	R1¹/2
	конічна внутрішня	RcD_y	Rc1
Трапецеїдальна ГОСТ 9484-81	однозаходова	TrDxP	Tr24x2
	багатозаходова	TrDxt(P..)	Tr24x8(P2)
Упорна ГОСТ 10177-82	однозаходова	SDxP	S32x3
	багатозаходова	SDxt(P..)	S32x6(P3)

При користуванні таблицею треба додатково враховувати:

1) позначення всіх різьб, крім трубної й конічної, розміщують на розмірній лінії, яка належить до номінального (зовнішнього) діаметра, тобто до суцільної товстої лінії для зовнішньої різьби і до тонкої лінії для внутрішньої різьби;

2) позначення трубної й конічної різьб розміщують на поличці ліній-виноски, яка закінчується стрілкою; стрілка повинна вказувати на суцільну товсту (основну) лінію зображення різьби;

3) якщо різьба ліва, то до позначення додають в кінці літери «LH», наприклад, M16 LH, Tr 24 x 2 LH;

4) якщо на кресленні потрібно задати не стандартизовану різьбу (наприклад, прямокутну), слід вказати її профіль і всі розміри, необхідні для її виготовлення.

8.2 Різьба метрична

Різьби метричні мають профіль рівностороннього трикутника з кутом $\alpha=60^\circ$ (рис. 8.4).

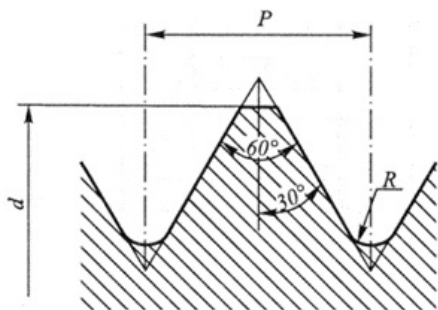


Рисунок 8.4

Щоб позначити метричну різьбу треба знати її номінальний діаметр і крок.

Номінальний діаметр слід уточнити, звіривши його зі стандартизованим рядом. Значення кроку входить у позначення різьби тільки у тому випадку, якщо цей крок дрібний для обраного номінального діаметра. Приклад позначення метричної різьби з великим і дрібним кроками показано на рис. 8.5.

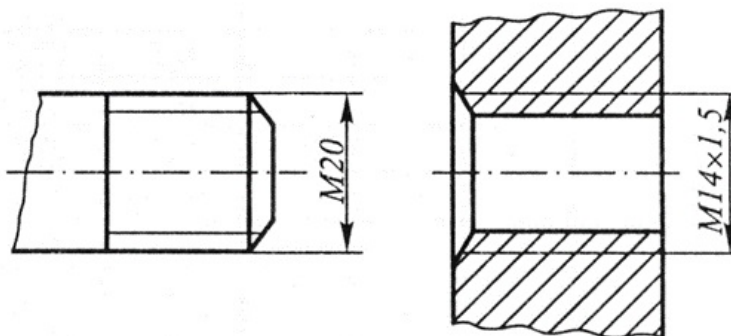


Рисунок 8.5

8.3 Різьба метрична конічна

Різьби метричні конічні мають такий самий профіль, як і метричні циліндричні (див. рис. 8.4) і виконуються на конічній поверхні з конусністю 1:16. Номінальні діаметри конічної різьби повністю відповідають номінальним діаметрам циліндричної. Оскільки для конічної метричної різьби використовують лише дрібний крок, останній обов'язково вказується у позначенні різьби, наприклад, **МК 30x2**. Деталь з метричною конічною різьбою може загвинчуватися з відповідною деталлю такого самого номінального діаметра і кроку, яка має метричну конічну або метричну циліндричну різьбу. Приклад зображення і позначення метричної конічної різьби показаний на рис. 8.6.

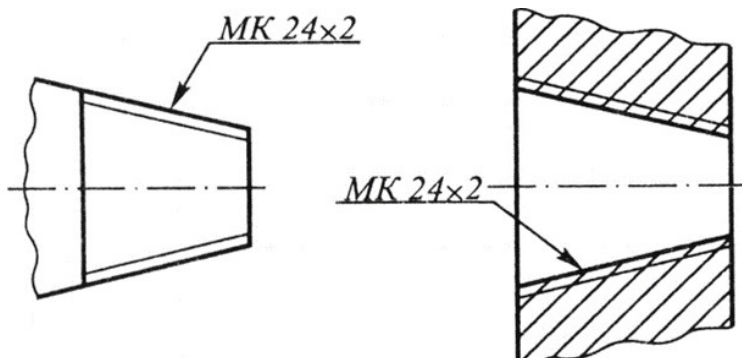


Рисунок 8.6

8.4 Різьба трапецеїдальна

Різьба трапецеїдальна має профіль правильної рівнобічної трапеції з кутом $\alpha=30^\circ$ (рис. 8.7).

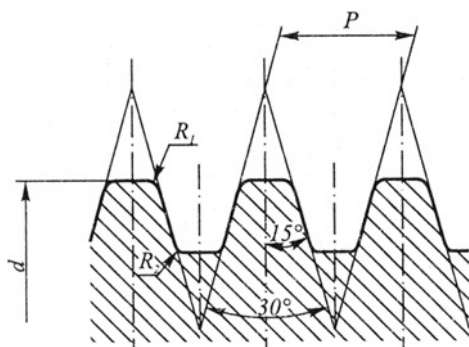


Рисунок 8.7

Оскільки трапецеїдальна різьба належить до ходових різьб, що застосовуються для передачі руху, вона може бути одно- і багатозахідна. Приклади зображення і позначення трапецеїдальної різьби показані на рис. 8.8.

Для багатозахідної різьби в структуру позначення входить значення ходу і кроку. Наприклад, трапецеїдальна двозахідна різьба з номінальним діаметром 24 мм, ходом 4 мм і кроком 2 мм позначається так: $T_224 \times 4(P2)$.

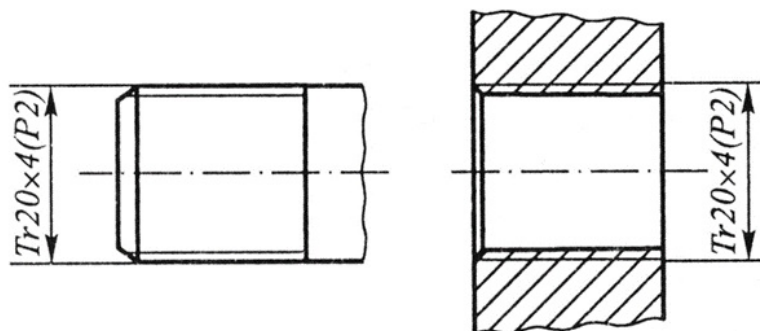


Рисунок 8.8

Профіль трапецеїдальної різьби встановлює ДСТУ 9484-81, діаметри і кроки однозахідної трапецеїдальної різьби – ДСТУ 24737-81, основні розміри - ДСТУ 24737-81, допуски – ДСТУ 9562-81.

8.5 Різьба упорна

Різьба упорна регламентована ДСТУ 10177-82 і має профіль нерівнобічної трапеції (рис. 8.9). Стандартизований ряд номінальних

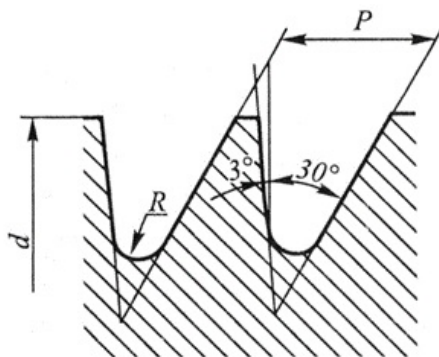


Рисунок 8.9

діаметрів починається з 10 мм. Приклад зображення і позначення упорної багатозахідної різьби показаний на рис. 8.10. Якщо різьба однозахідна, структура позначення спрощується. Наприклад, упорна однозахідна різьба з номінальним діаметром 32 мм і кроком 3 мм позначається **S 32x3**.

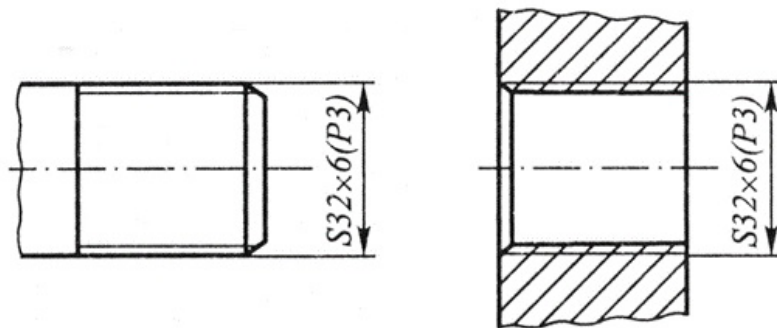


Рисунок 8.10

8.6 Трубна циліндрична різьба

Трубна циліндрична різьба регламентована ДСТУ 6357-81 і має профіль рівнобедреного трикутника з кутом $\alpha=55^\circ$ (рис. 8.11).

Використовується в різьбових з'єднаннях внутрішньої циліндричної різьби із зовнішньою конічною різьбою з профілем за ДСТУ 6211-81. Номінальним розміром трубної різьби є умовний прохід **D** в дюймах (1 дюйм $\sim 25,4$ мм). Оскільки діаметр умовного проходу не збігається із зовнішнім діаметром різьби, позначення трубної різьби наносять на поличці лінії-виноски (рис. 8.12).

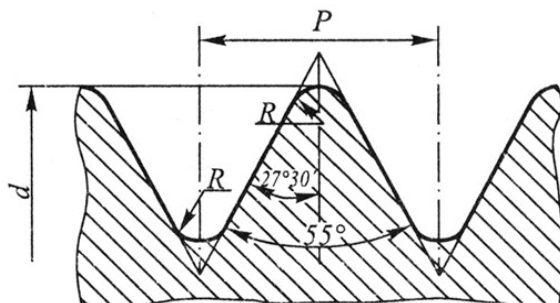


Рисунок 8.11

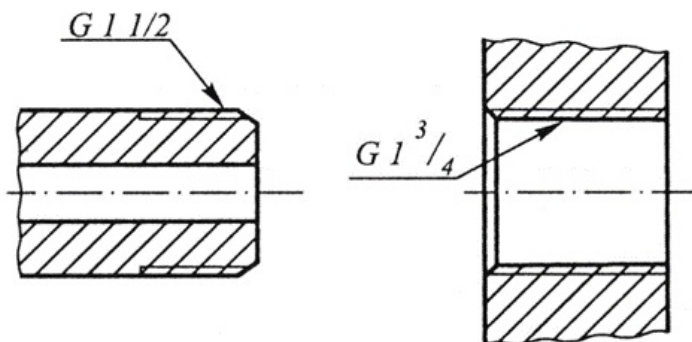


Рисунок 8.12

8.7 Трубна конічна різьба

Різьби трубні конічні мають такий самий профіль, як трубні циліндричні і виконуються на конічній поверхні з конусністю **1:16**. Деталь з трубною конічною різьбою може загвинчуватися з відповідною деталлю такого самого номінального діаметра, що має трубну конічну або трубну циліндричну різьбу. Приклад зображення і позначення трубної конічної різьби показаний на рис. 8.13.

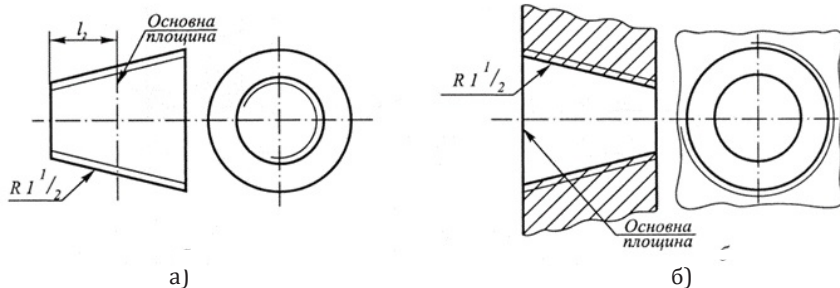


Рисунок 8.13

8.8 Різьба прямокутна

Різьба прямокутна (квадратна) має прямокутний профіль. Прямокутні різьби не стандартизовані, позначень не мають, і тому всі параметри різьби повинні бути задані на кресленні; як правило, це виконують за допомогою виносного елемента. Зображення прямокутної різьби показано на рис. 8.14.

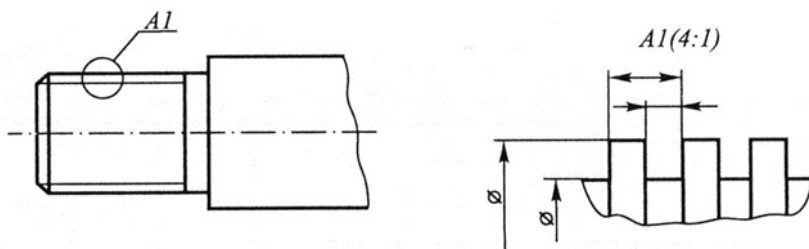


Рисунок 8.14

Питання для самоконтролю до восьмого розділу:

1. Що називають гвинтовою різьбою?
2. Як класифікуються різьби за формою та характером поверхні?
3. Як класифікуються різьби за напрямом різьби та числом заходів?
4. Що називають кроком різьби?
5. Що називають ходом різьби?
6. Який профіль мають метричні різьби?
7. Наведіть приклади позначення метричних різьб на валу та в отворі.
8. Як позначаються різьби метричні конічні?
9. Який профіль мають трапецеїдальні різьби?
10. Наведіть приклади позначення трапецеїдальних різьб на валу та в отворі.
11. Що таке упорна різьба і як вона позначається на креслениках?
12. Який профіль має трубна циліндрична різьба і як вона позначається на креслениках?
13. Наведіть приклади позначення трубної конічної різьби.
14. Як на креслениках позначають прямокутну різьбу?

9 КРІПІЛЬНІ ДЕТАЛІ

9.1 Болти

Болт – циліндричний стержень, на одному кінці якого знаходиться головка, а на другому – різьба для нагвинчування гайки (рис. 9.1).



Рисунок 9.1

Болти розрізняються за формою та розмірами головки, формою стержня, точністю виготовлення і т. ін. Найбільш широко застосовують болти з шестигранною головкою підвищеної, нормальної або грубої точності (класів точності А, В, С); з нормальною або зменшеною головкою; з великим або малим кроком різьби, які виготовляють в одному або декількох виконаннях.

На рис. 9.2 дано зображення болта з шестигранною головкою за ДСТУ 7798-70 у чотирьох виконаннях:

Варіант 1 – без отворів в стержні і головці.

Варіант 2 – з отвором в стержні під шплінт.

Варіант 3 – з двома отворами в головці під стопоріння дротом.

Варіант 4 – із заглибленням у головці.

На зображеннях позначено конструктивні параметри болтів у відповідних виконаннях. Номінальний діаметр різьби болтів встановлено стандартом від 6 до 48мм, а довжина від 8 до 300мм.

Болти мають спеціальне позначення на конструкторських документах: Болт **2M12x1,25-6gx60.109.40X.016** ДСТУ 7798-70

де: 2 – виконання;

M12 – номінальний діаметр різьби;

1,25 – крок різьби;

6g – поле допуску різьби;

60 – довжина болта;

109 – клас міцності (10,9);

40X – марка сталі;

01 – вид покриття (цинкове), товщ. 6 мкм.

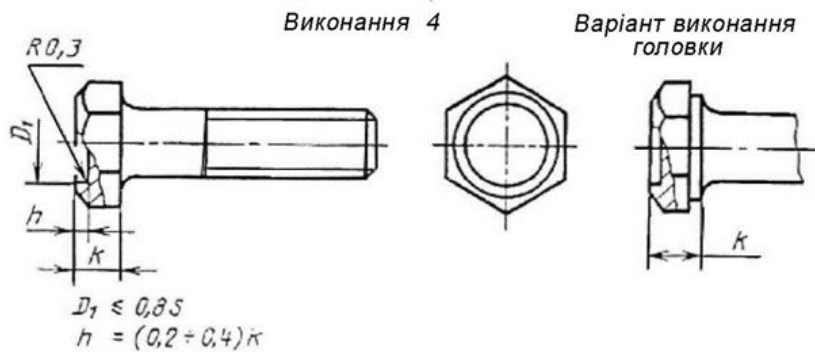
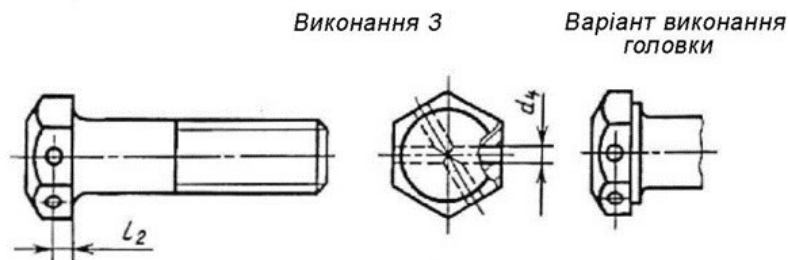
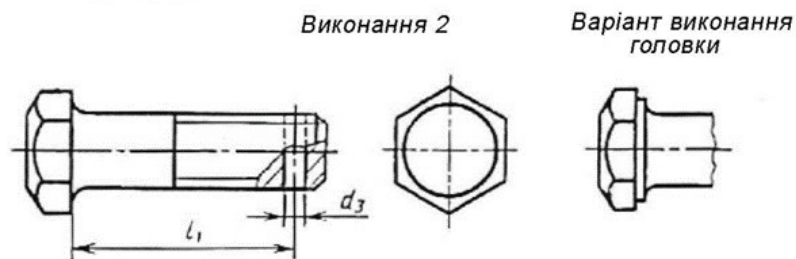
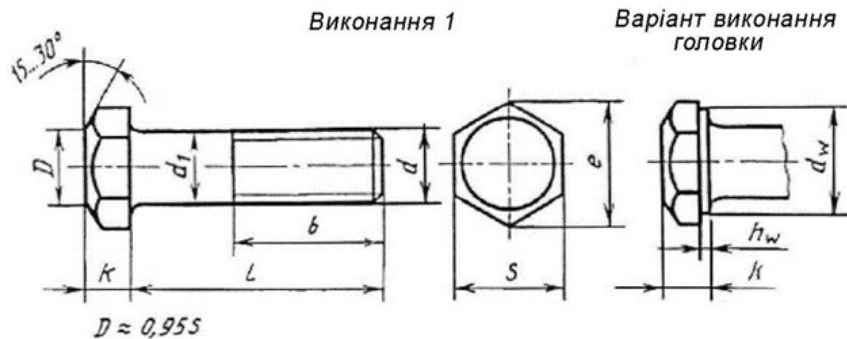


Рисунок 9.2

На рис. 9.3 показана побудова головки болта. При побудові дуги гіпербол, які утворюються при перерізі конуса площинами, замінюють дугами кіл.

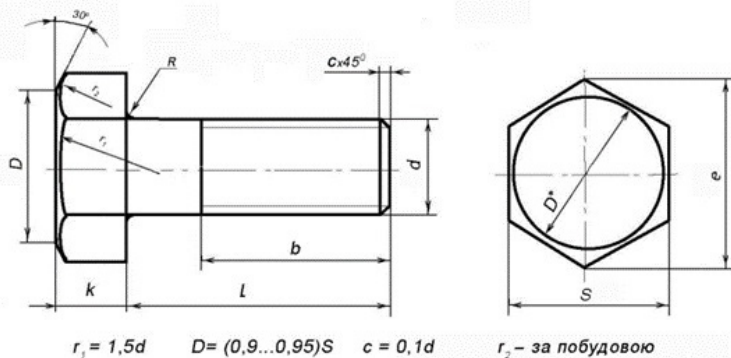


Рисунок 9.3

9.2 Шпильки

Шпилька являє собою кріпильну деталь у вигляді циліндричного стержня з різьбою на обох кінцях (рис. 9.4).



Рисунок 9.4

Шпильки виготовляють по ДСТУ 22032-76 ... ДСТУ 22043-76 з класом точності А і В, діаметром різьби 2...48 мм та довжиною 10...300 мм (рис. 9.5)

де: l – довжина шпильки без вгвинчуваного кінця називається номінальною.

b – довжина гайкового кінця (без збігу).

$b1$ – довжина різьби, включаючи збіг, вгвинчуваного кінця шпильки.

Шпильки служать для скріплення деталей роз'ємних з'єднань. Кінець шпильки, вгвинчуваний в одну із деталей, що з'єднуються,

називається посадочним. На другий, на який встановлюється друга деталь, нагвинчується гайка.

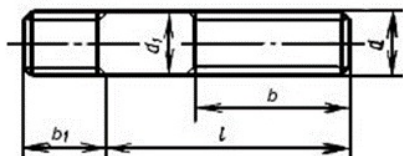
Довжиною шпильки вважають величину l , на яку насаджується з'єднана деталь і нагвинчується гайка. Розмір шпильки в залежності від номінального діаметра різьби і довжини посадочного кінця регламентується ДСТУ 22032-76 ... ДСТУ 22043-76.

Шпильки виготовляють двох типів:

виконання 1 – з однаковими номінальними діаметрами різьби і гладкої частини стержня,

виконання 2 – з номінальними діаметрами різьби, більшими від номінального діаметра гладкої частини стержня (рис. 9.5).

Виконання 1



Виконання 2

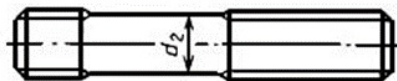


Рисунок 9.5

Довжина b_1 вгвинчуваного кінця шпильки залежить від матеріалу деталі, в яку вгвинчується шпилька.

Для деталей із сталі, бронзи, латуні шпильки виконуються за ДСТУ 22032-76 $b_1 = d$ – діаметру різьби шпильки.

Для деталей із ковкого і сірого чавуну шпильки виготовляються за ДСТУ 22034-76, $b_1 = 1.25d$.

Для деталей з легких сплавів шпильки виконуються за ДСТУ 22038-76, $b_1 = 2d$. Вихідними даними для креслення шпильки служить товщина приєднаної деталі, діаметр d різьби шпильки і матеріал деталі для вгвинчуваного кінця.

9.3 Гайки

Гайкою називається деталь, яка має отвір з різьбою для нагвинчування на болт або шпильку (рис. 9.6).



Рисунок 9.6

Гайки розрізняються за формою, характером виконання, точністю виготовлення і кроком різьби.

Найчастіше застосовуються шестигранні гайки нормальної точності (ДСТУ 5915-70) (рис. 9.7). Існують гайки шестигранні, шестигранні прорізні, коробчасті, крильчаті, круглі, гайки-барашки, ковпачкові та інші.

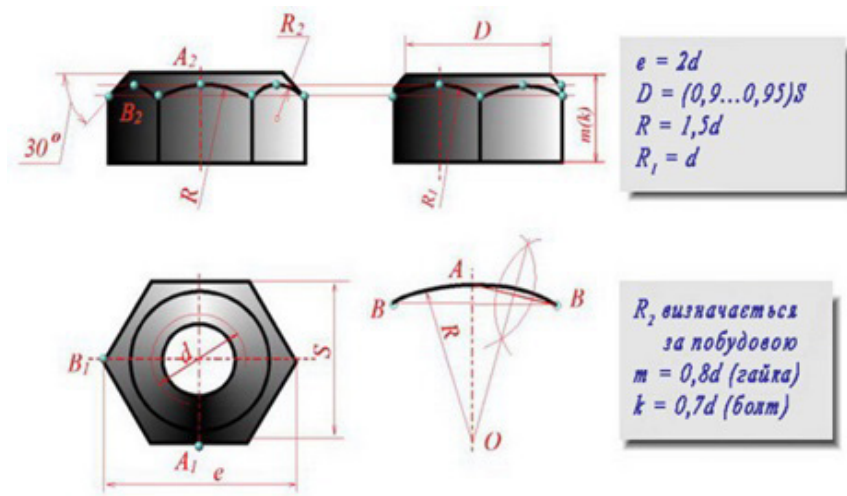


Рисунок 9.7

Гайки виготовляють з високою, нормальною і грубою точністю з позначенням класів точності.

Гайки виконуються з двома конічними фасками, однією фаскою, з однією фаскою і виступом з одного кінця (рис. 9.8).

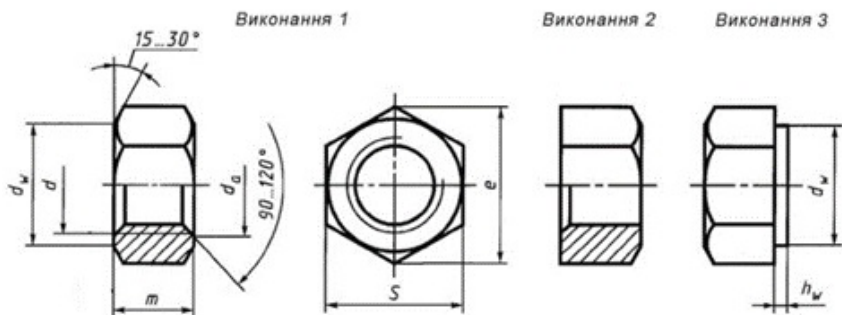


Рисунок 9.8

Залежно від висоти розрізняють гайки нормальної висоти, низькі, високі і дуже високі. Низькі гайки застосовують при невеликих осьових навантаженнях, при відсутності ударних навантажень і вібрації.

Шестигранні гайки з прорізами (рис. 9.9а) виконання 1 застосовують при значних осьових зусиллях.

На рис. 9.9б зображена корончата гайка – виконання 2. Вона застосовується для з'єднань, що підлягають вібраціям, ударним навантаженням.

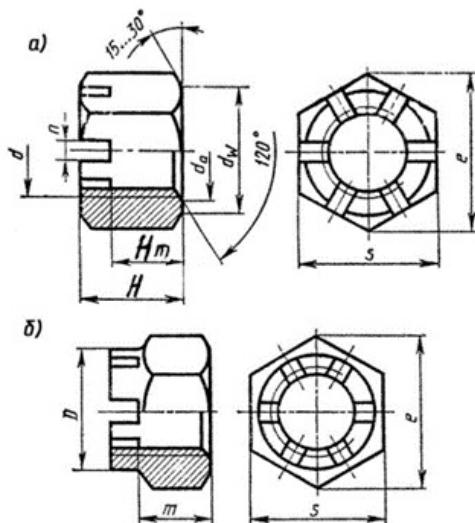


Рисунок 9.9

Гайки-барашки (рис. 9.10а) з вушками застосовують у випадках згвинчування без застосування гайкового ключа. Гайки крильчаті зображено на рис. 9.10б, конструкція круглих гайок показана на рис. 9.10в.

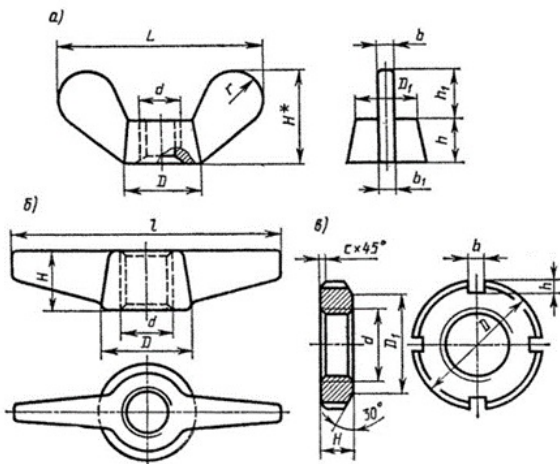


Рисунок 9.10

Гайки звичайно виготовляють з метричною різьбою з великим і дрібним кроком, з полям допусків 7Н, 6Н.

Приклади позначень:

Гайка 2М12 х 1,25-6Н 12. 40Х 016 ДСТУ 5915-70,

де: 2 – виконання;

1,25 – мілкий крок різьби;

6Н – поле допуску;

12 – клас міцності;

40Х – марка сталі;

016 – вид і товщина покриття.

Побудова зображення гайки показана на рис. 9.7.

9.4 Шайби

Шайби – сталі диски незначної товщини, які підкладають під гайки або головки болтів для охорони матеріалу від задирань та для збільшення опорної поверхні.

Розрізняють шайби круглі, стопорні, пружинні і ін.

На рис. 9.11 показані круглі шайби виконання 1 і 2.

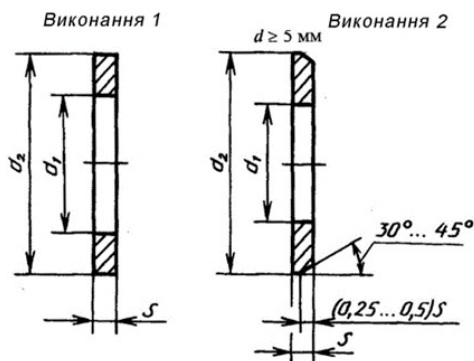


Рисунок 9.11

На рис. 9.12 показані пружинні шайби.

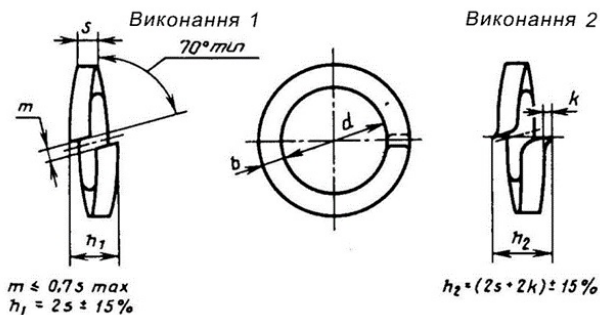


Рисунок 9.12

9.5 Гвинти

Кріпильні гвинти служать для роз'ємного з'єднання деталей і являють собою циліндричний стержень з різьбою для вгвинчування в одну із з'єднуваних деталей (рис. 9.13).



Рисунок 9.13

За призначенням гвинти поділяються на кріпильні та установочні.

Вони виготовляються зі шліцом (b x h) під викрутку:

- з циліндричною головкою, ДСТУ 1491-80 (рис. 9.14),
- напівпотаємною головкою, ДСТУ 17475-80 (рис. 9.15),



Рисунок 9.14



Рисунок 9.15

Перед установкою гвинта в виробах просвердлюють отвір з урахуванням величини його кінця.

Приклади позначення гвинтів (рис. 9.16):

Гвинт А М8-6q x 50.48 ДСТУ 1491-80;

Гвинт В2М8 x 1-8q x 50.48.016 ДСТУ 17475-80.

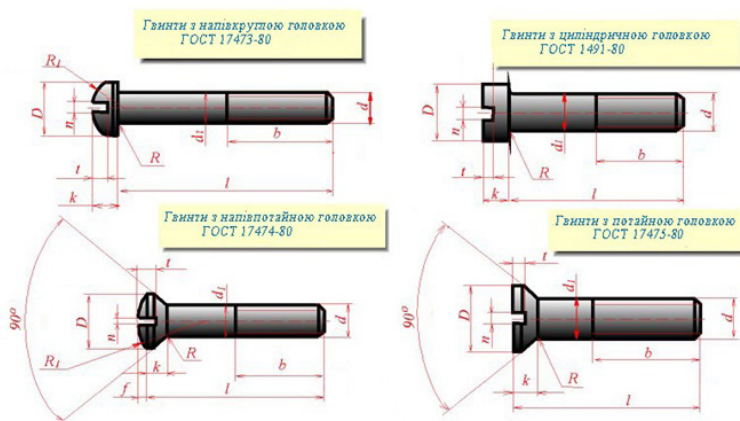


Рисунок 9.16

На рис. 9.17 дано зображення гвинтів у двох виконаннях:

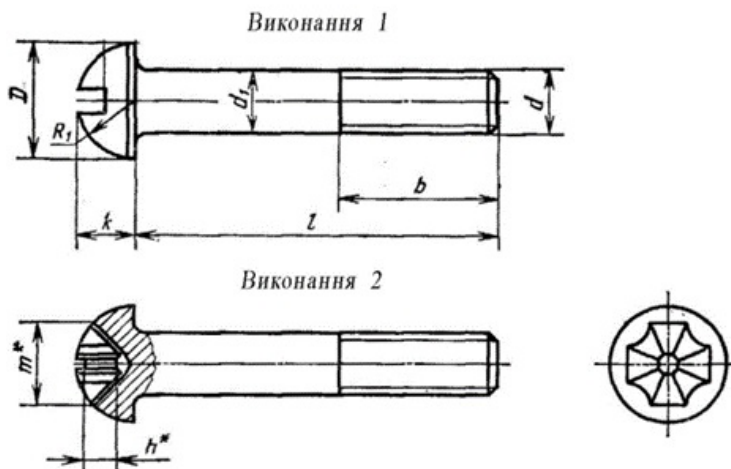


Рисунок 9.17

ПРАКТИКА

1. Що називають різьбою?	
1)	Пряму лінію яка проходить вздовж осі
2)	Поверхню, утворену при гвинтовому русі плоского контуру по циліндричній або конічній поверхні
3)	Рівнобедрений трикутник, що поступально рухається вздовж осі
4)	Трапецію, що рухається по поверхні призми
5)	Прямокутник, що рухається по кулі
2. Якого типу стандартну різьбу використовують для виготовлення болтів та гайок?	
1)	Метричну
2)	Трубну циліндричну
3)	Трапецеїдальну
4)	Прямокутну
5)	Круглу
6)	Метричну конічну

3. Що являє собою шпилька?

1)	Стержень, з обох кінців якого нарізана різьба
2)	Деталь для з'єднання болтів між собою
3)	Стержень, з одного кінця якого нарізана різьба під гайку, а з іншого він має головку різної форми
4)	Деталь для передачі крутного моменту
5)	Деталь з різьбовим отвором для нагвинчування на стержень

4. Яка різьба зображена на кресленку?

	1)	метрична
	2)	трубна циліндрична
	3)	метрична конічна
	4)	прямокутна
	5)	упорна

5. Який кут профілю α метричної різьби?

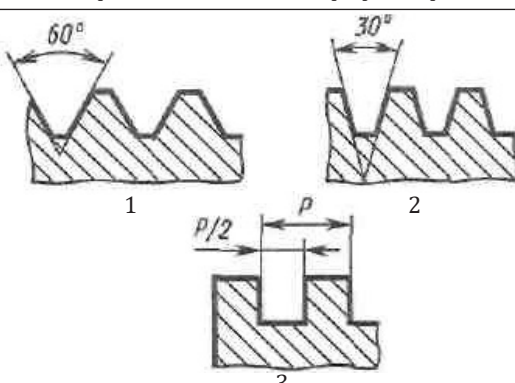
1)	30°
2)	55°
3)	60°
4)	45°
5)	120°

6. Що являє собою гайка?

1)	Деталь з різьбовим отвором для нагвинчування на стержень
2)	Деталь для закріплення ланцюга
3)	Деталь, що виключає можливість самовідгвинчування болта в різьбовому з'єднанні
4)	Деталь без різьби для розміщення на стрижні
5)	Деталь для виготовлення шурупа



7. Що являє собою болт?	
1)	Деталь з різьбовим отвором для нагвинчування на Стержень
2)	Стержень, з одного кінця якого нарізана різьба під гайку, а з іншого, він має головку різної форми
3)	Стержень, з обох кінців якого нарізана різьба
4)	Стержень, з обох кінців якого відсутні головки
5)	Стержень з різьбою та двома головками

8. Яке зображення відповідає профілю трапецеїдальної різьби?		
	1)	1, 2, 3
	2)	2
	3)	1
	4)	3
	5)	2, 3

Питання для самоконтролю до дев'ятого розділу:

1. Які кріпильні вироби Ви знаєте?
2. Що називається болтом?
3. Наведіть приклади позначення болтів на конструкторських документах та розшифруйте їх.
4. Що називається шпилькою?
5. Наведіть приклади позначення шпильок на конструкторських документах та розшифруйте їх.
6. Яка деталь називається гайкою?
7. Які види гайок Ви знаєте?
8. Що називається шайбою?
9. Які види шайб Ви знаєте?
10. Яка деталь називається гвинтом?
11. Які конструктивні параметри характеризують гвинти?

10 РОЗ'ЄМНІ З'ЄДНАННЯ

10.1 Болтове з'єднання

З'єднання болтом містить болт, шайбу та гайку (рис. 10.1).

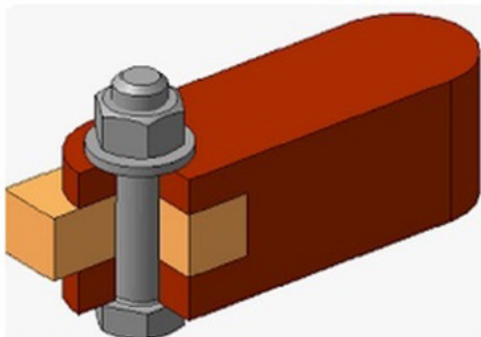


Рисунок 10.1

Розрізняють два випадки з'єднання:

- а) діаметр отвору більший від діаметра стержня болта;
- б) номінальні діаметри отвору і болта рівні.

Звичайно болт вставляють з зазором в отвір і з'єднання здійснюється затягуванням гайки (рис. 10.2).

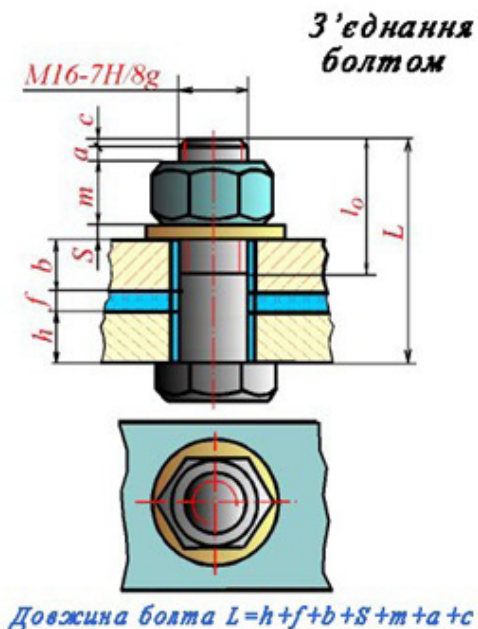


Рисунок 10.2

При виконанні складальних креслень машин, коли необхідно зобразити багато болтових з'єднань, болт викреслюють спрощено по умовних відношеннях розмірів залежно від діаметра різьби, як показано на рис. 10.3. За таблицями із ДСТУ залежно від величини номінального діаметра d вибирають необхідні параметри. За розмірами, які вибрано з відповідних стандартів, зображення кріпильних виробів будують тільки на робочих кресленнях, по яких їх виготовляють.

На учбових кресленнях зображення різьбових з'єднань звичайно будують за відносними розмірами, основні співвідношення яких наведено на рис. 10.3а. Розрахункові розміри на кресленнях не наносять. На рис. 10.3б подано спрощене зображення без фасок, зазорів, різьба показана на всьому стержні, на вигляді зверху різьба не показана.

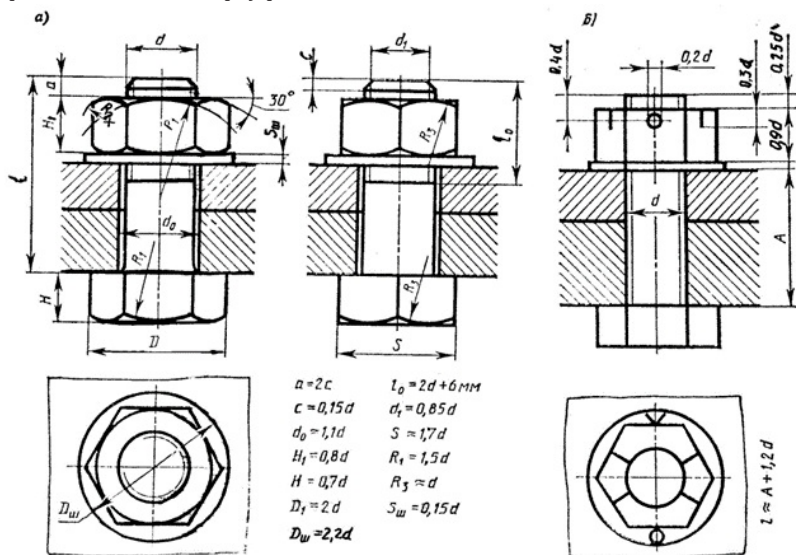


Рисунок 10.3

10.2 З'єднання шпилькою

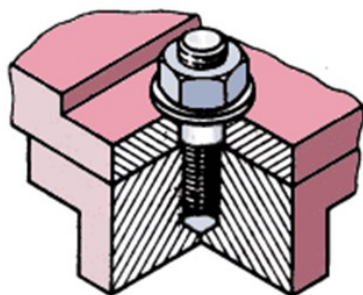


Рисунок 10.4

На рис. 10.4 зображено з'єднання шпилькою, яке побудоване за стандартними розмірами кріпильних деталей. Це зображення застосовують на складальних кресленнях у відповідних випадках (рис. 10.5).

На учбових кресленнях виконується спрощене зображення з'єднання шпилькою рис. 10.6. Гніздо під шпильку

спочатку висвердлюють за вказаними параметрами, потім виконують фаску і нарізають різьбу.

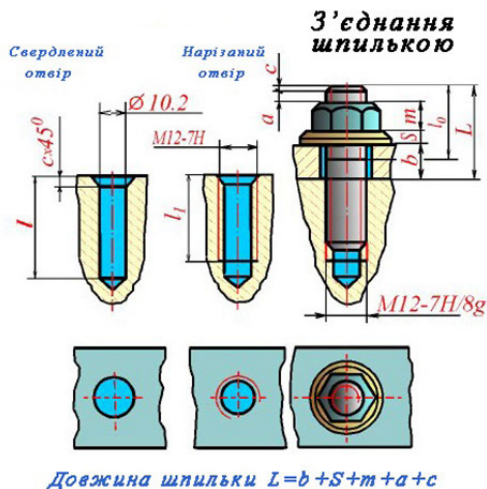


Рисунок 10.5

Глибину свердління гнізда можна розрахувати за наведеними на рис. 10.6а співвідношеннями. Дно гнізда має конічну форму. Довжину кінця шпильки, що вкручується вибирають у залежності від матеріалу деталі. Так для сталі ця довжина дорівнює d , для чавуну – $1.25d$, для алюмінію – $2d$.

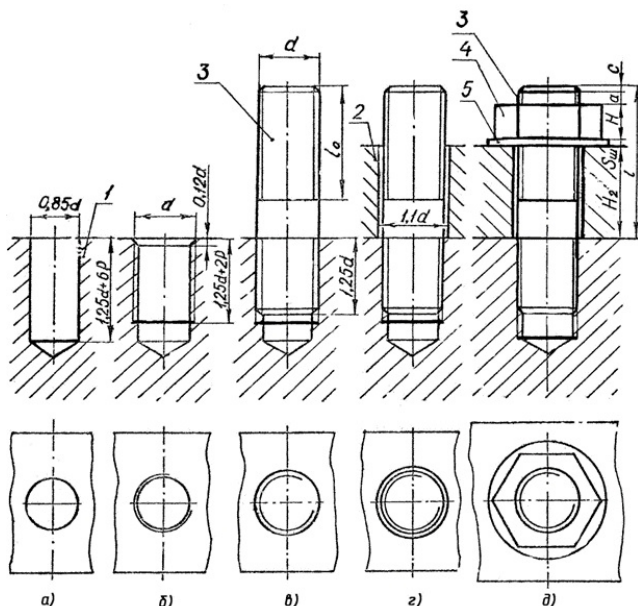


Рисунок 10.6

На рис. 10.6д наведено повне конструктивне зображення шпилькового з'єднання. Номінальна довжина шпильки розраховується за наведеною на рисунку 10.5 формулою.

Розрахована номінальна довжина шпильки прирівнюється зі стандартною і приймається ближча за величиною стандартна довжина.

10.3 З'єднання гвинтом

У гвинтовому з'єднанні, як і у з'єднанні шпилькою, різьбова частина гвинта загвинчується у різьбовий отвір (рис. 10.7).

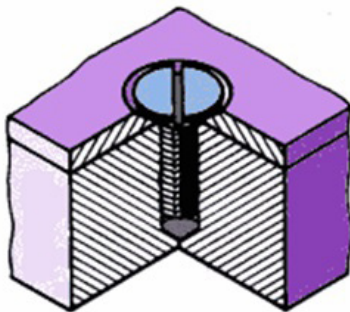


Рисунок 10.7

Границя різьби гвинта повинна знаходитись дещо вище лінії розніму деталей з'єднання. Верхня деталь в отворах не мають різьби. Довжина гвинта розраховується із співвідношень на рис.10.8.

Розрахована номінальна довжина гвинта прирівнюється зі стандартною і приймається ближча за величиною стандартна довжина.

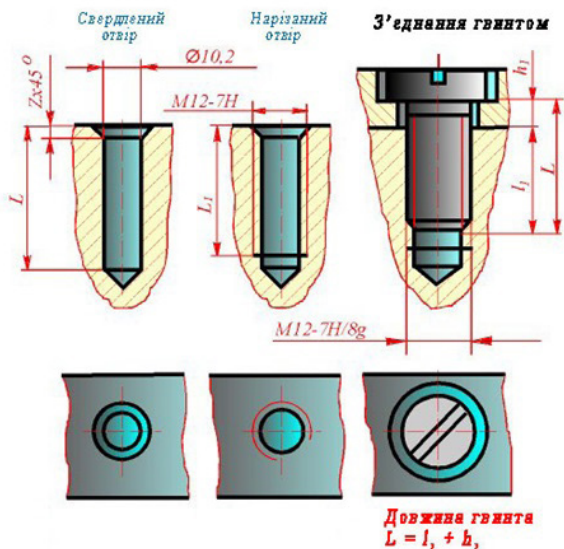


Рисунок 10.8

10.4 Шпонкові з'єднання

Шпонкові з'єднання поділяють на два види: напружені, які створюються за допомогою клинових шпонок і можуть передавати крутний момент та осьове зусилля, і ненапружені, які створюються призматичними і сегментними шпонками і можуть передавати тільки крутний момент. У сучасному машинобудуванні більше поширені ненапружені шпонкові з'єднання (рис. 10.9).

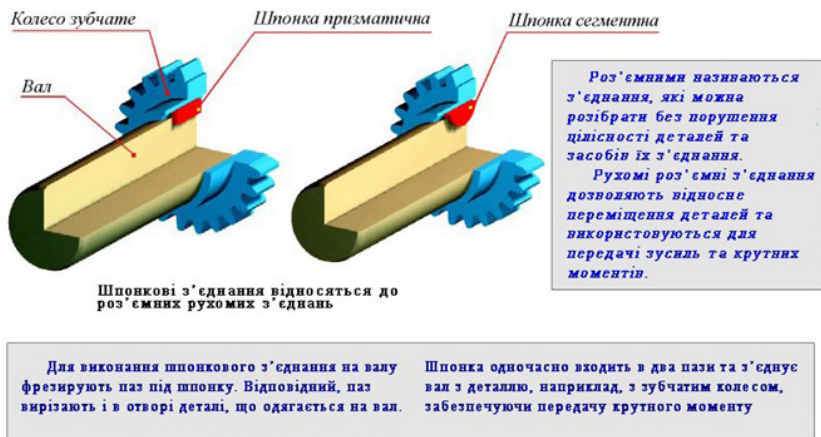


Рисунок 10.9

10.4.1 З'єднання призматичними шпонками

Шпонкові пази на валу звичайно мають довжину, що дорівнює довжині самої шпонки, їх виконують пальцевою або дисковою фрезою, а канавку у маточині колеса – протяжкою чи іншими інструментами.

На рис. 10.10 наведено приклад виконання шпонкового з'єднання призматичною шпонкою.

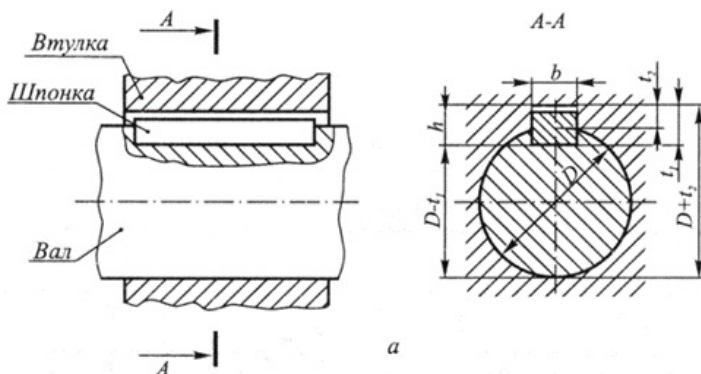


Рисунок 10.10

10.4.2 З'єднання клиновими шпонками

Коли треба вал з'єднати з якоюсь деталлю, наприклад, з колесом за допомогою клинової шпонки без головки, то на валу вздовж твірних фрезерують паз у вигляді прямокутної канавки, що відповідає ширині шпонки.

На виході з вала паз має округлення, яке дорівнює радіусу фрези (рис. 10.11).

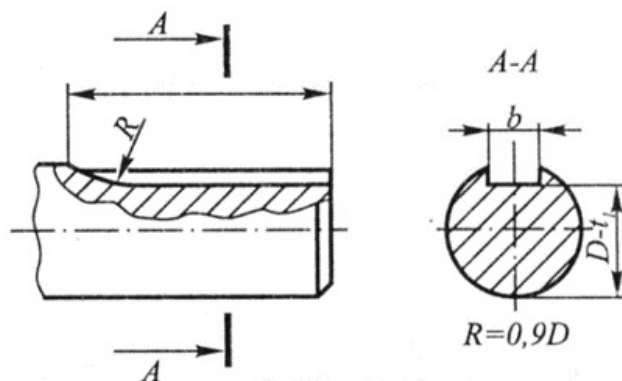


Рисунок 10.11

Довжина паза для клинової шпонки має дорівнювати не менш як подвійній довжині самої шпонки, щоб можна було встановити шпонку у паз і переміщати її вздовжнього для закріплення. Такої самої ширини паз виконують у маточині з'єднуваного колеса на всю її довжину. На валу паз уклону не має, а дно паза у маточині виконують з уклоном $1 : 100$, як і у шпонки.

10.4.3 З'єднання сегментними шпонками

Сегментні шпонки у з'єднанні працюють аналогічно до призматичних, бо передача крутного моменту здійснюється бічними гранями шпонок і пазів. На (рис. 10.12) наведено приклад виконання сегментного паза у валу.

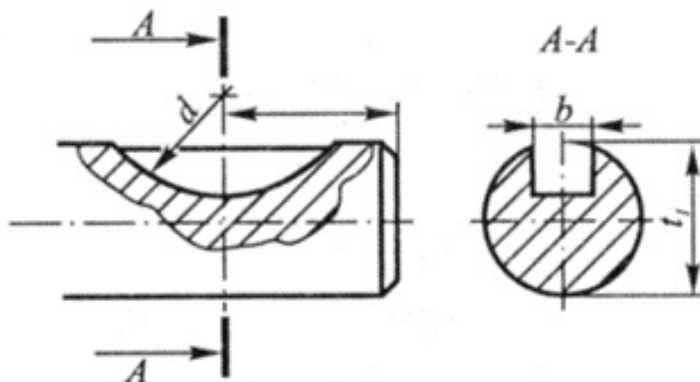


Рисунок 10.12

Загальні креслення найбільш використовуваних шпонок представлені на рис. 10.13

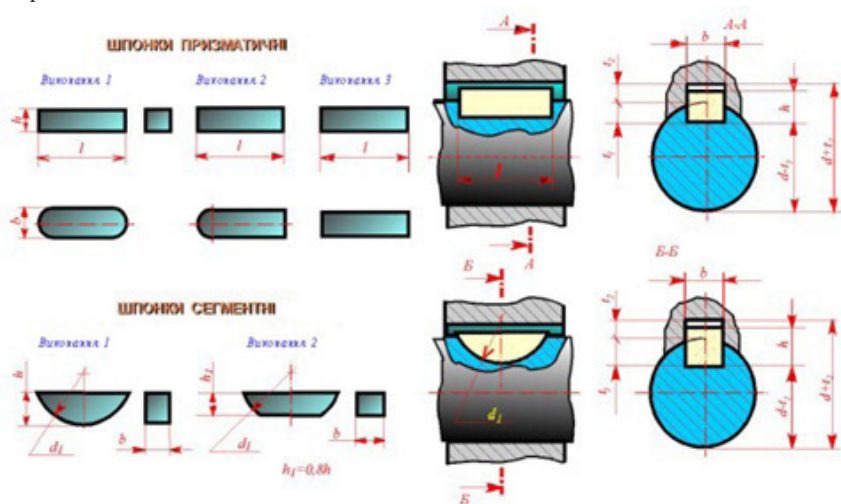


Рисунок 10.13

10.5 Шліцьові з'єднання

Шліцьове з'єднання – це багатошпонкове з'єднання, у якому «шпонки» (шліці) виконані заодно із валом і розміщені паралельно його осі. Розрізняють шліцьові з'єднання з прямобічною, евольвентною і трикутною формою профілю зубців. На рис. 10.14 зображено шліцьове з'єднання з прямобічним та евольвентним профілями шліців.



Рисунок 10.14

10.5.1 З'єднання з прямобічним профілем шліців

Ці з'єднання (ДСТУ 1139-80) найпоширеніші у промисловості.

Профіль зубців будують так, що ширина зуба b дорівнює ширині западини або по колу внутрішнього діаметра – d , або по колу зовнішнього діаметра – D (рис. 10.15).

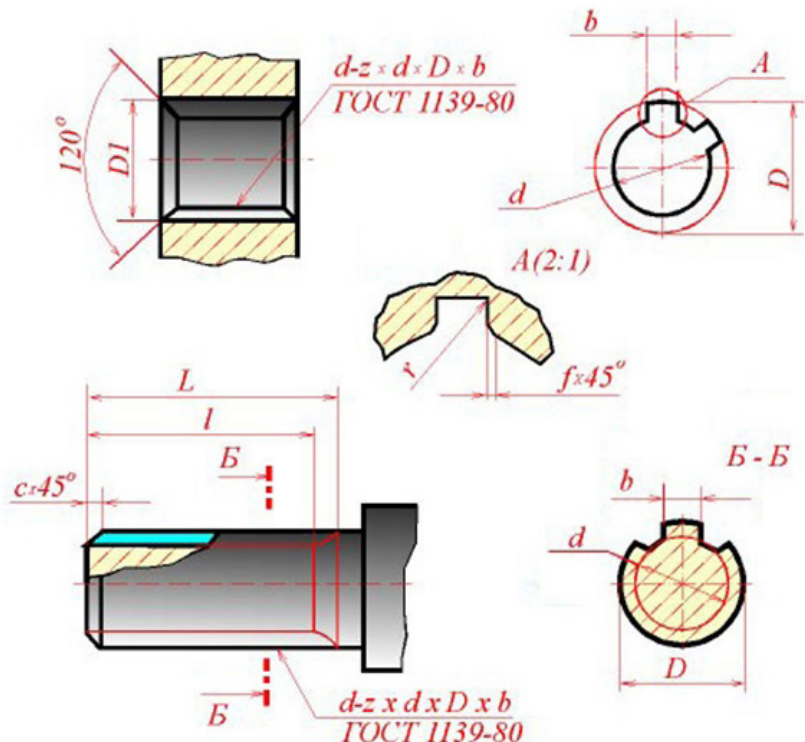


Рисунок 10.15

За ДСТУ 1139-80 профіль зубців будують по колу внутрішнього діаметра – d . Отже, щоб побудувати вал, наприклад з чотирма шліцами, потрібно довжину кола діаметра d – поділити на вісім рівних частин і провести через точки поділу бічні сторони кожного зуба (шліца) паралельно осі симетрії зуба до перетину з колом діаметра – D .

Кількість зубців у шліцьовому з'єднанні може дорівнювати: **4, 6, 8, 10, 16, 20**. Найбільш розповсюдженими є з'єднання з 6 і 10 шліцами. Шліцьові вали виготовляють обробкою спеціальними фрезами, а отвори з шліцами – за допомогою спеціального інструмента – протяжки.

ДСТУ передбачає три основних серії з'єднань: легку, середню і важку, які розрізняються висотою і кількістю зубців. Співвісність деталей (вала з колесом), з'єднаних за допомогою шліців прямобічного профілю досягають одним із трьох способів центрування деталей:

- а) по зовнішньому діаметру – D ;
- б) по внутрішньому діаметру – d ;
- в) по бічних сторонах – зубців.

При всіх способах центрування шліци в отворі мають однаковий профіль, зображений на рис. 10.16.

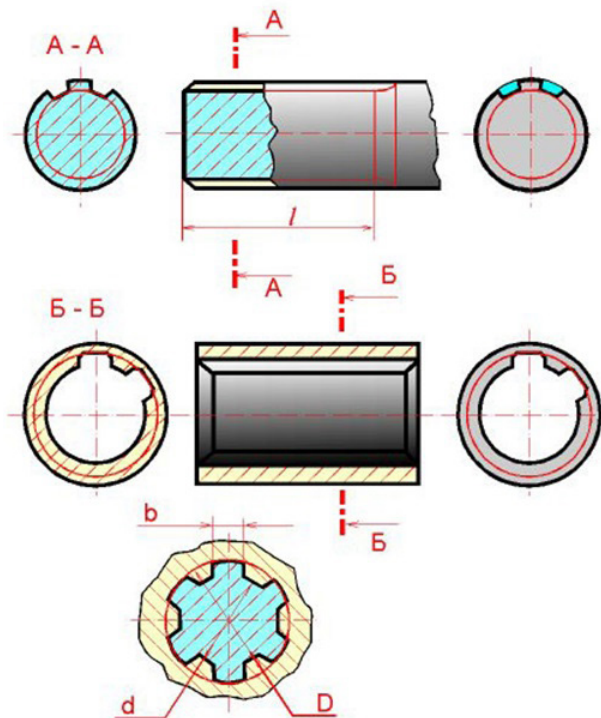


Рисунок 10.16

Профіль шліців на валу залежить від способу центрування.

На рисунках і в технічних документах шліцьові з'єднання позначають умовно (рис. 10.14). В умовному позначенні зазначають: буквенний знак поверхні центрування d , D , b , кількість зубців z і розміри діаметрів d і D , позначення полів допусків (посадок по центруючому діаметру і бічних сторонах зубців b).

Наприклад, ***d6X28X34*** – центрування по внутрішньому діаметру d , 6 – кількість зубців, 28 – внутрішній (малий) діаметр d виступів в отворі і западин на валу, 34 – зовнішній (великий) діаметр D западин в отворі. Аналогічно: ***D8X36X42***; ***b8X52X60***.

У наведених прикладах умовні позначення подано без зазначення посадок. Основні правила побудови умовних зображень шліцьових з'єднань прийнято за ДСТУ 1139-80.

На рис. 10.16 зображено умовно шліцьовий вал і втулка із шліцями.

Для валів твірні і кола поверхонь виступів зубців зображають суцільними основними лініями, а твірні і кола поверхонь западин зубців – суцільними

тонкими лініями. Тонкими лініями зображають лінію збігу шліців, межу між шліцами і рештою поверхні деталі, а також межу між шліцами повного профілю і збігом.

На поздовжніх розрізах зубці не заштриховують і твірні поверхні западин зображають суцільними основними лініями. На проекціях, перпендикулярних до осі вала, показують профіль одного-двох зубців спрощено (без фасок, проточок і т. і.). На зображенні зазначають робочу довжину l , тобто довжину шліца повного профілю без збігу. Можна також наносити повну довжину шліца, довжину збігу і радіус заокруглення.

Коли потрібно, зазначають зовнішній і внутрішній діаметри, ширину зуба і кількість зубців.

10.5.2 З'єднання з евольвентним профілем шліців

Шліци евольвентного профілю застосовуються у з'єднаннях, де потрібна підвищена точність центрування.

За стандартом евольвентні зачеплення прийнято з числом зубців від 11 до 50 і з рядом модулів: 1; 1,5; 2; 2,5; 5; 7; 10 мм. Центрування здійснюється по розміру зубців (рис. 10.17), (рис. 10.18) або по зовнішньому діаметру шліців D .

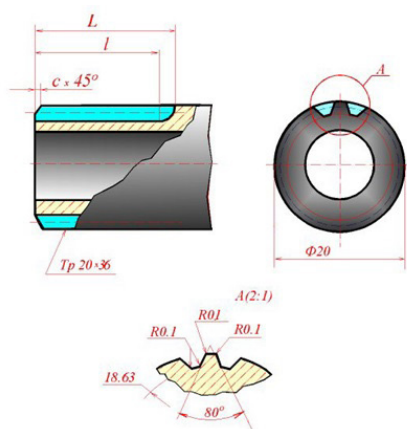


Рисунок 10.17

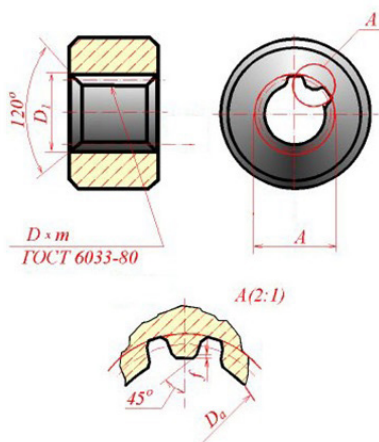


Рисунок 10.18

Розповсюдженим є центрування по розміру зубців. Дно западин зубців може бути плоским або заокругленим. Розрахункові формули для шліців евольвентного профілю наведено у ДСТУ 6033-80.

Умовні позначення шліцевих з'єднань з евольвентним профілем містять назву профілю – букви **Tr**, розмір діаметра D , величину модуля m , кількість зубців z і позначення способу центрування.

Наприклад, **Tr50X2,5X18S** означає: вал евольвентного зубчастого з'єднання із зовнішнім діаметром $D=50$ мм, модулем $m=2,5$ мм, кількістю зубців $z=18$, центруванням по ширині зубця S.

На (рис. 10.14) наведено умовне зображення евольвентного шліцевого з'єднання.

10.6 Трубні з'єднання

З'єднання водопровідних і газопровідних труб здійснюють за допомогою з'єднувальних різьбових виробів – фітингів (рис. 10.19).

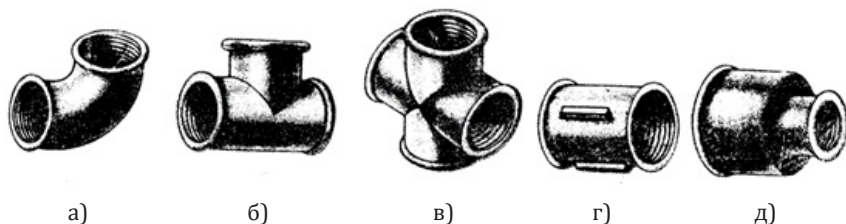


Рисунок 10.19

Трубопровід складається з труб і фітингів. Для з'єднання труб в системах опалення, водопроводу та газопроводу зі стандартною робочою температурою використовують фітинги з ковкого чавуну з цинковим покриттям або без покриття. В якості трубопроводу застосовують сталеві труби за ДСТУ 3262-75, на обох кінцях яких нарізана трубна циліндрична різьба з основним параметром – діаметром умовного проходу D_u .

На рис. 10.20 послідовно подано наочне зображення та креслення з'єднання труби і муфти з умовним проходом $D_u = 25$ мм, якому за стандартами відповідає трубна циліндрична різьба $G1$ ».

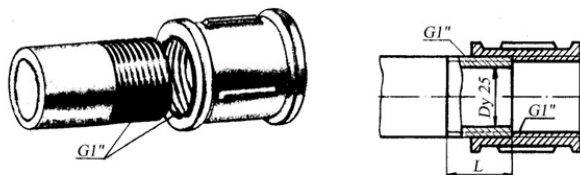


Рисунок 10.20

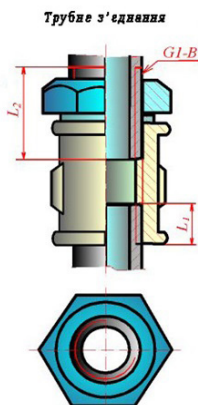


Рисунок 10.21

У з'єднання труб входять труби, фітинги і контргайки.

Спочатку за значенням D_u вибирають параметри труб та фітингів. Креслення трубного з'єднання виконується без спрощень, тобто викреслюють всі елементи: бортики, ребра, фаски, тощо (рис. 10.21).

В поздовжніх розрізах трубних з'єднань в отворі показують тільки ту частину різьби, яка не закрита різьбою стержня (рис. 10.22). З'єднання в трубопроводі повинні бути герметичними, щоб виключити можливість просочування рідини або газу, які поступають по трубах. Для ефективної роботи трубопроводу різьбу в з'єднаннях ущільнюють прядивом, яке заздалегідь просочують суриком, потім фітинг спеціальним ключем нагвинчується на трубу.

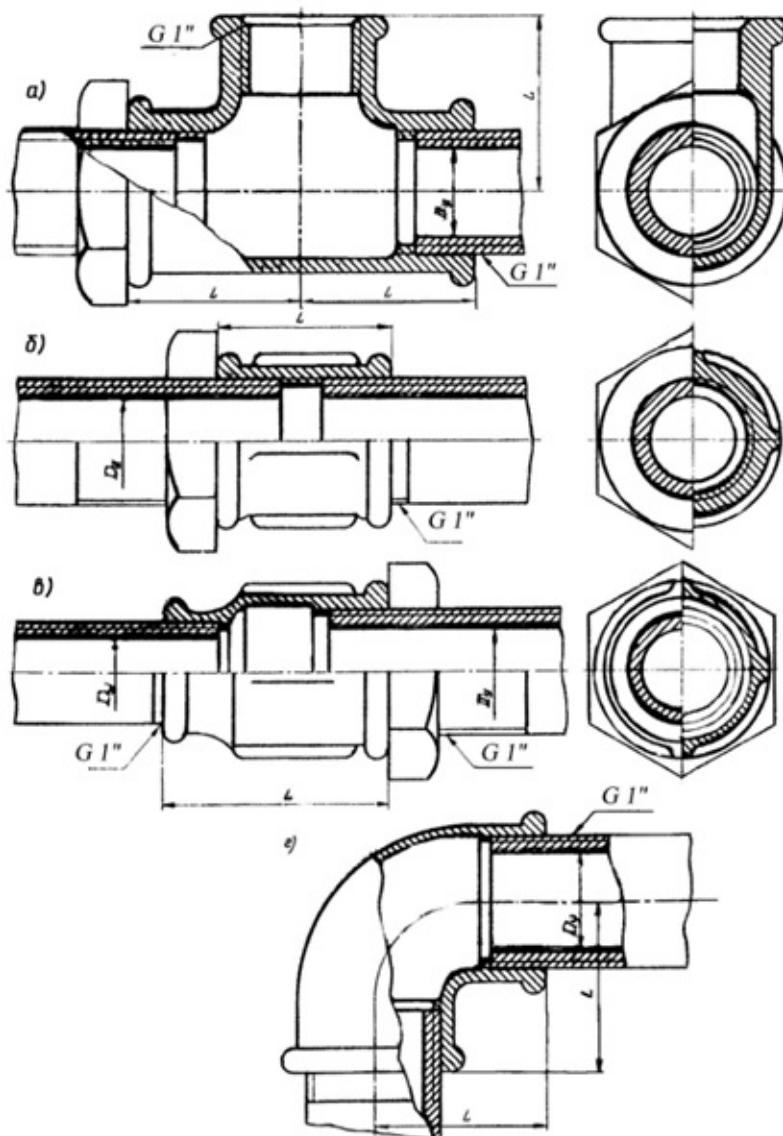


Рисунок 10.22

На рис. 10.22 показано зображення видів трубних з'єднань:
 а) дві труби, трійник, контргайка;
 б) дві труби, пряма муфта, контргайка;
 в) дві труби, перехідна муфта, контргайка;
 г) дві труби, кутник.

Зображення виконані з фронтальним і профільним розрізами.

Деталі, за допомогою яких з'єднуються труби, називаються **фітингами** (рис. 10.19).

- а – кутник;
- б – трійник;
- в – хрестовина;
- г – муфта пряма;
- д – муфта перехідна.

Фітинги виготовляються із сталі або ковкого чавуну. Труби виготовляють звичайної і більш високої точності. За довжиною труби поставляють від 4 до 12 м з допуском по 5 мм.

Труби виготовляють з зовнішнім діаметром від 25 до 820 мм.

На рис. 10.23 дано зображення труби і позначення параметрів для побудови.

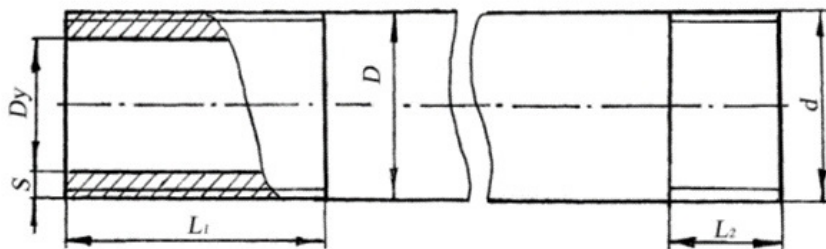


Рисунок 10.23

Параметри прямої муфти вибирають відповідно до її конструкції (рис. 10.24).

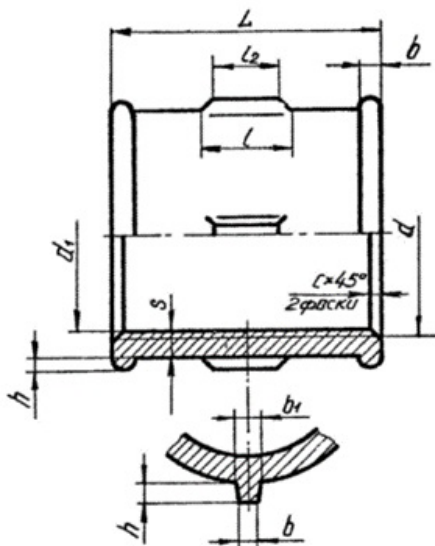


Рисунок 10.24

На рис. 10.25 показані конструктивні форми з'єднуючих труби деталей (кутника, трійника).

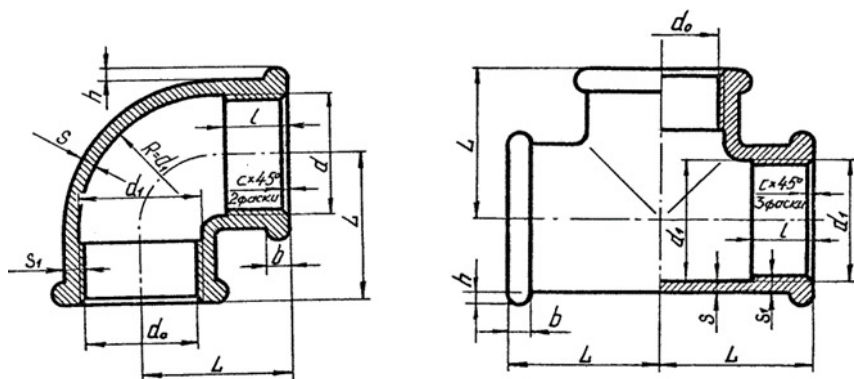


Рисунок 10.25

На рис. 10.26 зображена перехідна муфта. На кінці однієї труби нарізають більш довгу різьбу з розрахунком, щоб на неї можна було нагвинтити контргайку, муфту і щоб залишився запас різьби 2 – 3 витка. Різьба труби виступає за торець з'єднувальної деталі на 8 – 9мм.

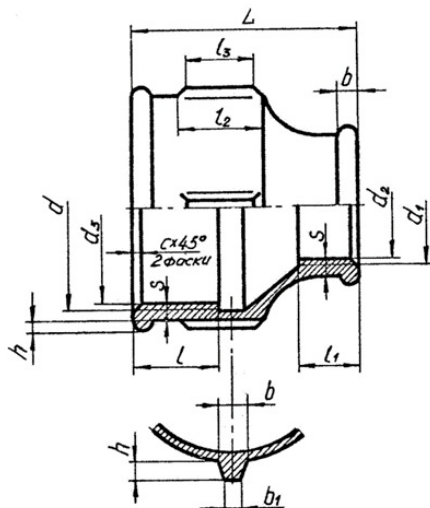


Рисунок 10.26

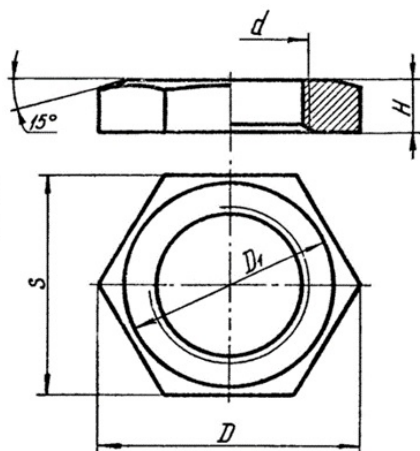
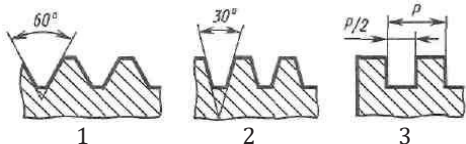


Рисунок 10.27

Параметри контргайки вибирають відповідно (рис. 10.27).

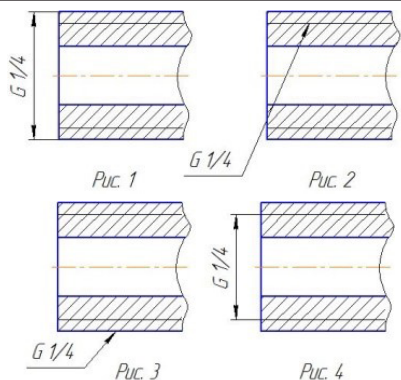
ПРАКТИКА

1. Яке зображення відповідає профілю не стандартної різьби?



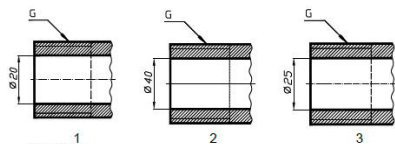
- | | |
|----|---------|
| 1) | 1, 2, 3 |
| 2) | 2 |
| 3) | 1 |
| 4) | 3 |
| 5) | 2, 3 |

2. Укажіть правильне позначення трубної різьби?



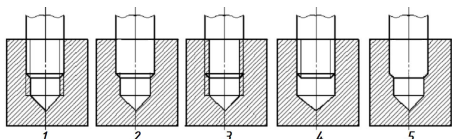
- | | |
|----|------------|
| 1) | рис.1 та 4 |
| 2) | рис.3 |
| 3) | рис.4 |
| 4) | рис.2 |
| 5) | рис.1 |

3. Яка різьба зображена на кресленку рис.1?



- | | |
|----|--------------------|
| 1) | трубна циліндрична |
| 2) | трубна конічна |
| 3) | метрична |
| 4) | трапеційдальна |
| 5) | метрична конічна |

4. Вкажіть зображення різьбового з'єднання виконане відповідно до вимог стандарту?



- | | |
|----|---|
| 1) | 1 |
| 2) | 2 |
| 3) | 3 |
| 4) | 4 |
| 5) | 5 |



5. Вкажіть зображення внутрішньої різби виконане відповідно до вимог стандарту.

	1)	1
	2)	2
	3)	3
	4)	4
	5)	5

Питання для самоконтролю до десятого розділу:

1. Які деталі містить болтове з'єднання?
2. Які два випадки болтового з'єднання Ви знаєте?
3. Які конструктивні параметри необхідні для побудови болтового з'єднання?
4. Які є спрощення при побудові болтового з'єднання?
5. Які деталі входять до з'єднання шпилькою?
6. Які спрощення допустимі при зображенні з'єднання шпилькою?
7. Як розраховується глибина гнізда для шпильки?
8. Як розраховують довжину кінця шпильки, який вгвинчується відносно різних матеріалів з'єднання?
9. Яким чином виконується з'єднання гвинтом?
10. Як розраховується довжина гвинта у з'єднанні?
11. Як поділяються шпонкові з'єднання?
12. Що називається призматичною шпонкою?
13. Що називають клинвою шпонкою?
14. Що називають сегментними шпонками?
15. Як за стандартами вибираються конструктивні розміри шпонок?
16. Що називають шліцевими з'єднаннями?
17. Які профілі шліців використовують у шліцевих з'єднаннях?
18. Як на креслениках позначаються шліцеві з'єднання з прямобічним профілем зубців?
19. Як на креслениках позначаються шліцеві з'єднання з евольвентним профілем зубців?
20. Що називається фітингами?
21. Які види фітингів Ви знаєте?
23. Чи використовують спрощення при викреслюванні трубних з'єднань?
24. Які конструктивні параметри лежать в основі проектування трубних з'єднань?

11 НЕРОЗ'ЄМНІ З'ЄДНАННЯ

До нероз'ємних з'єднань відносяться такі з'єднання деталей, які не можна роз'єднати без порушення деталей, що сполучаються. Це з'єднання: **зварюванням, паянням, склеюванням, клепаанням, зшиванням.**

З'єднання деталей шляхом зварювання широко поширені в сучасному машинобудуванні. **Зварювання** дозволяє створювати принципово нові конструкції машин і споруд, в основі яких лежить використання катаних, литих, кованих і штампованих заготовок. **Зварювання** – процес отримання нероз'ємного з'єднання за допомогою встановлення міжатомних зв'язків між зварюваними частинами при їх місцевому або загальному нагріванні, або пластичній деформації, або сумісній дії того і іншого.

Умовні зображення і позначення швів зварних з'єднань встановлює ДСТУ 2.312-72 ЄСКД. Зварний шов, незалежно від способу зварювання, зображають на кресленні з'єднання: **видимий** – суцільною основною лінією, **невидимий** – штриховою лінією.

Від зображення шва проводять лінію-винесення, що закінчується односторонньою стрілкою (рис. 11.1).

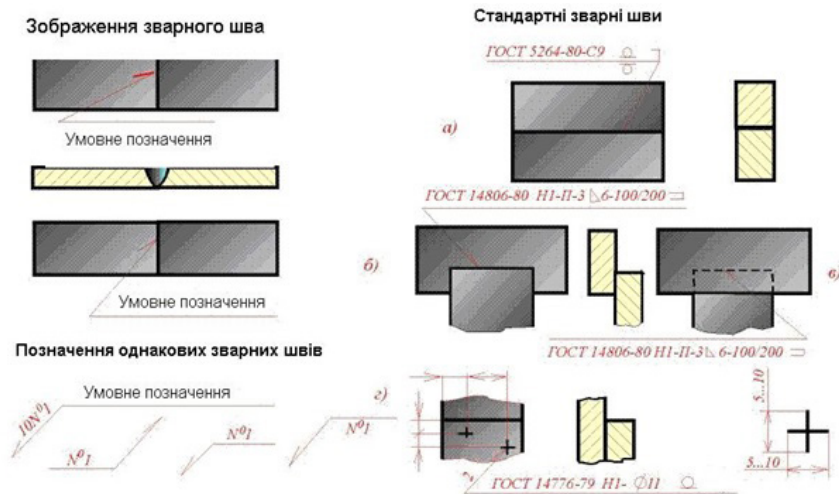


Рисунок 11.1

При точковому зварюванні видиму окрему зварну точку зображають знаком «+» (рис. 11.1). Невидимі окремі точки не зображають.

Залежно від розташування зварюваних деталей розрізняють наступні види зварних з'єднань:

1) **стиковий (С)**, при якому зварювані деталі з'єднуються своїми торцями (рис. 11.2);

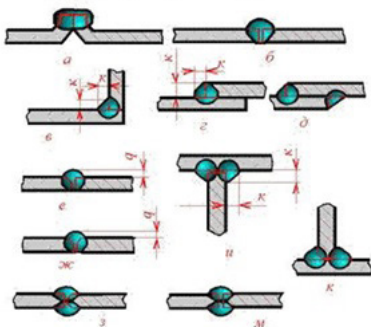
2) **кутовий (У)**, при якому зварювані деталі розташовуються під кутом, найчастіше – 90 градусів, і з'єднуються по кромках (рис. 11.2);



3) **тавровий (Т)**, при якому торець однієї деталі з'єднується з бічною поверхнею іншої деталі (рис. 11.2);

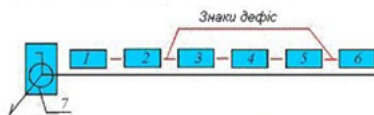
4) **накладений (Н)**, при якому бічні поверхні однієї деталі частково перекривають бічні поверхні іншої (рис. 11.2).

Види зварних з'єднань



- 1 Стовпкові (С) - а, б, в, г, ж, з, м
- 2 Кутові (У) - к
- 3 Таврові (Т) - л, м
- 4 Накладені (Н) - н, о

Структура позначення зварного шва



1. Позначення стандарту на типи та конструктивні елементи шва.
2. Позначення шва.
3. Умовне позначення способу зварювання по стандарту.
4. Знак і розмір катета.
5. Для переривистого шва розмір довжини провареної ділянки.
6. Допоміжні знаки:

- шов по незамкнутій лінії,
 - наплыви і нерівності шва обробити з плавним переходом до металу,
 - - підсилення шва зняти.
7. Допоміжний знак - по замкнутому контуру ○

Рисунок 11.2

Кромки деталей, що сполучаються зварюванням, можуть бути по різному підготовлені під зварювання залежно від вимог, що ставляться до з'єднання. Підготовка може бути виконана: з відбортунням кромки, без скошу кромки, зі скосом однієї кромки, з двома скосами однієї кромки, зі скосами двох кромки. Скоси бувають симетричні і асиметричні, прямолінійні і криволінійні.

Залежно від форми шва, скошу кромки, величини посилення і катета стандартні зварні шви мають наступні умовні позначення: **С1, С2, С3...**, **У1, У2, У3...**, **Т1, Т2, Т3...**, **Н1, Н2, Н3...**.

По характеру розташування шви діляться на **односторонні** і **двосторонні**.

Шви можуть бути суцільні і переривисті. Переривисті шви характеризуються довжиною проварюваних ділянок і кроком t . На зображенні зварного шва розрізняють лицьову і зворотну сторони. За лицьову сторону одностороннього шва приймають ту сторону, з якою проводиться зварювання. Лицьовою стороною двостороннього шва з несиметричною підготовкою (скосом) кромки буде та сторона, з якою проводять зварювання основного шва. Якщо ж підготовка кромки симетрична, то за лицьову сторону приймають будь-яку.

Стандарти, що регламентують основні типи, конструктивні елементи і умовні позначення зварних з'єднань, приведені в таблиці (рис. 11.3).

На кресленнях зварного з'єднання кожен шов має певне умовне позначення, яке наносять над або під полицю лінії-винесення, що проводиться від зображення шва. Умовне зображення лицьових швів наносять над полицю лінії-винесення. Умовне позначення зворотних швів – під полицю лінії-



винесення (рис. 11.1). Позначення швів по ДСТУ 2.312-72 має структуру (рис. 11.2). Приклади умовного позначення стандартних зварних швів приведені на (рис. 11.1):

а) шов стикового з'єднання (буква С) з криволінійним скосом однієї кромки, двостороннім (цифра 9), виконуваний ручною дуговою зваркою при монтажі виробу. Зусилля зняте з обох боків.

б) шов з'єднання з накладанням без скосу кромки односторонній (Н1), виконуваний дуговим напіваавтоматичним зварюванням плавким електродом. Шов по незамкнутій лінії. Катет шва 6 мм. Довжина проварюваної ділянки 100 мм. Крок 200 мм.

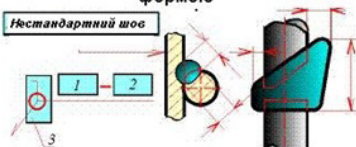
в) див. «пункт б», але шов з оборотного боку.

г) окремі зварні точки накладеного з'єднання, виконуваний дуговим

Стандарти зварних з'єднань

ГОСТ	Назва
5264-80	Ручне дугове зварювання. Зварні з'єднання.
8713-79	Зварювання під флюсом. Зварні з'єднання.
11533-75	Автоматичне та напіваавтоматичне дугове зварювання під флюсом.
11534-75	Ручне дугове зварювання. З'єднання під гострими та тупими кутами.
13518-79	Дугове зварювання із захисними газами.
14771-76	Дугове зварювання із захисними газами.
14806-80	Дугове зварювання алюмінієвих сплавів.
15164-78	Електрошлакове зварювання.
15878-79	Контактне зварювання.
16310-80	Зварні з'єднання із поліетилену.
23792-79	З'єднання контактні електричні.

Умовні позначення швів із нестандартною формою



1. Для перерізного шва - довжина провареної ділянки.

Для окремої точки зварювання - діаметр точки.

Для шва контактного роликового зварювання - розмір ширини шва.

Для перерізного шва розмір розрахункової ширини шва.

Рисунок 11.3

зварюванням під флюсом. Точки діаметром 11 мм. Посилення має бути зняте. Параметр шорсткості оброблюваної поверхні Ra = 12,5 мкм.

Шов, розміри конструктивних елементів якого стандартами не встановлені (нестандартний шов), зображають із вказівкою розмірів конструктивних елементів, необхідних для виконання шва по даному кресленню (рис. 11.3). На рисунку наведено умовне позначення швів з нестандартною формою і розмірами. Якщо в зварному з'єднанні є шви однакової за типом і поперечним перерізом, до них поставлені одні і ті ж технічні вимоги, то їх умовне позначення наносять тільки біля одного шва. На похилій частині лінії-винесення цього шва вказують число швів і номер, привласнений цій групі швів. Від решти однакових швів проводять тільки лінії-винесення з полицями для вказування номера шва (рис. 11.1) або без полиць, якщо всі шви однакової. На кресленні симетричного виробу, за наявності на зображенні осі симетрії, допускається відзначати лініями-винесення і позначати шви тільки на одній із симетричних частин зображення виробу.



Пайка – процес з'єднання матеріалів, що знаходяться в твердому стані, за допомогою розплавленого металу, що має нижчу температуру плавлення, чим матеріали, що сполучаються.

Склеювання – процес з'єднання різних матеріалів різними видами клею залежно від склеюваних матеріалів.

Найчастіше склеювання використовується для з'єднання різнорідних матеріалів: металу і прес-матеріалів, металу і дерева, прес-матеріалу та скла і т. і. Умовні зображення і позначення з'єднань пайкою і склеюванням виконуються відповідно до ДСТУ 2.313-82.

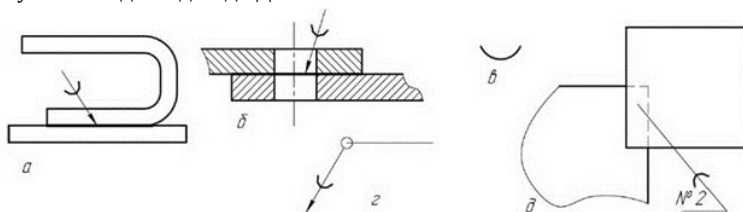


Рисунок 11.4

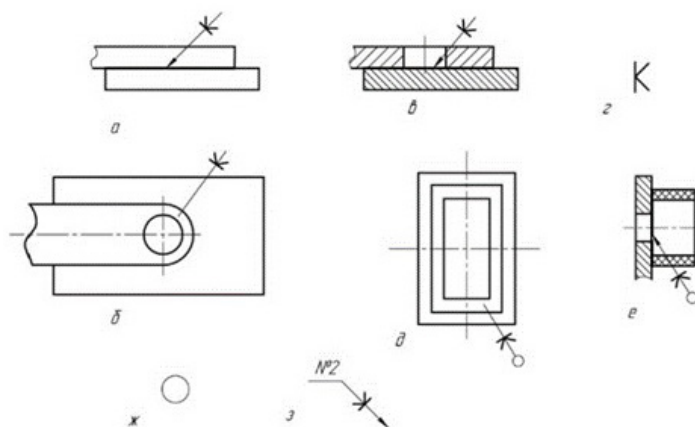


Рисунок 11.5

1. У з'єднаннях, що отримуються пайкою і склеюванням, місце з'єднання елементів слід зображати суцільною лінією завтовшки 2S (рис. 11.4), (рис. 11.5).

2. Для позначення паяного і склеєного з'єднання слід застосовувати умовний знак, який наносять на виносній лінії суцільною основною лінією (рис. 11.4), (рис. 11.5).

3. Шви, що виконуються по замкнутій лінії, слід позначати колом діаметром від 3 до 5 мм, виконуваною тонкою лінією (рис. 11.4).

4. На зображенні паяного з'єднання при необхідності слід вказувати розміри шва і позначення шорсткості поверхні.

5. Позначення припою або склеювання (клеюкої речовини) за відповідним стандартом або технічними умовами слід приводити в технічних вимогах креслення.

Заклепувальні з'єднання.

Заклепувальним з'єднанням є нероз'ємне з'єднання деталей, отримане за допомогою заклепок або цапф. Цапфа – виступ на деталі, який використовується як заклепка. Заклепка є циліндричним стрижнем, забезпеченим на одному кінці головкою (рис. 11.6).

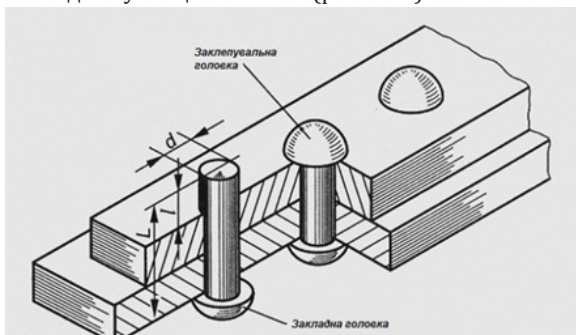


Рисунок 11.6

Найбільше розповсюдження мають заклепки з напівкруглою (ДСТУ 10299-80), потайною (ДСТУ 10300-80) і напівпотайною (ДСТУ 10301-80) головками. Розміри отворів під головку заклепки вибираються по ДСТУ 12876-67. Для слабо навантажених з'єднань застосовують трубчасті заклепки (так звані пістони) для з'єднання як металевих, так і інших матеріалів: пластмас, шкіри та ін. Такі заклепки найчастіше виготовляють із сплавів кольорових металів. В умовних позначеннях заклепок вказують слово «Заклепка», діаметр і довжину стержня (мм), номер стандарту, який визначає форму і розміри заклепки. Наприклад: Заклепка 10х25 ДСТУ 1099-80. Заклепка із напівкруглою головкою: діаметр стержня =10мм, довжина =25мм; з матеріалу групи 00; без покриття.

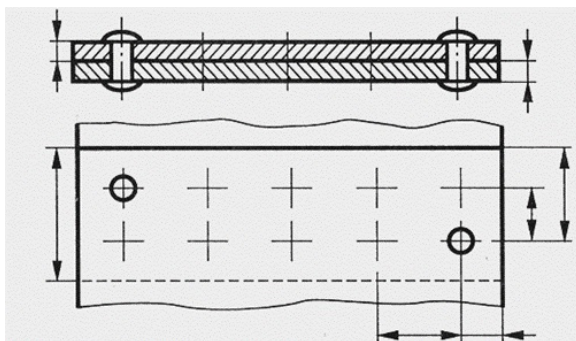


Рисунок 11.7

При зображенні заклепувального шва на кресленні приводять всі конструктивні елементи і розміри шва заклепувального з'єднання. Розміщення заклепок на кресленні вказують умовним знаком «+», викресленим суцільними тонкими лініями. Заклепки на розрізі показують не розітнутими, якщо січна площина проходить вздовж їх осі. Приклади умовного зображення з'єднань заклепками по ДСТУ 2.313-82 показані на (рис. 11.7).

Питання для самоконтролю до одинадцятого розділу:

1. Які види нероз'ємних з'єднань Ви знаєте?
2. Що називається зварним з'єднанням?
3. Які види зварних з'єднань Ви знаєте?
4. Як позначаються зварні шви?
5. Наведіть приклади умовного позначення зварних швів.
6. Що називається пайкою?
7. Що таке з'єднання склеюванням?
8. Що таке заклепувальне з'єднання?



12 ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ

Шорсткості поверхонь визначають шістьма параметрами, встановленими ДСТУ 2.409-94 «Шорсткість поверхні». Проте класифікують шорсткості поверхонь по числових значеннях тільки двох параметрів **Ra** і **Rz**, залежних від виду обробки і які показують мікро геометричне відхилення реальної поверхні від ідеальної (рис. 12.1).

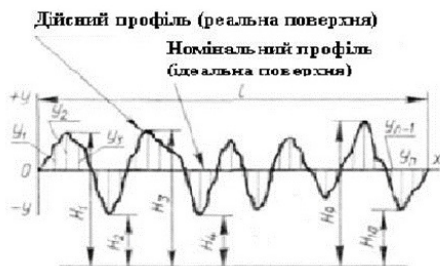


Рисунок 12.1

Параметр **Ra** визначає середнє арифметичне відхилення профілю від середньої лінії в межах базової довжини, а **Rz** – середнє значення висоти нерівностей профілю по десяти точках. **На креслярських документах рекомендується використовувати параметр Ra.**

Переважно використовують такі значення параметра **Ra**: **100, 50, 25, 12.5, 6.3, 3.2, 1.6, 0.8, 0.4 мкм.**

Для умовного позначення шорсткості поверхні ДСТУ 2.309-73 встановлює спеціальні знаки. Першим знаком (рис. 12.2а) позначають шорсткість поверхонь, **вид обробки яких конструктор не встановлює.**

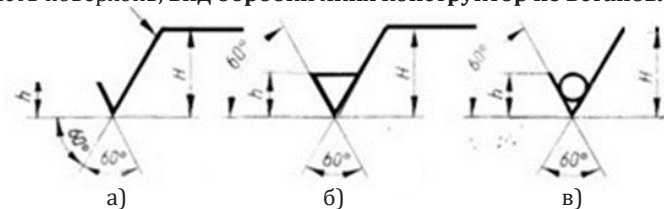


Рисунок 12.2

Другим знаком (рис. 12.2б) – шорсткості, що одержують **видаленням шару матеріалу** (струганням, фрезеруванням, точінням, свердлінням, шліфуванням, поліруванням і т. і.).

Третім (рис. 12.2в) – шорсткість поверхонь, які одержують литвом, куванням, штампуванням і іншими способами **без зняття шару матеріалу**, а також поверхні, що не обробляються по даному кресленню. Поверхні, що не обробляються по даному кресленню (що зберігаються в стані постачання), позначають без вказівки числової величини шорсткості.

Висота **h** знаків повинна бути приблизно рівна висоті цифр розмірних чисел на кресленні, а висота **H** рівна $1.5h \dots 3h$. Товщина ліній знаків повинна складати половину товщини суцільної основної лінії креслення. Якщо знак



наносять в правому верхньому кутку креслення, то розміри і товщину його беруть в 1,5 рази більшою, ніж у всієї решти знаків на кресленні.

Згідно ДСТУ 2.309-73 позначення шорсткості поверхонь розташовують на лініях контуру, виносних лініях, на полицях ліній-винесень, а іноді і на розмірних лініях. На лінії невидимого контуру допускається наносити позначення шорсткості тільки в тих випадках, коли від неї нанесений розмір. Числові значення параметрів шорсткості і їх індекси при будь-якому розташуванні знаків наносять за правилами розташування розмірних чисел. Позначення шорсткості поверхонь елементів, що повторюються, вироби (отворів, пазів, зубів і т. і.), кількість яких вказана на кресленні, а також позначення шорсткості однієї і тієї ж поверхні наносять один раз незалежно від числа зображень.

Можливі три випадки нанесення позначень шорсткості поверхонь на кресленнях:

1. *Всі поверхні виробу повинні мати однакову шорсткість.* В цьому випадку її позначення вказують в правому верхньому куті креслення на відстані 5...10 мм від рамки, а на зображеннях не наносять (рис. 12.3).

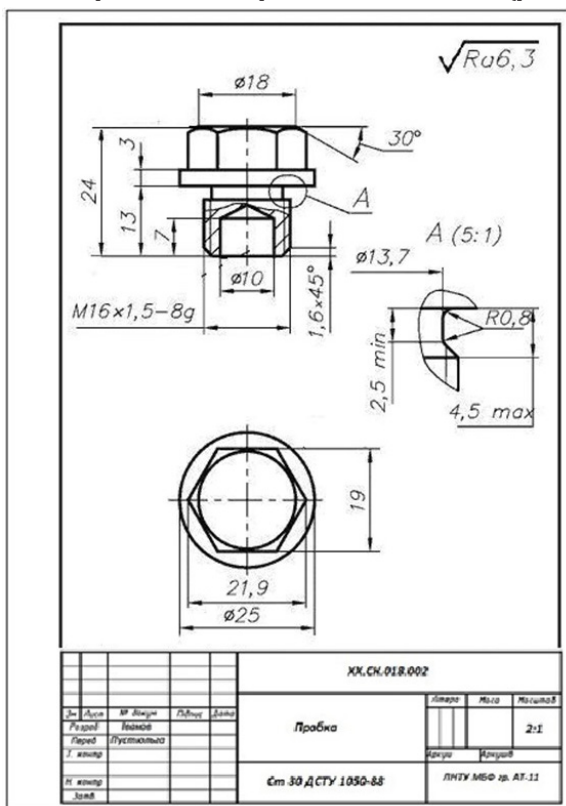


Рисунок 12.3

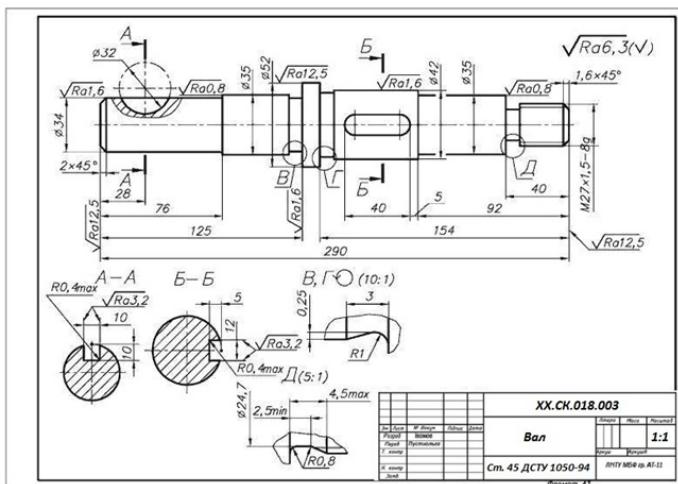


Рисунок 12.4

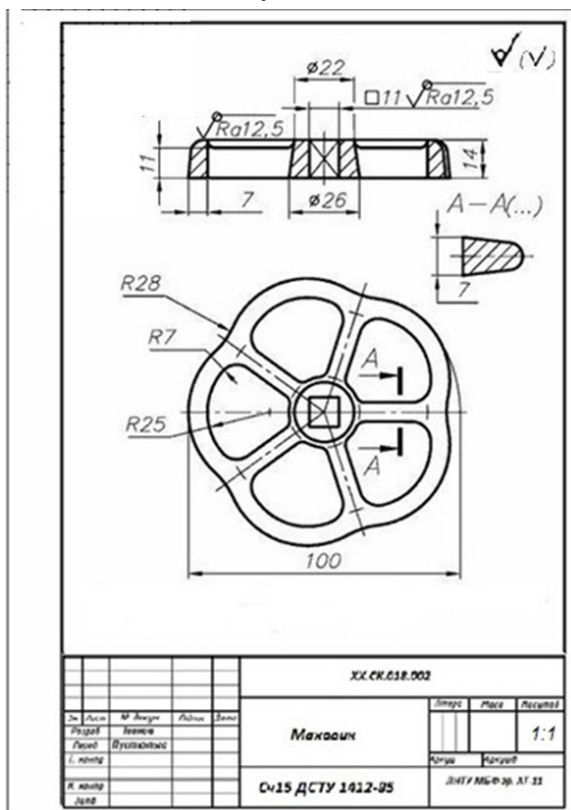


Рисунок 12.5



2. Тільки частина поверхонь повинна мати однакову шорсткість (рис. 12.4). Її позначення розміщують в правому верхньому кутку, доповнюючи в дужках знаком, показаним на рисунку. Знак в дужках замінює слово «інше». Такий запис означає, що всі поверхні, на зображенні яких не нанесені позначення шорсткості або знак, показаний на рисунку 12.4, повинні мати шорсткість, вказану під знаком. Розміри знаку перед дужкою збільшені, а в дужках – однакові з розмірами знаків, нанесених на зображеннях.

3. Частина поверхонь не обробляється по даному кресленню. У правому верхньому кутку креслення перед дужкою поміщують знак, показаний на рисунку (рис. 12.5).

У виробничих умовах при виготовленні деталей і в учбовій практиці при виконанні робочих креслень і ескізів з природи шорсткість поверхні визначають, порівнюючи її з еталонами-зразками, що мають шорсткості певних параметрів.

За відсутності еталонів клас шорсткості встановлюють з достатньою для учбових цілей точністю по спеціальних таблицях. У цих таблицях (рис. 12.6) даний зв'язок параметрів шорсткості із зовнішнім виглядом поверхні, способом її обробки і т. і.

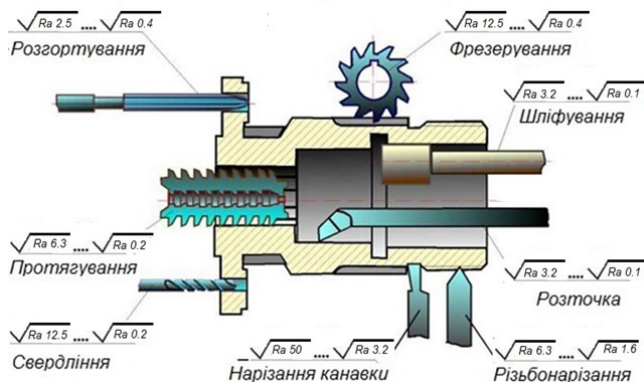


Рисунок 12.6

Якщо ескіз або креслення деталі виконують у процесі деталювання складального креслення або розробляють креслення для нового виробу, шорсткість поверхонь задають, виходячи з їх призначення, передбачуваних умов роботи і способу обробки.

Питання для самоконтролю до дванадцятого розділу:

1. Що означають позначки Ra і Rz?
2. Як на кресленні позначають шорсткість поверхні деталі?
3. Назвіть три випадки нанесення позначень шорсткості поверхонь на кресленнях.
4. Наведіть приклади позначення шорсткості профілю різьби.

13 МАТЕРІАЛИ В МАШИНОБУДУВАННІ

На кресленні деталі позначають не тільки матеріал, але і його властивості після термічної або інших видів обробки, яким вона піддається, а також вказують покриття, що забезпечують довговічність деталі. Крім того, на кресленнях поміщають дані про маркування виробу, тобто про нанесення на нього певних знаків, що характеризують виріб і засвідчують його якість. Матеріалам, з яких виготовляють деталі машин, верстатів, приладів, привласнені буквено-цифрові позначення, що вказуються в основному написі кресленника. Позначення матеріалу (рис. 13.1) містить якісну характеристику матеріалу.

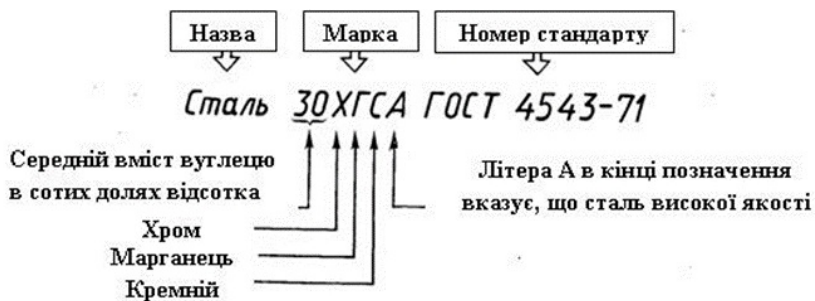


Рисунок 13.1

Розглянемо марки чорних і кольорових металів, які найчастіше використовуються.

Сірий чавун (ДСТУ 1412-85) має марки: СЧ10, СЧ15, СЧ20, СЧ25 і ін. Двозначне число вказує межу міцності на розтягування МПа $\times 10^{-1}$. Приклад умовного позначення: **СЧ15 ДСТУ 1412-85**. (рис. 13.2).

Ковкий чавун (ДСТУ 1215-79) має марки: КЧ30-6, КЧ33-8, КЧ35-10, КЧ37-12 і ін. Перше двозначне число вказує тимчасовий опір розриву в МПа $\times 10^{-1}$, а друге – відносно подовження у відсотках. Приклад умовного позначення: **КЧ35-10 ДСТУ 1215-79**.

Сталь вуглецева звичайної якості (ДСТУ 2651-94), що розрізняють по механічних властивостях, має марки: Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6. Цифра вказує номер сталі. Приклад умовного позначення: **Ст4 ДСТУ 2651-94**.

Сталь вуглецева конструкційна якісна (ДСТУ 1050-88) виготовляють наступних марок: 10, 20, 20Г, 25, 25Г, 30, 40, 40Г і ін. Двозначні цифри позначають середній вміст вуглецю в сотих долях відсотка, а буква Г – підвищений вміст марганцю. Приклад умовного позначення: **Сталь 30 ДСТУ 1050-88**

Сталь вуглецева конструкційна якісна (ДСТУ 1050-88) виготовляють наступних марок: 10, 20, 20Г, 25, 25Г, 30, 40, 40Г і ін. Двозначні цифри позначають середній вміст вуглецю в сотих долях відсотка, а буква Г – підвищений вміст марганцю. Приклад умовного позначення: **Сталь 30 ДСТУ 1050-88**



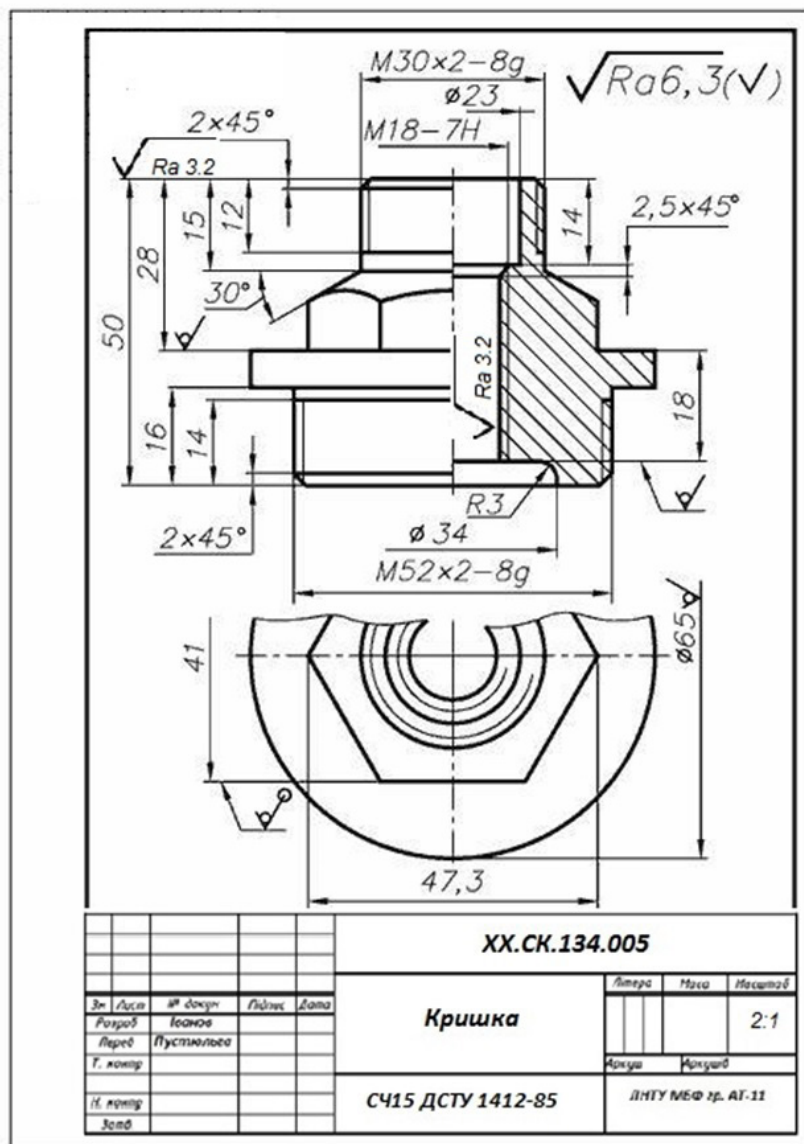


Рисунок 13.2

Сталь інструментальна вуглецева по ДСТУ 1435-74 (СТ СЭВ 2883-81) виготовляють наступних марок: У7, У8, У8Г, У8А, У8ГА, У9 і ін. Буква У позначає вуглецеву сталь, цифра - середній вміст вуглецю в десятих долях відсотка, буква Г - підвищений вміст марганцю і буква А - високоякісну сталь. Приклад умовного позначення: **Сталь У8ГА ДСТУ 1435-74.**

З кольорових металів і сплавів найбільш поширені мідні сплави (бронза і латунь) і алюмінієві сплави (силуміни і дюралюміній).

Бронзи олов'яні ливарні позначаються відповідно до ДСТУ 613-79. Приклади умовних позначень бронзи: **Бр. ОСЦ 5-5-5 ДСТУ 613-79; Бр. АЖ 9-4 ДСТУ 18175-78.**

Латуні ливарні позначаються згідно ДСТУ 17711-80. Приклад умовного позначення латуні: **ЛЦ40С ДСТУ 17711-80.**

Сплави алюмінієві ливарні позначаються відповідно до ДСТУ 1583-89. Приклади умовних позначень алюмінієвих сплавів: **АК8(АЛ34) ДСТУ 1583-89.**

Питання для самоконтролю до тринадцятого розділу:

1. Як позначають на кресленнях сірий чавун?
2. За якими параметрами розрізняють вуглецеві сталі?
3. Якими літерами на кресленнях позначають алюмінієві сплави?
4. Наведіть приклад умовного позначення латуні.

14 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЧИТАННЯ, ВИКОНАННЯ ТА ДЕТАЛЮВАННЯ СКЛАДАЛЬНИХ КРЕСЛЕНИКІВ

Складальним кресленням називається технічний документ, що містить зображення складальної одиниці (виробу або його частини) та інші дані, необхідні для її складання (виготовлення) і контролю.

При необхідності на складальному кресленні наводять дані про роботу виробу і про взаємодію його частин.

Складальне креслення повинне містити:

- зображення складальної одиниці, що дає уяву про розташування та взаємний зв'язок складових частин, що з'єднуються за даним кресленням, і що забезпечує можливість складання та контролю складальної одиниці. Допускається на складальних кресленнях розмішувати додаткові схематичні зображення з'єднань і розташування складових частин виробів;

- розміри та інші параметри і вимоги, які повинні бути виконані або проконтрольовані по даному складальному кресленню. Допускається вказувати довідкові розміри деталей, що визначають характер з'єднань; номери позицій складових частин, що входять у виріб; габаритні, приєднувальні та інші необхідні довідкові розміри.



Рисунок 14.1

Для виконання складального креслення необхідно:

- оглянути та проаналізувати або натурний зразок складальної одиниці (рис. 14.1), або заздалегідь створену у спеціалізованих графічних програмах тривимірну модель виробу (рис. 14.2) для чіткого розуміння призначення та особливостей функціонування всіх складових вузла, який розглядається;

- кілька разів розібрати і зібрати складальну одиницю для вивчення послідовності з'єднання деталей, а якщо потрібно, то скласти схему збирання;

- вивчити кожну деталь окремо, визначивши для кожної головний (основний) вид, не пов'язуючи його з положенням даної деталі у виробі, після чого приступити до виготовлення креслень окремих деталей;

- виконати креслення всіх деталей, що входять у складальну одиницю.

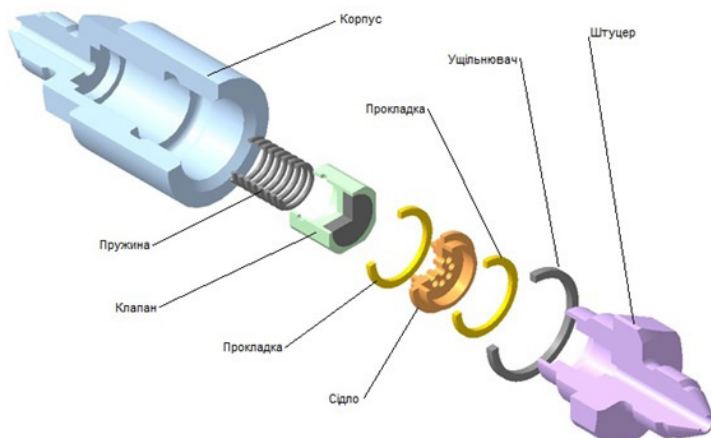


Рисунок 14.2

На стандартні вироби (болти, гайки, шайби і т. і.) креслення можна не складати.

Деталі, що підлягають викреслюванню, необхідно ретельно оглянути, з'ясувати назву, матеріал, спосіб виготовлення (литво, поковка, штампування та інше), а також призначення кожної деталі. Визначити конструктивні особливості - із яких геометричних тіл утворена форма деталі.

Кожен вузол, як правило, складається із деталей, які за складністю можна класифікувати на декілька конструктивних груп.

Корпусні деталі - деталі, що виконують об'єднувальну функцію у виробі, які складаються із декількох деталей і сприймають навантаження, що діють на них. Корпусні деталі, цього функціонального призначення можуть мати і інші назви залежно від їх форми і розмірів. Вони можуть називатися рамами, остовами, станинами, каркасами або ще якимось по-іншому.

Типовий корпус, як правило, утворює порожнину для розміщення інших деталей і захисту їх від забруднень. Там же може знаходитися і технічна рідина для змазування зануренням контактуючих рухливих деталей (рис. 14.3, рис. 14.4).





Рисунок 14.3

Ще до одного виду виробів, де необхідно мати корпус з герметичною порожниною для утримання в ній повітря або рідини під тиском, відносяться силові пневматичні чи гідравлічні пристрої - силові гідравлічні і пневматичні циліндри для лінійного поступального переміщення деталей, гідро- та пневмо-двигуни для приведення деталей до обертання у корпусі, насоси всіляких конструкцій, що живлять їх, як джерела тиску робочого середовища (повітря або рідини) та ін.

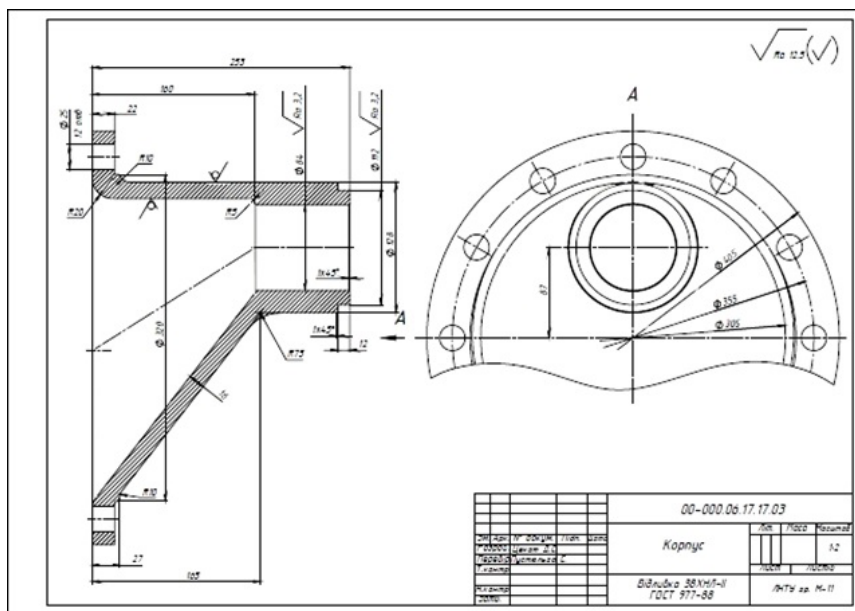


Рисунок 14.4

Таким чином, внутрішня форма корпусу (його порожнини) визначається формою і розмірами розташованих в ній деталей. Як правило, об'єм цього внутрішнього простору мінімізують для зменшення металоемності корпусу - наймасивнішої деталі виробу.

Зовні корпусу виконують всілякі приливи. Приливи можуть виконуватися циліндричної або конічної форми із внутрішнім або зовнішнім різьбленням, призначеним для кріплення (установки) самого корпусу або нагвинчування кришок. Вони можуть виконуватися також у формі фланців з кріпильними отворами по периметру, бути шестигранної або квадратної форми під гайковий ключ. Зовні корпусу можуть виконуватися також ребра жорсткості та інші технологічні елементи.

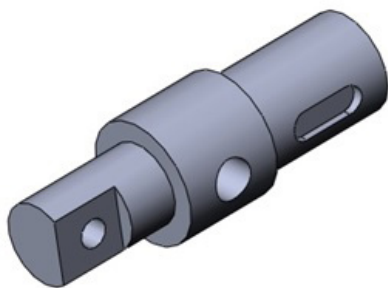


Рисунок 14.7

Вал призначений для установки в корпусі з можливістю обертання, а при необхідності, і з можливістю осевого переміщення посаджених на нього інших деталей - зубчастих коліс, зірочок, шківів і т. і.

Вали містять різні конструктивні і технологічні елементи, що виконуються, як правило, стандартними: шліци і шпонкові пази для забезпечення спільного обертання з

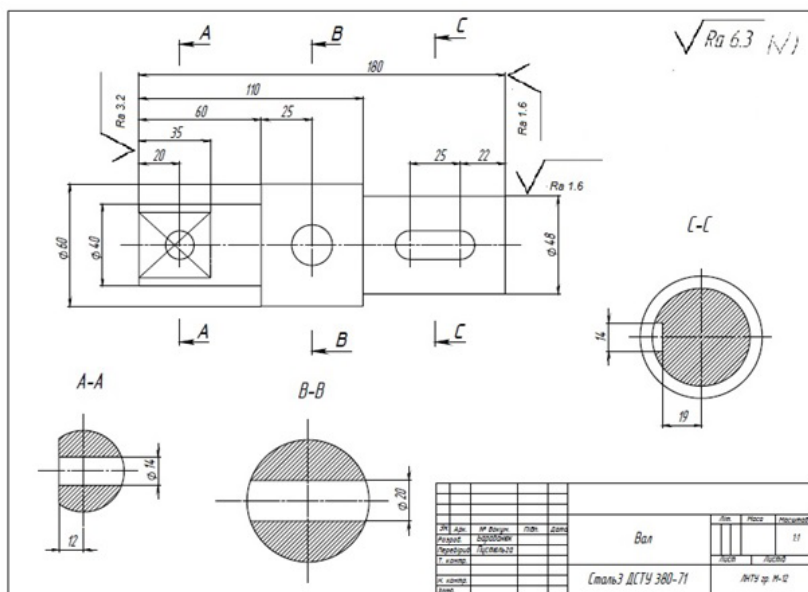


Рисунок 14.8

посадженими на них іншими деталями; канавки для виходу шліфувального круга; проточки для виходу різьбонарізного інструменту при виконанні різьблення та ін.

Аналогічні стандартні конструктивні і технологічні елементи містять корпусні деталі, кришки та пробки в місцях, що піддаються механічній обробці різанням з тією ж метою.

14.1 Матеріали і технологія виготовлення корпусних деталей, кришок (пробок) і валів

На робочих кресленнях деталей необхідні дані про матеріал, з якого вони мають бути виготовлені. Їх вказують в основному написі в графі (нижче назви деталі) (ДСТУ 2.104-2006 «Єдина система конструкторської документації. Основні написи»), приводячи марку матеріалу відповідно до стандарту.

Вибір матеріалу для виготовлення деталей залежить від технології їх виготовлення. **Корпусні деталі і кришки**, як правило, виготовляються методом литва з чавунів, ливарних сталей, сплавів на основі кольорових металів. Із сплавів кольорових металів у машинобудуванні найбільше значення мають мідні, а також легкі алюмінієві, магнієві і титанові сплави.

Для **пробок, штуцерів і валів** застосовують вуглецеву і леговану сталі у вигляді круглого прокату, спеціальних поковок і рідше у вигляді сталевих відливань. Деталі з цих сталей мають високу міцність і здатність до поверхневого та об'ємного зміцнення. Вони добре обробляються на металорізальних верстатах.

Для **валів** застосовують також ковкий і високоміцний модифікований чавуни, сплави кольорових металів. Вибір матеріалу, термічної і хіміко-термічної обробки визначається конструкцією валу і його опор, технічними умовами на виріб і умовами його експлуатації.

14.2 Основні відомості про креслення складальних одиниць - складальне креслення і кресленик загального виду

Кресленики складальних одиниць можуть бути двох видів залежно від їх призначення.

1 - складальне креслення призначене для виконання складальних технологічних операцій у виробничих умовах. Тому воно входить у комплект робочої документації.

2 - схожі з ним креслення загального вигляду входять в комплект технічної документації і безпосередньо у виробничі цехи не поступають, а призначені для розробки по них креслень деталей, складальних креслень і специфікацій в конструкторському бюро.

Таким чином, відмінності вказаних креслень складальних одиниць обумовлені їх призначенням.

По складальному кресленню виробу робітник повинен правильно зрозуміти принцип роботи пристрою, визначити положення його складових частин, їх взаємодію, переконатися у тому, що на складання поступили необхідні деталі, прочитати монтажні розміри, зрозуміти, як з'єднуються деталі, з'ясувати розміри, необхідні для додаткової обробки в процесі складання, а також технічні умови на випробування, рухливість деталей, покриття і т. і.

Складальне креслення згідно ДСТУ 2.109-73 «Основні вимоги до креслень» містить: зображення складальної одиниці, що дає уявлення



про розташування і взаємний зв'язок складових частин, про можливість здійснення складання і контролю складальної одиниці; розміри та інші параметри і вимоги, які мають бути виконані або проконтрольовані по цьому складальному кресленню; номери позицій складових частин, що входять у виріб; габаритні, приєднувальні і інші необхідні довідкові розміри.

Складальне креслення не містить стільки зображень, які потрібні для виявлення усієї форми і розмірів елементів деталей. **Ці зображення приводять на кресленнях загального вигляду**, оскільки вони потрібні для розробки робочої документації. Проте, зустрічаються складальні креслення (рис. 14.11), які нічим не відрізняються від креслень загального вигляду, оскільки усі зображення, пояснюючи взаємне розташування деталей і способи їх з'єднання, одночасно виявляють і форму усіх елементів деталей.

Кількість зображень на кресленнях складальної одиниці визначається наявністю необхідних видів, розрізів, перерізів і виносних елементів залежно від складності виробу. Застосовуються розрізи прості і складні, повні і місцеві. З метою скорочення кількості повних зображень застосовують місцеві і додаткові види. Якщо зображення виробу проектується у формі симетричної фігури, в одному зображенні сполучають половину виду з половиною розрізу по осьовій лінії або тільки якусь частину виду з частиною розрізу по хвилястій лінії.

Штрихування суміжних перерізів деталей на кресленнях складальних одиниць виконують в протилежних напрямках під кутом 45° або із зміною кута штрихування, або зі зміною відстані між штрихами (ДСТУ 2.306-68 «Позначення графічних матеріалів і правила їх нанесення на кресленнях»). Обов'язково одну і ту ж деталь штрихують в одному напрямі на усіх зображеннях.

Болти (без отворів для полегшення), гвинти, шпильки, гайки, шайби, заклепки, стержні, суцільні вали, шпindelі, шпонки, кульки зображують в поздовжніх розрізах не розрізаними згідно ДСТУ 2.305-2008 «Зображень - види, розрізи, перерізи».

Лінії невидимого контуру на кресленнях складальних одиниць застосовують тільки для зображення простих (невидимих) елементів, коли виконання розрізів не спрощує читання креслення, а збільшує його трудомісткість.

На кресленні складальної одиниці рухливі деталі показують, як правило, в робочому положенні. Крайні і проміжні положення механізму або окремих частин пристрою зображують штрих пунктирною лінією з двома точками по контуру (ДСТУ 2.303-68 «Лінії»). Крани трубопроводів зображують відкритими. Положення пробки крану повинне забезпечувати рух рідини або газу між трубопроводами, що з'єднуються краном, і таке його положення - називають робочим.

Вентилі і клапанні пристрої навпроти - зображують закритими. У тих випадках, коли деякі деталі, зокрема, маховички вентилів і рукояті пробкових кранів на одному з видів, як правило, горизонтальному, закривають конструктивні особливості виробу, їх викреслюють окремо на вільному полі креслення з пояснювальним написом за типом: А Дет. поз. 8, а на іншому відповідному виді, де ця деталь умовно не зображена, роблять напис: Дет. поз. 8 не показана.

При викреслюванні пристрою, що забезпечує ущільнення шпинделя набиванням або набором кілець ущільнювачів круглого або прямокутного перерізу, осаджуюча нажимна втулка (букса) умовно викреслюється у крайньому висуненому (початковому) положенні.

На кресленнях складальних одиниць можуть застосовуватися спрощення - допускається не показувати фаски, проточки, скруглення, виступи, поглиблення, рифлення, насічки і інші дрібні елементи; проміжки між отвором і стержнем (на початковій стадії вивчення дисципліни цими допущеннями користуватися не рекомендується).

Допускається не зображувати кришки, кожухи і навіть умовно видалити групу деталей, якщо необхідно показати закриті ними інші складові частини виробу, супроводжуючи зображення відповідним написом: Дет. поз. 8 частково умовно не показана.

Вироби, які виготовлені з прозорого матеріалу, зображують як непрозорі.

На кресленнях складальних одиниць, як правило, необхідно зображувати різьблення і різьбові з'єднання, оскільки вони широко поширені в техніці. Різьбові з'єднання можуть бути отримані або нагвинчуванням однієї деталі на іншу або за допомогою стандартних різьбових кріпильних виробів. При зображенні закрученого в отвір стержня різьбової деталі (гвинта, шпильки, циліндричної частини деталі з виконаним на ній різьбленням та ін.) зовнішнє різьблення на стержні зображується повністю, а внутрішнє різьблення в отворі показується тільки на ділянці, не закритій різьбленням стержня згідно ДСТУ 2.311-68 «Зображення різьблення».

Шліци під викрутку на головках гвинтів умовно зображують поверненими в один бік за годинниковою стрілкою на кут 45° на виді, перпендикулярному осі гвинта, і по осі гвинта - на виді паралельному осі (рис. 14.11).

Креслення складальних одиниць містять той же основний напис, що і креслення деталей згідно ДСТУ 2.104-2006 «Основні написи», у відповідних графах якого наводяться важливі технічні відомості і позначення. Зміст, розташування і розміри граф основних написів повинні відповідати формі 1, приведеній у вказаному ДСТУ 2.104-2006 (рис. 14.11).

У графі основного напису, де наводиться буквено-цифрове позначення складального кресленника, у кінці наносять прописні букви СК (рис. 14.11).

14.3 Правила читання креслень складальних одиниць. Виконання робочих креслеників деталей

Процес створення робочих креслень по кресленню загального вигляду називають **деталюванням**.

Як обумовлювалося вище, при отриманні завдання на виконання робочих креслень складальної одиниці, необхідно, передусім ознайомитися із відомостями про призначення і принципове облаштування виробу та предметів деталювання по опису, що додається.

Наступним найважливішим етапом роботи над кресленням є виявлення функціонального призначення і форми деталі, креслення якої



належить виконати. Потім визначаються розміри деталі і її окремих елементів.

На рисунках 14.9 - 14.29 детально представлені елементи складальної одиниці на прикладі черв'ячного редуктора - складальне креслення виробу, яке цілком може сприйматися і як вид загальний, креслення нестандартних деталей, що входять в нього, тривимірні зображення усього вузла, 3D зображення окремих деталей до кожного креслення.

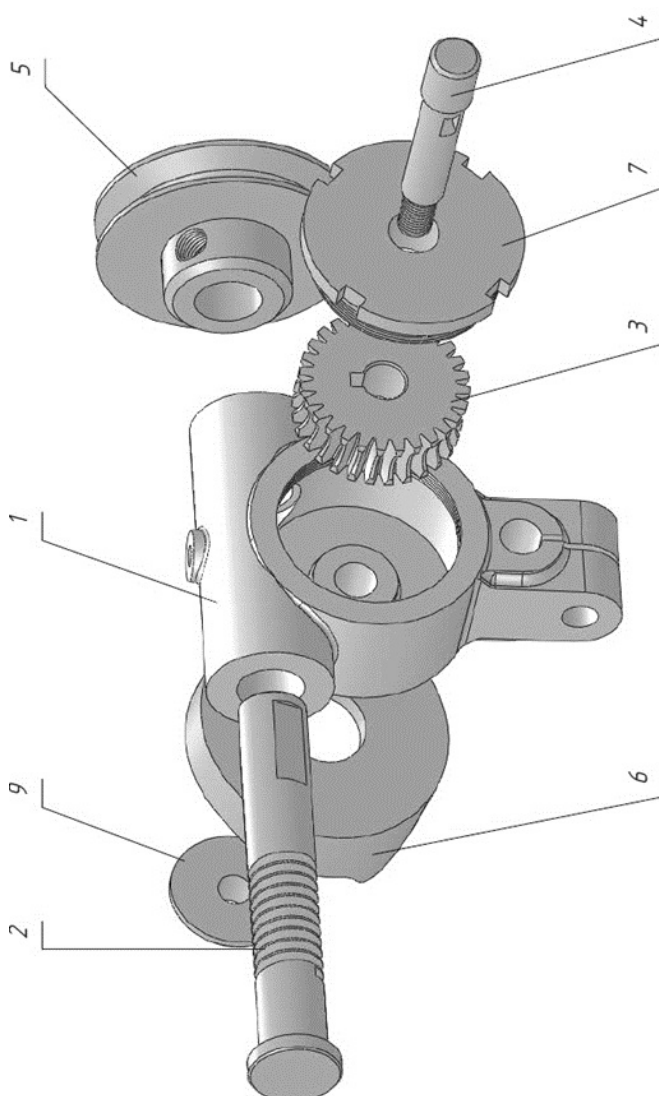


Рисунок 14.9

На рис. 14.9 показані тривимірні зображення деталей, що входять у складальну одиницю згідно специфікації, наведеної на рис. 14.10, і їх відносне положення перед складанням вузла.

Формат	Знак	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Приміт
				<u>Документація</u>		
A3			ЛНТУ.ІГО011.000СК	<u>Складальне креслення</u>		
				<u>Деталі</u>		
A3	1		ЛНТУ.ІГО011.001	Корпус	1	
A4	2		ЛНТУ.ІГО011.002	Черв'як	1	
A4	3		ЛНТУ.ІГО011.003	Колесо черв'ячне	1	
A4	4		ЛНТУ.ІГО011.004	Вал	1	
A4	5		ЛНТУ.ІГО011.005	Шків	1	
A4	6		ЛНТУ.ІГО011.006	Кулачок	1	
A4	7		ЛНТУ.ІГО011.007	Кришка	1	
A4	8		ЛНТУ.ІГО011.008	Втулка	1	
A4	9		ЛНТУ.ІГО011.009	Шайба	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
	10			Прес-маслянка 3.11Ц6	1	
				ГОСТ 19853-74	1	
	11			Болт М8-6gx30	1	
				ГОСТ 7805-70	1	
	12			Гвинт М6-6gx10.14Н	1	
				ГОСТ 1477-93	1	
	13			Гайка М8-6Н5 ГОСТ5915-70	1	
	14			Шайба А.8.01 ГОСТ 11371-78	1	
	15			Шпанка 3x3,7x10	1	
				ГОСТ 24071-80	1	
			ЛНТУ.ІГО011.000			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		
Розроб	Циганюк Д.				Лит.	Лист
Перевір	Пустельга С.					Листів
Н.контр.						1
Затв.					ЛНТУ зр. М-22	

Рисунок 14.10



Зібраним вузол зображений на складальному кресленні разом із стандартними виробами, що входять в нього, на рис. 14.11.

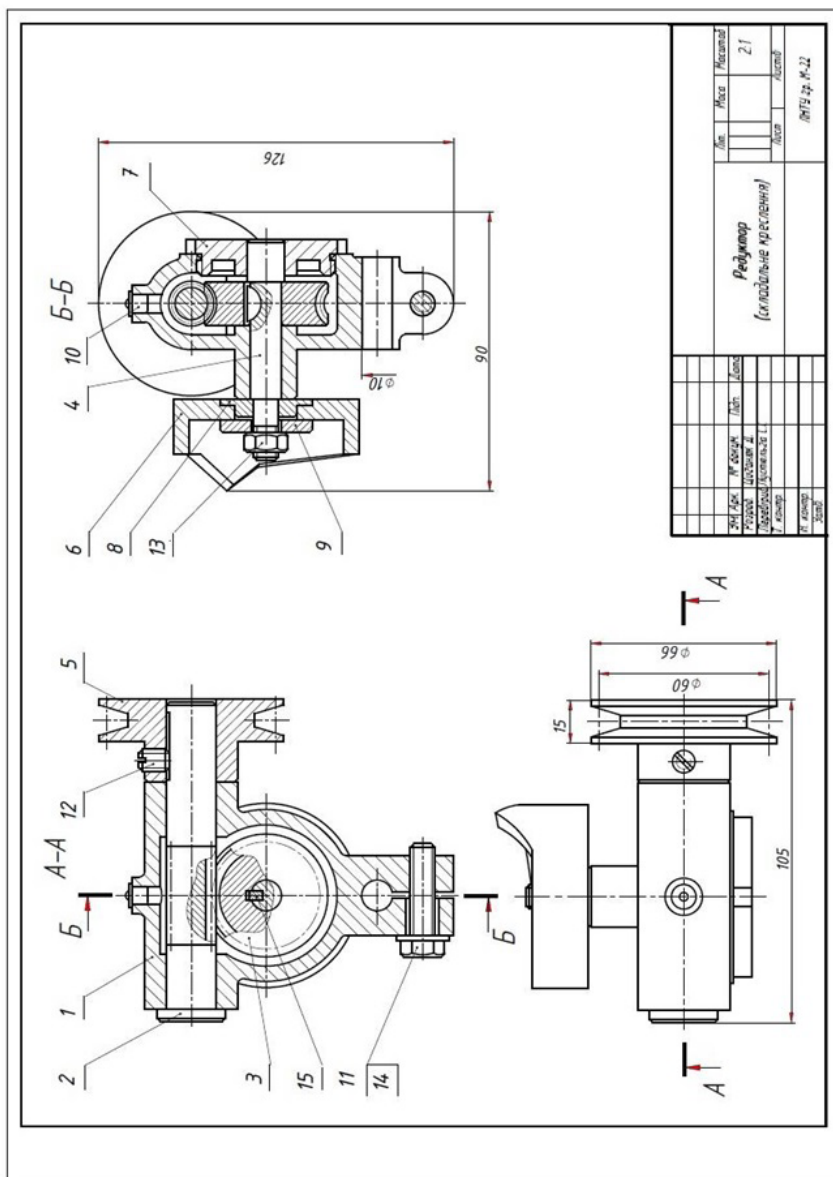


Рисунок 14.11

Специфікація. Кожне складальне креслення повинне мати специфікацію. Специфікацію по ДСТУ 2.108-2006 (СТ СЭВ 2516-80) складають на окремих листах формату А4, вона визначає склад складальної одиниці, комплексу та комплекту і необхідна для їх виготовлення, комплектування конструкторських документів і планування запуску у виробництво вказаних виробів.

Специфікація в загальному випадку складається з розділів, які розташовують в такій послідовності: **документація, комплекси, складальне креслення, деталі, стандартні вироби, матеріали, комплекти.**

Наявність тих або інших розділів визначається складом виробу. Найменування кожного розділу указують у вигляді заголовка в графі «Назва» і підкреслюють.

У розділі «Комплекси», «Складальне креслення» і «Деталі» вносять комплекси, складальні одиниці і деталі, що безпосередньо входять у виріб, що специфікується. У розділі «Стандартні вироби» записують вироби, як правило, в алфавітному порядку.

Графи специфікації заповнюються таким чином (рис. 14.10): у графі «Формат» указують формат документа, в графі «Зона» указують позначення зони, в якій знаходиться записана складова частина. Зони позначаються поєднанням букв і цифр, наприклад: 2А; 5В і т. і. по ДСТУ 2.104-2006 (СТ СЭВ 140-74, СТ СЭВ 365-76); у графі «Позиція» указують порядкові номери складових частин, що безпосередньо входять у виріб, що специфікується; у графі «Позначення» вказують позначення креслення, номера деталей; у графі «Назва» вказують найменування всіх деталей і стандартних виробів.

Після складання специфікації на кресленні представляються номери позицій, які вказують на полицях ліній-виносок, що проводяться від зображень складових частин. Розмір шрифту номерів позицій повинен бути на один розмір більше розміру шрифту, прийнятого для розмірних чисел на тому ж кресленні. Полиця повинна бути проведена тонкою лінією.

Наведений як приклад для вивчення правил читання креслеників складальних одиниць **черв'ячний редуктор** призначений для передачі обертання від двигуна до робочого механізму і зменшення кількості оборотів. Черв'ячні редуктори застосовують при необхідності значного зменшення кількості оборотів. Із-за великих втрат енергії на тертя їх застосовують тільки в таких механізмах, які працюють, як правило, епізодично.

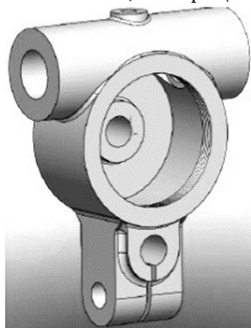


Рисунок 14.12

Редуктор містить **корпус 1**, в приливі верхньої частини якого виконаний горизонтальний отвір $\varnothing 16,5$ мм (рис. 14.12 і 14.13). В отворі встановлений **черв'як 2**, що є провідною деталлю передачі і може обертатися (рис. 14.14 і 14.15). Нижче, в циліндричній порожнині корпусу $\varnothing 46$ мм розташовані черв'ячне **колесо 3** (рис. 14.16 і 14.18), зубчатий вінець якого знаходиться в зачепленні з гвинтовою поверхнею черв'яка (рис. 14.11).

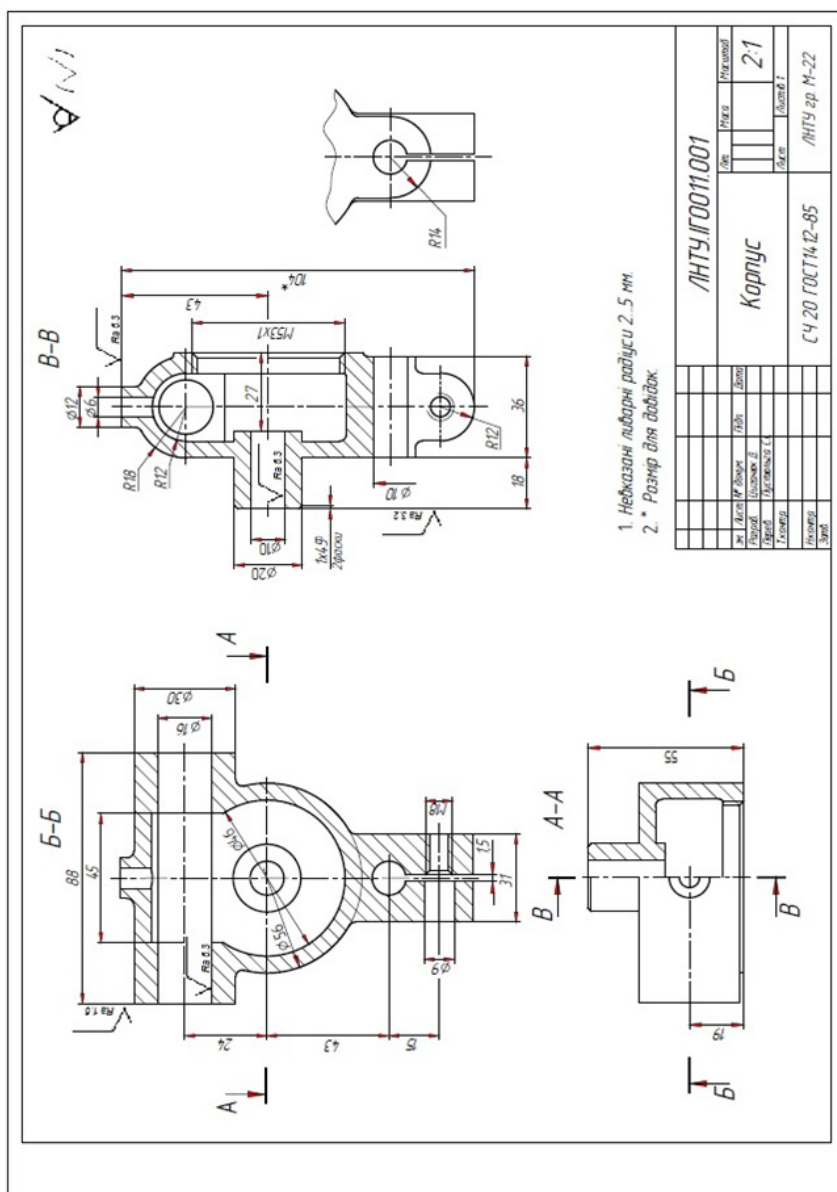


Рисунок 14.13

Черв'ячне колесо закріплене на веденому валу 4 (рис. 14.17 і 14.19). Вал одним кінцем встановлений із можливістю обертання в наскрізному отворі $\varnothing 10$ мм, виконаному в приливі на тильній стороні корпусу.

При цьому черв'як і вал розташовані так, що їх геометричні осі схрещуються під прямим кутом (рис. 14.11). Це є характерною особливістю, як правило, усіх зубчастих черв'ячних передач.

Для зв'язку редуктора з двигуном призначена клиноремінна передача (не зображена), **шків 5** (рис. 14.20 і 14.21) встановлений на зовнішньому вихідному кінці черв'яка. Для передачі руху на робочий механізм (не зображений) призначений **кулачок 6** (рис. 14.22 і 14.23), закріплений на зовнішньому вихідному кінці веденого валу (рис. 14.11).

Порожнина корпусу для утримання у ньому мастила закрита **кришкою 7** (рис. 14.24 і 14.25), загвинченою в різьбовий отвір на його лицьовій стороні. У кришці є отвір $\varnothing 12$ мм для опирання другого кінця веденого валу 4.

Кріплення кулачка на вихідному кінці веденого валу забезпечуються його затисканням між буртиком **втулки 8** (рис. 14.26 і 14.28) і **шайбою 9** (рис. 14.27 і 14.29), яка опирається в гайку, що нагвинчується на вал (Гайка М8-6Н.5 ДСТУ 5915-70).

У нижній частині корпусу в приливі виконаний прорізний отвір (рис. 14.12 і 14.13) для установки редуктора на робочому механізмі шляхом обтискання циліндричної деталі (не зображена), діаметром 10 мм (рис. 14.11). Обтискання забезпечується болтом 11 (Болт М8-6g×30 ДСТУ 7805-70).

Кріплення шківів на вихідному кінці черв'яка забезпечує загвинчений у маточину шківів гвинт 12 (Гвинт М6-6g×10.14Н ДСТУ 1477-93) за рахунок упору його плоского кінця на виконану у черв'яку лиску (рис. 14.14, 14.15).

Шайба 14 (Шайба А. 8.01 ДСТУ 11371-78) забезпечує велику площу опори шестигранної головки болта, оберігаючи контактуючі поверхні від зминання (рис. 14.11).

Сегментна шпонка 15 (Шпонка 3×3,7×10 ДСТУ 24071-80) забезпечує фіксацію черв'ячного колеса з веденим валом (рис. 14.11) для їх спільного обертання.

Працює пристрій таким чином. Обертання від двигуна передається за допомогою реміної передачі (не зображена) і її шківів 5 на черв'як 2 і далі, завдяки зубчастому зачепленню, на черв'ячне колесо 3. Черв'ячне колесо обертає ведений вал 4 і кулачок 6. Фігурна робоча поверхня кулачка забезпечує перетворення обертання кулачка в поступальну ходу деталі робочого механізму (не зображений), що контактує з нею, за певним законом.

Перш, ніж приступити до виконання робочих креслень, необхідно прочитати креслення складальної одиниці, уявити призначення виконаних на деталях конструктивних елементів і положення деталей у вузлі. Навчання читання креслення складальної одиниці, в даному прикладі, сприяють тривимірні зображення кожної деталі.

Корпус 1 є об'ємною деталлю складної форми, яка продиктована його внутрішньою конструкцією

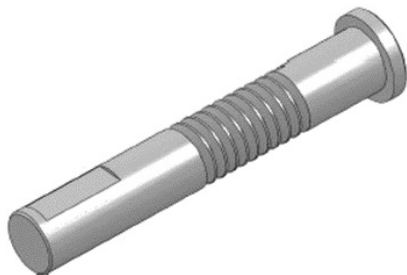


Рисунок 14.14

- циліндричною порожниною під черв'ячне колесо 3, приливом у верхній частині під отвір для розміщення черв'яка 2 і приливом в нижній частині під прорізний кріпильний отвір і отвір під болт, що стягує прорізь (рис. 14.12, рис. 14.13). З тильного боку в задній стінці порожнини корпусу виконаний прилив під отвір для веденого валу 4. Передня стінка порожнини відсутня, щоб забезпечити можливість доступу до неї при розміщенні усередині черв'ячного колеса 3.

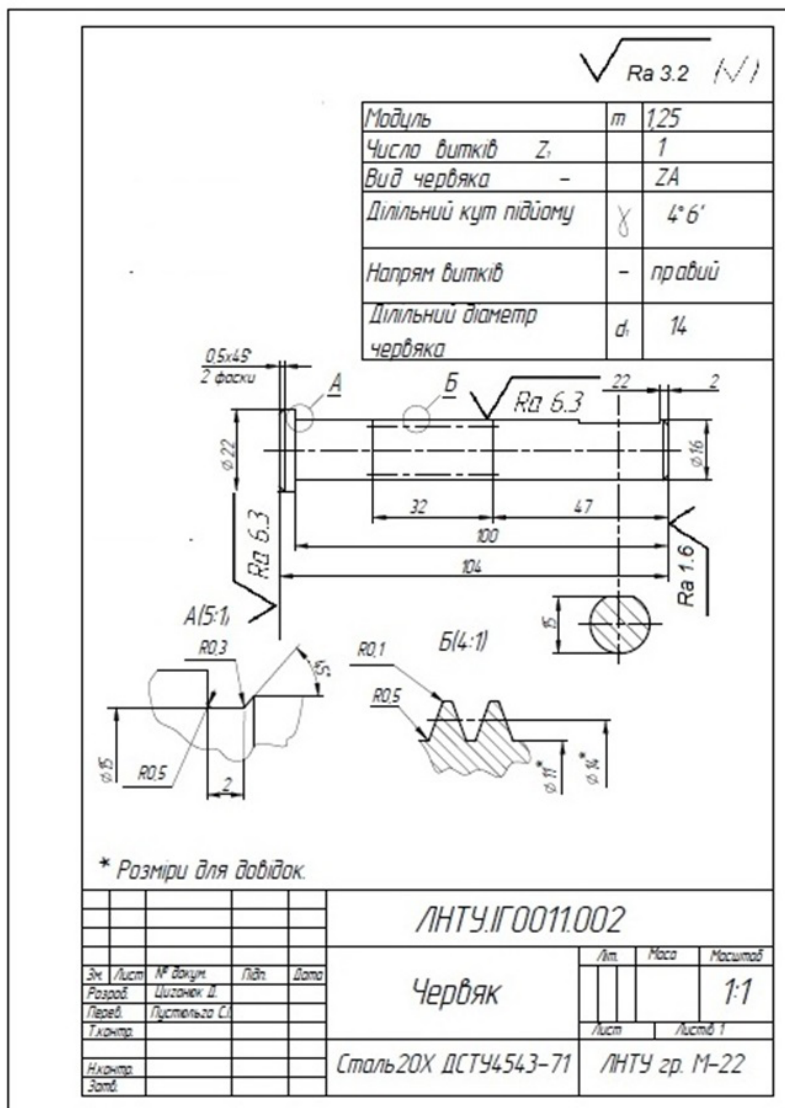


Рисунок 14.15

Виготовлений корпус методом литва з сірого чавуну (СЧ 20 ДСТУ 1412-85) з подальшою обробкою різанням - свердлінням отворів, нарізуванням різьб по передньому краю порожнини під загвинчувану кришку 7, фрезеруванням прорізу в нижньому приливі, фрезеруванням, розгортанням і шліфуванням до необхідної точності інших поверхонь, що сполучаються із деталями редуктора.

Черв'як 2, що виконує функцію ведучого валу редуктора, є циліндричною деталлю, в середній частині якої міститься гвинтова поверхня. На одному кінці деталі виконана лиска для упору установчого гвинта 12 своїм гладким кінцем, а на іншому - борт для упору черв'яка в торець верхнього приливу корпусу і прийняття осьового навантаження, що виникає в черв'ячному зачепленні при передачі моменту (рис. 14.14 і 14.15).

Перед буртом виконана канавка (проточка) для виходу шліфувального круга, зображена на виносному елементі збільшено.

Виготовлений черв'як обробкою різанням циліндричної заготовки з конструкційної легованої сталі (Сталь 20Х ДСТУ 4543-71), що відрізняється високою поверхневою твердістю для роботи в умовах зносу при терті. У даному пристрої має місце значне тертя гвинтової поверхні черв'яка об зуби черв'ячного колеса, що є недоліком усіх черв'ячних передач в порівнянні з іншими зубчастими передачами.

Черв'ячне колесо 3, що виконує функцію веденої деталі черв'ячної передачі, є циліндричний диск з циліндричним отвором в центрі і прорізом під сегментну шпонку 15. По периметру диска виконаний зубчастий вінець для більшого охоплення його зубами гвинтової поверхні черв'яка і збільшення довжини контактних ліній в зоні зачеплення (рис. 14.16 і 14.18).

Виготовлено черв'ячне колесо обробкою різанням циліндричної заготовки у формі диска із без олов'яної бронзи (Бр А9ЖЗЛ ДСТУ 493-79), що має антифрикційні властивості.

Ведений вал 4, на який посаджене черв'ячне колесо, є циліндричною деталлю ступінчастої форми, середня ступінь якої призначена для установки черв'ячного колеса, для чого у ній виконано поглиблення (шпонковий паз) під сегментну шпонку 15 (рис. 14.17 і 14.19).

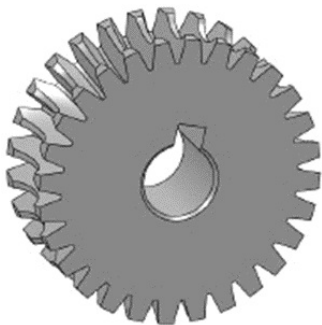


Рисунок 14.16

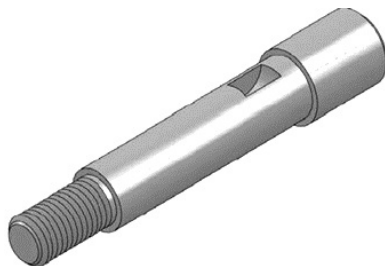


Рисунок 14.17

Частина валу великого діаметру, виконана на одному кінці валу, призначена для упору в неї черв'ячного колеса 2, а частина меншого діаметру - для встановлення деталей кулачка 6 (втулки 8, шайби 9) і утримуючої їх гайки 13.

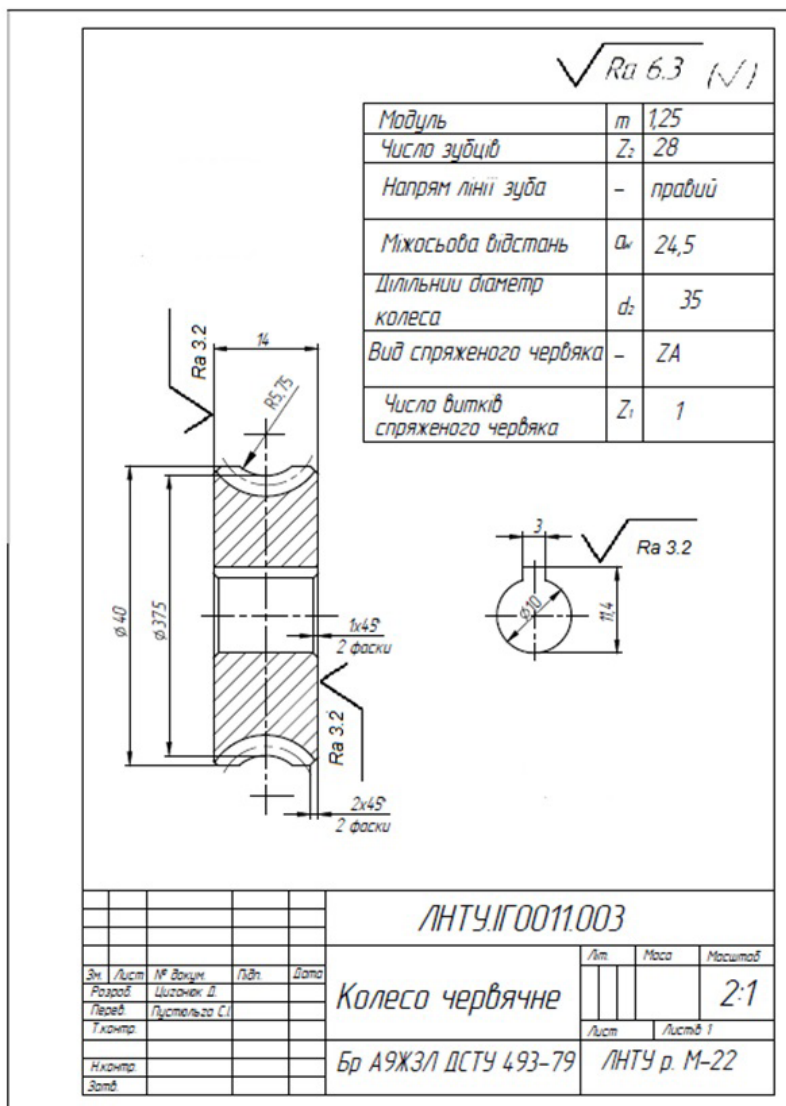


Рисунок 14.18

На валу виконані дві канавки (проточки) для виходу шліфувального круга, зображені збільшено на виносних елементах.

Виготовлений ведений вал обробкою різанням циліндричної заготовки з конструкційної вуглецевої якісної сталі (Сталь 45 ДСТУ 1050-88), що вирізняється підвищеною міцністю.

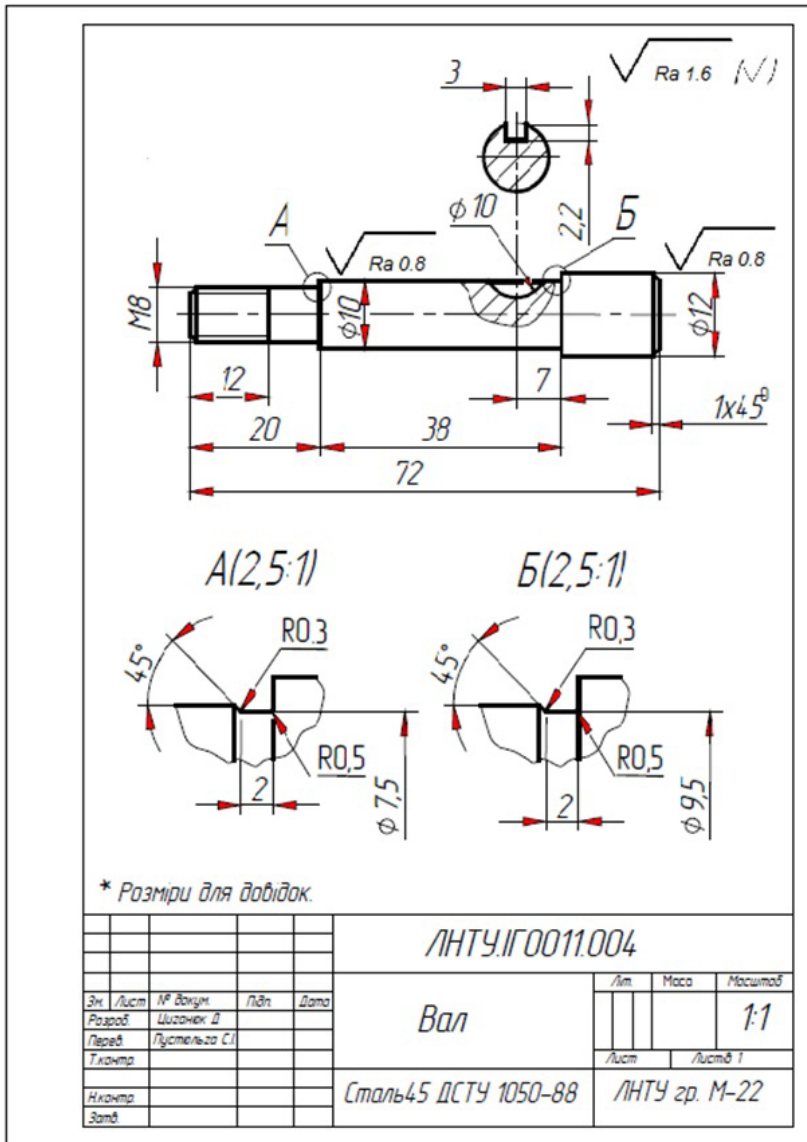


Рисунок 14.19



Шків 5, що забезпечує передачу обертання на черв'як, є деталь у формі ступінчастого тіла обертання, з робочою поверхнею у формі канавки, утвореної двома співвісними конічними поверхнями, призначеними для контактування з приводним ременем, що затискається між ними, і виконаними на ступені більшого діаметру (рис. 14.20 і 14.21).

Ступінь меншого діаметру шків виконує функцію його маточини і містить радіальний різбовий отвір для настановного гвинта 12. У центрі шків виконане співвісне його робочій поверхні отвір для установки шків на черв'яку 1.

Виготовлений шків обробкою різанням циліндричної заготовки із сталі конструкційною вуглецевою звичайної якості (Ст. 3 ДСТУ 380-94).

Кулачок 6, що забезпечує передачу руху на робочій виконавчий механізм (не зображений), і перетворення обертання веденого валу 4 в поступальну ходу з певним законом, що забезпечується торцевою фігурною поверхнею, є порожнистою циліндричною деталлю у формі чаші (рис. 14.22 і 14.23).

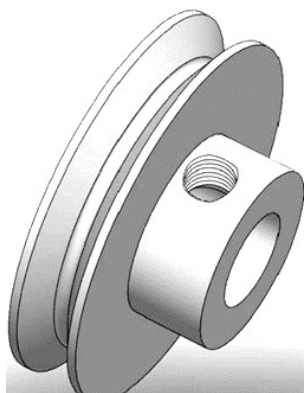


Рисунок 14.20

У її торцевій стінці (дні) є отвір під втулку 8, призначену для установки кулачка на веденому валу 4. Торцева фігурна робоча поверхня кулачка виконана з іншою, протилежної сторони цієї деталі (по краю чаші).

Виготовлений кулачок обробкою різанням циліндричної заготовки з конструкційної вуглецевої якісної сталі (Сталь 45 ДСТУ 1050-88).

Кришка 7, що забезпечує замикання порожнини в корпусі 1, є циліндричною деталлю у формі ступінчастого диска з отвором в

центрі для того, щоб розташувати кінець веденого валу 4 (рис. 14.24 і 14.25). На меншому її ступені виконано різьблення для угвинчування кришки в корпус, а на великій - чотири рівномірно розташовані радіальні прорізи під ключ.

На кришці виконані також два технологічні елементи - фаска спочатку різьблення і канавка (проточка) в її кінці (зображена на виносному елементі збільшено) для виходу різьбонарізного інструменту.

Для зменшення матеріаломісткості з внутрішньої сторони кришки виконана вибірка металу.

Виготовляється кришка обробкою різанням циліндричної заготовки з конструкційної вуглецевої якісної сталі (Сталь 45 ДСТУ 1050-88).

Втулка 8, призначена для встановлення кулачка 6 на веденому валу 4, є гладкою ступінчастою циліндричною деталлю з отвором в центрі (рис. 14.26 і 14.28). Частина валу більшого діаметру виконує функцію буртика, з яким контактує торцева стінка кулачка.

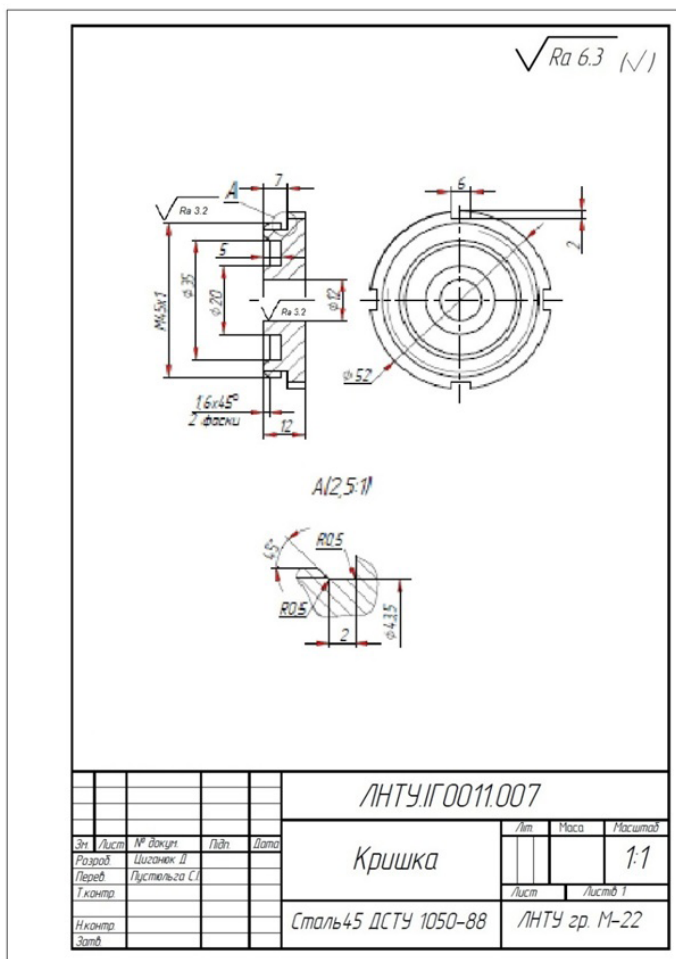


Рисунок 14.23

(Сталь 45 ДСТУ 1050-88).

Шайба 9, призначена для затискання торцевої стінки кулачка між нею і буртиком втулки 8, є диск циліндричної форми з отвором в центрі і фаскою з одного боку (рис. 14.27 і 14.29).

Виготовляється шайба обробкою різанням циліндричної заготовки з конструкційної вуглецевої якісної сталі (Сталь 35 ДСТУ 1050-88).

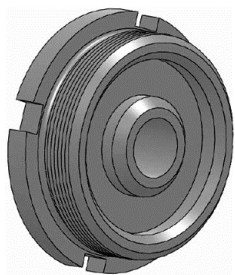


Рисунок 14.24

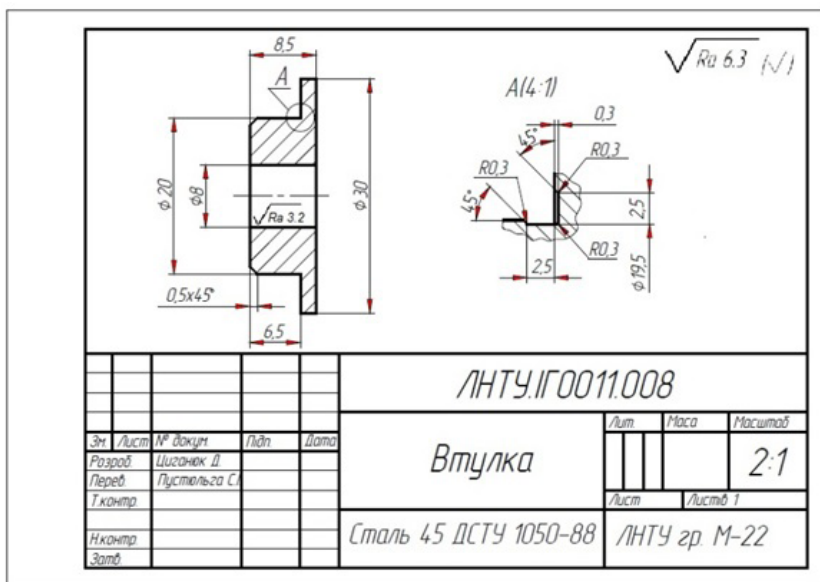


Рисунок 14.28

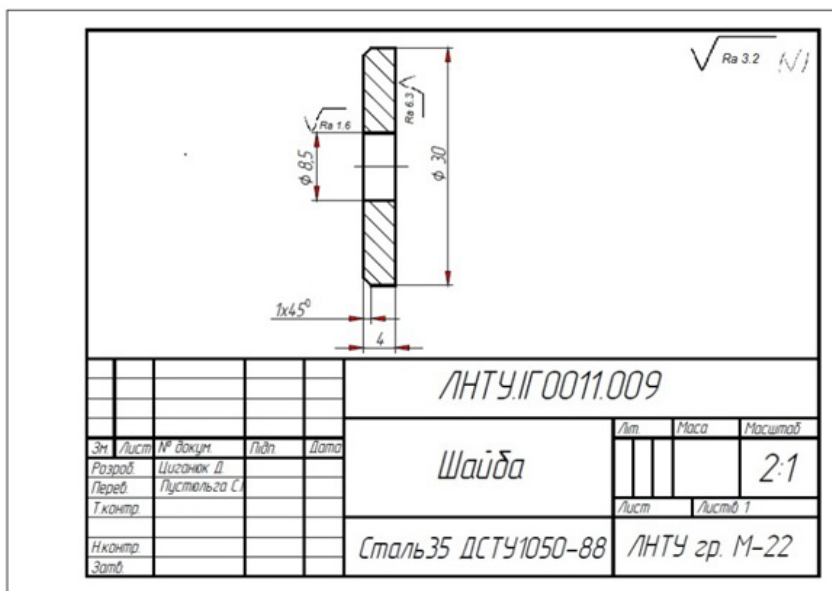


Рисунок 14.29

14.4 Особливості виконання робочих креслень деталей по кресленнях складальних одиниць

Умовності і спрощення широко використовуються на кресленнях складальних одиниць - кресленнях загального вигляду і складальних кресленнях. Ці особливості креслень складальних одиниць передбачені ДСТУ 2.109-73 «Основні вимоги до креслень» і іншими стандартами.

У детальному зображенні ряду елементів на таких кресленнях немає необхідності. На таких кресленнях можуть не зображуватися фаски, канавки для виходу шліфувального круга і проточки для виходу різьбонарізного інструменту, або ж ці технологічні елементи зображують спрощено - прямокутної форми.

Можуть не зображувати також галтели, проміжки, ливарні ухили і радіуси, межі різьблення і її недорізи, лінії переходу (для порівняння ліве і праве зображення на рис. 14.30). На лівому зображенні рис. 14.30 для креслення загального вигляду фрагмента складальної одиниці кришка зображена із мінімальною кількістю спрощень (частково спрощена лише канавка для виходу шліфувального круга). На правому зображенні рис. 14.30 те ж креслення виконане із максимальною кількістю спрощень, як це прийнято для такого виду конструкторської документації.

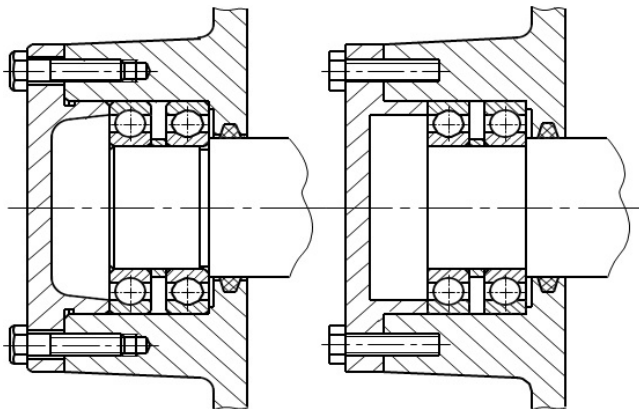


Рисунок 14.30

Детальне опрацювання зображень на робочих кресленнях деталей виконують, передусім, для встановлення усіх, необхідних для її відтворення, розмірів. На цих кресленнях спрощення зберігаються тільки відносно тих елементів, до ліній яких немає необхідності ставити розміри (наприклад, це відноситься до ліній переходу).

Викреслювання деталі так, як вона зображена на кресленні загального вигляду, тобто із спрощеннями **неприпустимо** (рис. 14.31), виконаний по кресленню загального вигляду, представленою на правому зображенні рис. 14.30). На ній відсутні фаски, канавка для виходу шліфувального круга, ливарні радіуси і ухили. Отже таке креслення не може бути визнане робочим кресленням деталі.

Навчання читанню креслеників не повинно зводитися до простого копіювання зображень. Необхідно розуміти, що, якщо циліндрична поверхня сполучається із іншою поверхнею, вона повинна отримувати на вході фаску для полегшення процесу складання. Така поверхня, як правило, шліфується, щоб витримати усі її параметри і геометрію в допустимих межах.

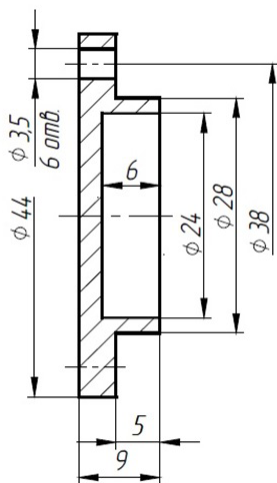


Рисунок 14.31

А якщо вона не прохідна, то у кінці має бути і канавка для виходу шліфувального круга. На спрощеному кресленні загального вигляду допускається її не зображувати (рис. 14.30). Але, якщо вона має бути - її необхідно накреслити, позначити і оформити виносний елемент (рис. 14.32).

Крім того, якщо кришка буде виготовлена методом литва, про що можна судити за її матеріалом, вказаним в переліку (чавун, сталі ливарні), то тоді слід викреслити і ливарні радіуси, і ливарні ухили в тих місцях, де обробка різанням не здійснювалася, вказавши їх розміри (рис. 14.32).

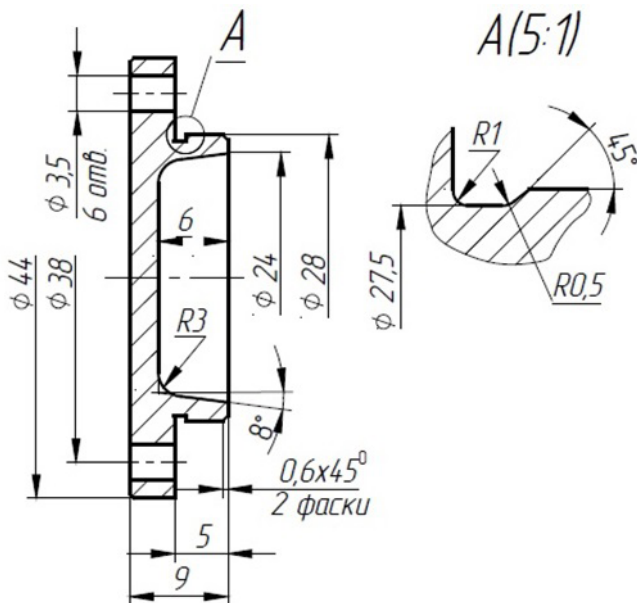


Рисунок 14.32

ПРАКТИКА

1. Номери позицій на складальному кресленні проставляють:

1)	за годинниковою стрілкою
2)	проти годинникової стрілки
3)	по або проти годинникової стрілки
4)	у довільному порядку
5)	по мірі значущості деталей

2. Зображення на складальному кресленні розташовують:

1)	у проєкційному зв'язку
2)	довільно
3)	залежно від кількості
4)	основні зображення в проєкційному зв'язку
5)	основні зображення в проєкційному зв'язку, додаткові, - на вільному полі креслення

3. На складальному кресленні не вказують:

1)	габаритні розміри
2)	приєднувальні розміри
3)	довідкові розміри
4)	розміри, необхідні для виготовлення деталей
5)	монтажні розміри

4. На складальному кресленні не штрихують деталі, що потрапляють в розріз:

1)	кріпильні деталі
2)	вали
3)	осі
4)	ребра жорсткості
5)	усе вище перелічене



6. Що можна визначити по специфікації?	
1)	назву деталі і матеріал, з якого вона виготовлена
2)	масштаб деталі
3)	розміри деталі
4)	матеріал виробу і порядок його виготовлення
5)	кількість видів деталі на кресленнику

7. Яку кількість видів необхідно зображувати на складальному кресленні?	
1)	три
2)	два
3)	необхідна для виявлення форми кількість
4)	не має значення
5)	максимальну кількість

8. З чого починають читання складального креслення?	
1)	вивчення видів з'єднань, кріплень складальних одиниць і деталей виробу
2)	читання основного напису, вивчення специфікації виробу
3)	знайомство із основними складовими частинами виробу і принципом його роботи
4)	вивчення з'єднань складальних одиниць виробу

9. Для яких деталей наносять номери позицій на складальних кресленнях?	
1)	для усіх деталей, що входять в складальну одиницю
2)	тільки для нестандартних деталей
3)	тільки для стандартних деталей
4)	для кріпильних деталей

10. Як штрихуються на складальному кресленнику в розрізі дотичні деталі?	
1)	однаково
2)	одна деталь не штрихується, а інша штрихується
3)	з різним нахилом штрихових ліній
4)	з різною відстанню між штриховими лініями, зі зміщенням штрихових ліній, з різним нахилом штрихових ліній

Питання для самоконтролю до чотирнадцятого розділу:

1. Який вид виробу називається складальною одиницею?
2. Який вид документа називається складальним кресленням?
3. Які розміри містить складальне креслення?
4. Як на складальному кресленні в розрізі штрихуються суміжні деталі, що сполучаються зваркою, паянням і т. і.?
5. Як на складальному кресленні зображуються кріпильні деталі?
6. Що таке специфікація?
7. З яких розділів в загальному вигляді складається специфікація?

15 ТЕХНІКА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИБОРУ КІЛЬКОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ ПРИ ВИКОНАННІ РОБОЧИХ КРЕСЛЕНИКІВ ДЕТАЛЕЙ. ПРАВИЛА НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ

Деталі типу «Вал». Деталі цього типу є комбінованими тілами обертання, переважно, циліндричними, іноді конічними і рідше сферичними, а основний вид їх обробки – токарна (рис. 15.1).

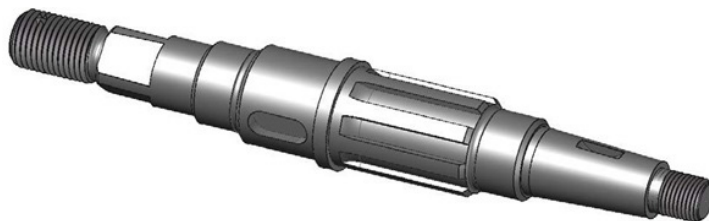


Рисунок 15.1

Це зумовлює положення головного зображення валу на кресленні - паралельно основному напису, тобто геометрична вісь валу повинна займати горизонтальне положення (рис. 15.2), що відповідає його положенню при обробці на токарному верстаті.

На валу є різні конструктивні і технологічні елементи (пази, отвори, зрізи, канавки, проточки та ін., рис. 15.1), тому для виявлення форми цих елементів головне зображення валу доповнюють винесеними перерізами і виносними елементами (рис. 15.2). Для дрібних елементів (проточок, канавок, округлень і фасок на шліцах та ін.) виносні елементи зображують в масштабі збільшення.

Таким чином, креслення валу та інших деталей, що відносяться до цього типу, складаються, як правило, з одного основного зображення - головного виду з місцевими поздовжніми розрізами або без них і доповнюючих його зображень, що виконуються згідно ДСТУ 2.305-2008 «Зображень, - види, розрізи, перерізи». Зображення на інші основні площини проєкцій виконують за потреби, наприклад, якщо вал виконаний разом з елементами конструкцій іншого призначення - фланцями, кулачками і т. і.

Формат для кресленника вибирають відповідно ДСТУ 2.301-68 «Формати» залежно від складності і розмірів деталі. Розмір зображення, визначений ДСТУ 2.302-68 «Масштаби», повинен забезпечувати ясність усіх елементів деталі. Зображення повинні займати приблизно 2/3 - 3/4 поля креслення.

Прості деталі без складних конструктивних елементів можна зображати на кресленниках в масштабі зменшення (1:2; 1:2,5; 1:4 і т. д.) на форматах малого розміру (A4 і навіть A5). Складні деталі навпаки – слід зображувати, застосовуючи масштаби збільшення (2:1; 2,5:1; 4:1 і т. д.) і більший формат, починаючи з А3 (наприклад, на рис. 15.2 наведено креслення, виконане в на форматі А3).

Корпусні деталі та кришки. При виконанні креслень корпусних деталей і кришок в першу чергу вирішують питання про вибір головного виду і визначення кількості інших необхідних зображень.

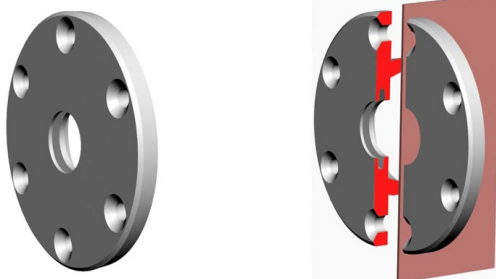


Рисунок 15.3

Кількість зображень має бути мінімальною, але достатньою для визначення форми деталі і нанесення усіх необхідних розмірів для її виготовлення.

Головний вид, як правило, містить повний розріз (рис. 15.6, 15.7, 15.10, 15.11, 15.14) або розріз сполучений з частиною виду (рис. 15.17) відповідно до ДСТУ 2.305-2008 «Зображень - види розрізи, перерізи».

На рис. 15.3-15.5, 15.8, 15.9, 15.12, 15.16 проілюстровано утворення зображень з розрізом. Показано тривимірне зображення кожної деталі. Проілюстровано, як необхідно представляти січну



Рисунок 15.4

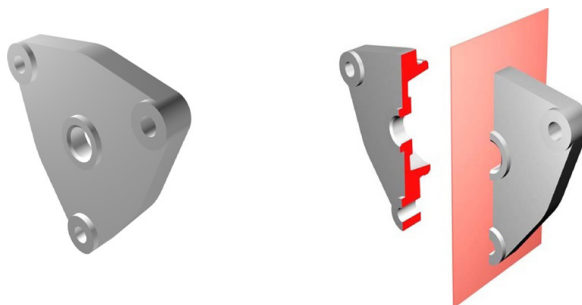


Рисунок 15.5

площину, по якій здійснюється розріз деталі на дві частини. На завершення, зображена та частина деталі, яка розташована за січною площиною після уявного видалення її частини, розташованої перед січною площиною.

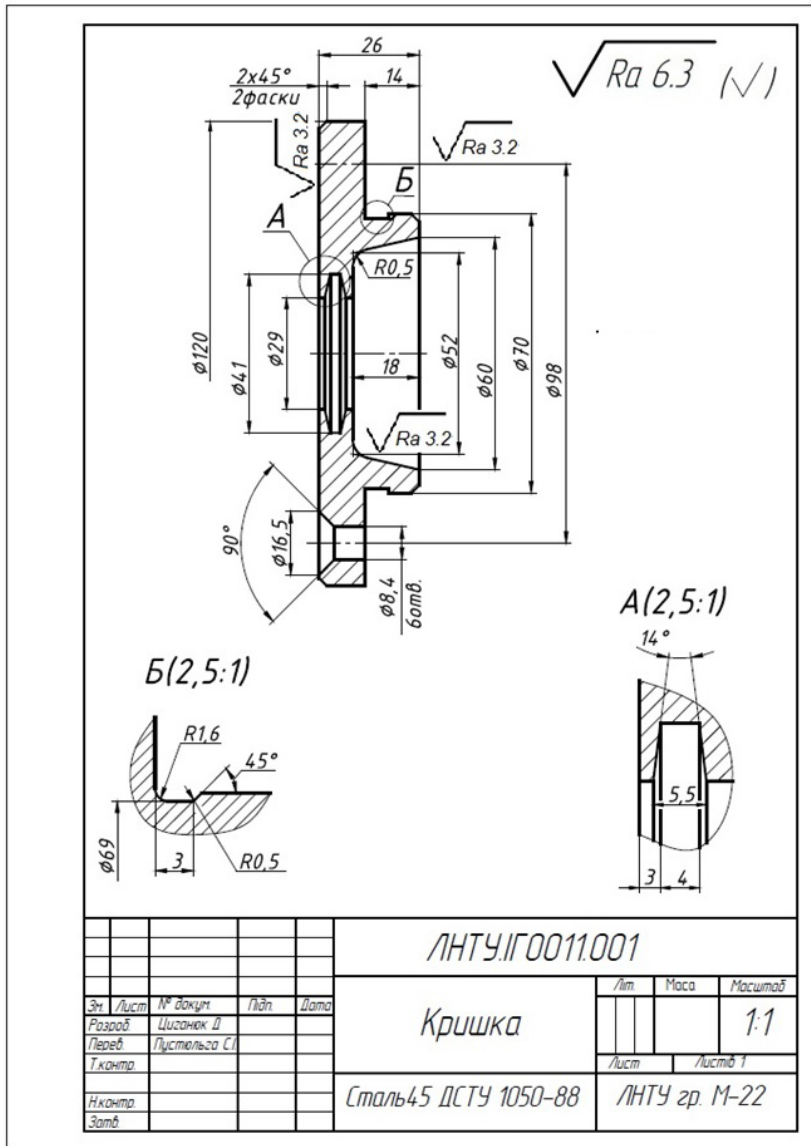


Рисунок 15.6



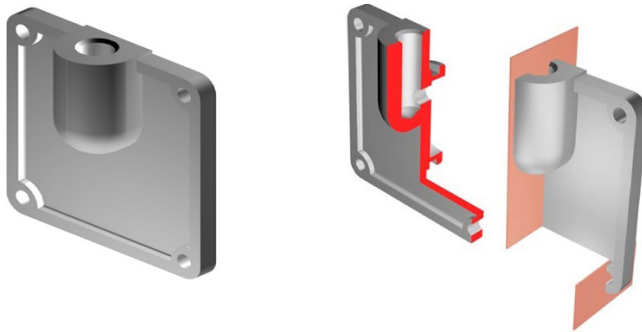


Рисунок 15.8

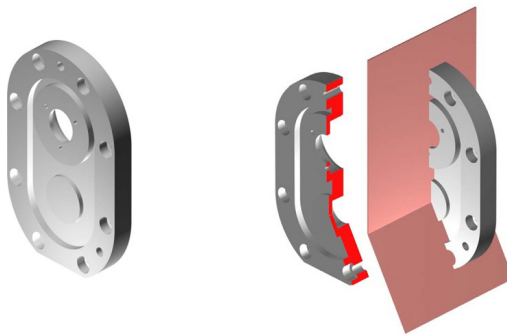


Рисунок 15.9

В результаті, за цими тривимірними образами, що пояснюють утворення розрізу, наведено креслення деталі, із розрізом, виконаним відповідно до ДСТУ 2.305-2008.

Слід звернути увагу на утворення складних розрізів, коли застосовується дві і більше січних площин (наприклад рис. 15.8, 15.11):

- границя між перерізами, отриманими різними площинами, не зображується;

- при утворенні ступінчастого розрізу переріз на ній отримують шляхом уявного суміщення паралельних площин в одну загальну площину (рис. 15.8);

- при утворенні ламаного розрізу переріз на ній отримують шляхом уявного повороту тієї частини перерізу, яка отримана похилою січною площиною, в положення, співпадаюче з тією частиною, яка отримана січною площиною, що паралельна площині проєкцій, на якій виконується розріз (рис. 15.9 і 15.10);

- зображувану на ламаному розрізі частину виду при цьому не повертають;

- часто, із-за повороту січних площин, ламані розрізи видовжуються (рис. 15.14).

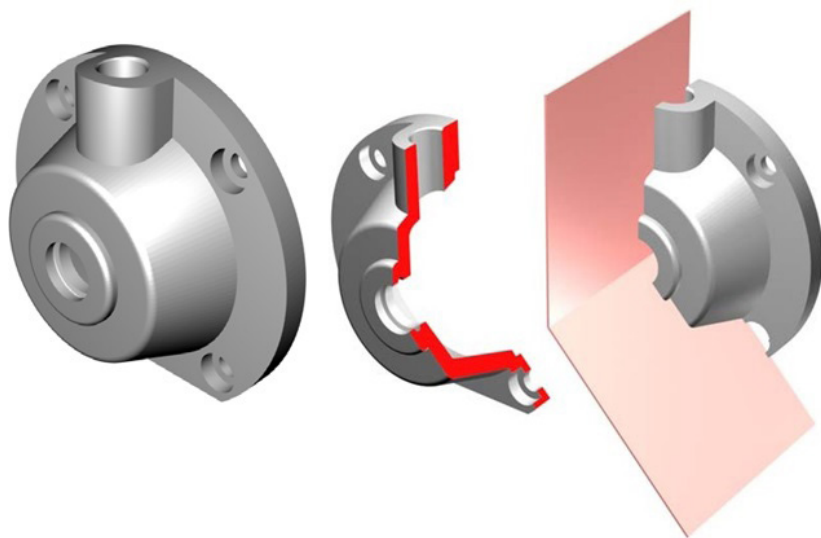


Рисунок 15.12

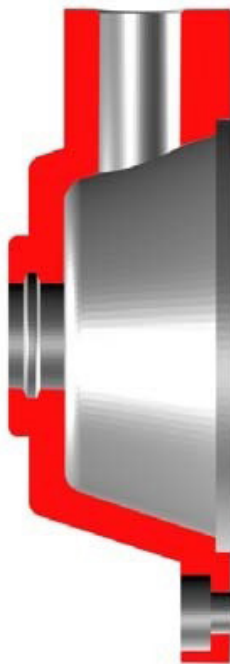


Рисунок 15.13

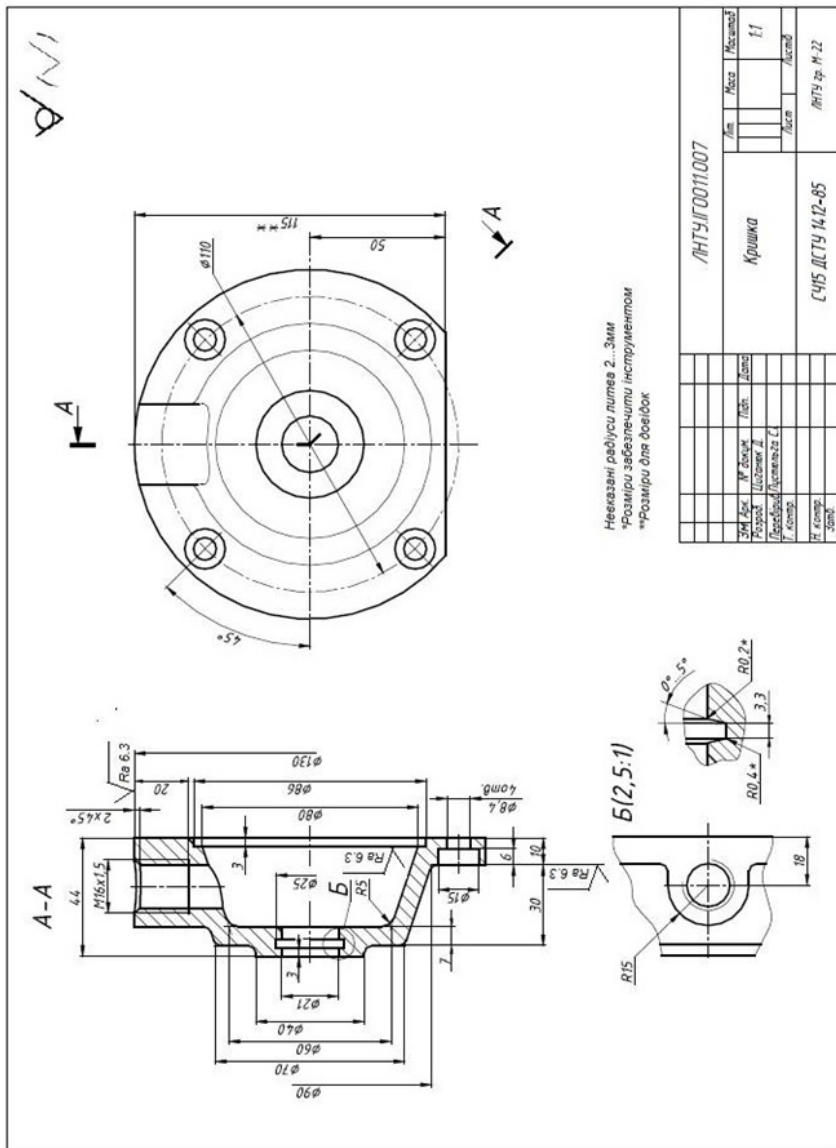


Рисунок 15.14



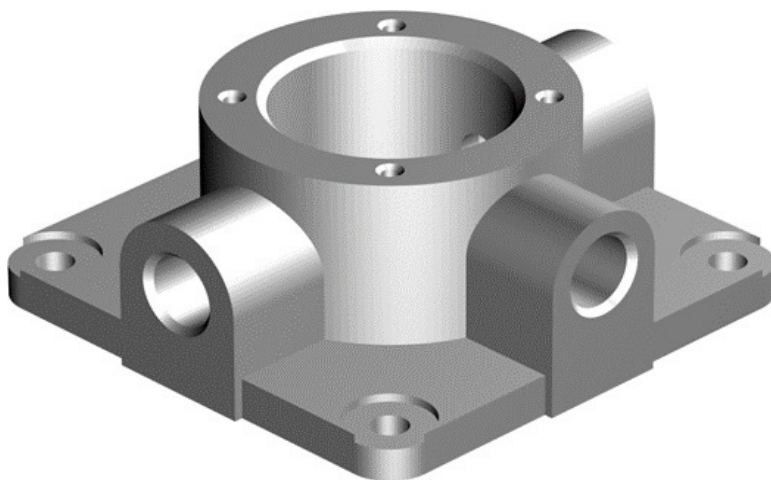


Рисунок 15.15

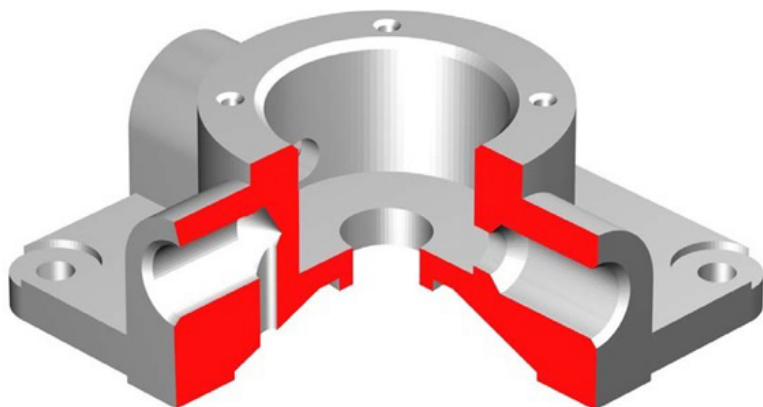


Рисунок 15.16

ПРАКТИКА

1. Що називають робочими кресленнями?	
1)	складальні креслення
2)	креслення деталей
3)	складальне креслення і креслення деталей
4)	креслення, виконані на робочому місці
2. Що таке «Деталювання»?	
1)	процес складання робочих креслень деталей по складальних кресленнях
2)	процес складання виробу по окремих кресленнях деталей процес створення робочих креслень
3)	процес створення робочих креслень
4)	процес складання специфікації складального креслення
3. Чи завжди співпадають положення деталі на головному виді робочого креслення з положенням деталі на складальному кресленні?	
1)	завжди співпадають
2)	ніколи не співпадають
3)	співпадають не завжди
4)	іноді співпадають
4. Які умовні позначення проставляють на робочому кресленнику?	
1)	координати центрів отворів
2)	необхідні розміри для виготовлення деталі
3)	габаритні розміри
4)	товщина покриттів
5. Яка назва процесу уявного розчленовування предмета на геометричні тіла, що утворюють його поверхню?	
1)	ділення на геометричні тіла
2)	аналіз геометричної форми
3)	виділення окремих геометричних тіл
4)	розділення деталі на частини

6. Чи потрібні усі розміри на робочих кресленнях деталі?	
1)	ставляться тільки габаритні розміри
2)	ставляться розміри, необхідні для виготовлення і контролю деталі
3)	ставляться тільки лінійні розміри
4)	ставляться лінійні розміри і габаритні

7. Скільки видів повинне містити робоче креслення деталі?	
1)	завжди три види
2)	шість видів
3)	мінімальне, але достатнє для представлення форм деталі
4)	максимально можливе число видів

8. Які проставляються розміри при виконанні креслення в масштабі, відмінному від 1:1?	
1)	ті розміри, які має зображення на кресленні
2)	незалежно від масштабу зображення ставляться реальні розміри виробу
3)	розміри мають бути збільшені або зменшені відповідно до масштабу

Питання для самоконтролю до п'ятнадцятого розділу:

1. У якій послідовності рекомендується виконувати робочі кресленники?
2. Який вид деталі слід приймати за основний (головний) і де його розміщують на кресленні?
3. Які способи нанесення розмірів Ви знаєте?
4. Що таке координатний спосіб нанесення розмірів?
5. Що називають деталюванням?
6. Що означає прочитати кресленник?
7. У якому масштабі необхідно виконувати кресленники деталей?
8. Виходячи з яких умов вибирають розмір формату для кресленника деталі?
9. Чи можна використовувати лінії контуру, осьові, центрові і виносні лінії як розмірні?



16 ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В SOLIDWORKS. ФУНКЦІЇ ТА ІНТЕРФЕЙС ПРОГРАМИ

Основою комп'ютеризації процесів конструювання в техніці є заміна паперової документації на електронну, яка відкриває найширші функціональні та технологічні можливості. За наявності відповідної кваліфікації у конструктора така заміна дозволяє значно підвищити конкурентоспроможність виробів, що розробляються.

Оскільки електронна документація заснована на принципах інформатики, вивчення комп'ютерних технологій конструювання (англ. термін Computer Aided Design), що означають в літературі аббревіатурою «CAD - технології» або просто CAD, необхідно розпочинати із загальних основ побудови електронних документів.

Одним із найпопулярніших пакетів комп'ютерного проектування виробів машинобудування є застосунок **SolidWorks**. SolidWorks - комплекс комп'ютерних програм геометричного моделювання, призначений для випуску конструкторської документації на основі сучасних технологій обробки інформації. Пакет SolidWorks, розроблений корпорацією SolidWorks (США), є додатком для автоматизованого об'єктно-орієнтованого конструювання твердотілих моделей виробів. Це перший додаток автоматизованого проектування, що повною мірою використовує графічний інтерфейс Microsoft Windows і тому досить простий в освоєнні. Графічний інтерфейс Windows дозволяє конструктору удосконалити свої рішення і реалізувати їх у вигляді віртуального прототипу або твердотілої моделі деталі, повноцінних складальних вузлів і отримати на них необхідну креслярську документацію.

Крім того, представлення в SolidWorks проектованого виробу не обмежується тривимірним твердотілим моделюванням - у розпорядженні користувача є набір засобів асоціативного конструювання. Це означає, що є можливість створити у програмі прототип класу деталей, які, наприклад, виготовляються штампуванням з листового металу, а потім використати дану параметричну модель при проектуванні форми заготовки.

Користувач може працювати в SolidWorks аналогічно до роботи в графічному редакторі чи на електронному кульмані для малювання і креслення, проте ефективніше використати SolidWorks як систему управління даними про геометрію виробу, яка виконуючи команди користувача, формує зображення в автоматичному режимі.



16.1 Запуск додатку SolidWorks і знайомство з інтерфейсом

Запуск програми SolidWorks виконується натисканням іконки на робочому столі ПК. Стартовий екран із вказівкою основних складових частин наведено на рис. 16.1.

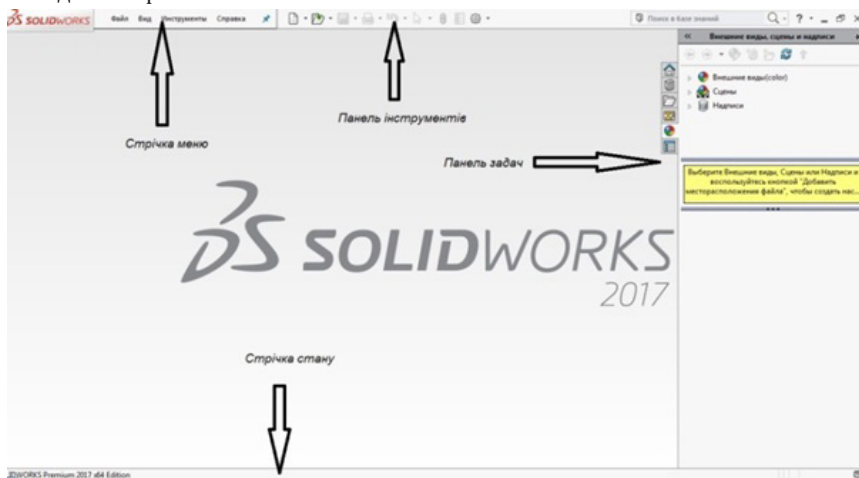


Рисунок 16.1

Ця програма являється Windows-додатком і містить усі стандартні елементи інтерфейсу: головне вікно, стрічка меню, панель інструментів, панель задач, стрічка стану.

Для початку роботи у програмі слід вибрати команду меню - **Файл/Новий** або клацнути на іконці (рис 16.2). Відкриється вікно вибору типу електронного документу.

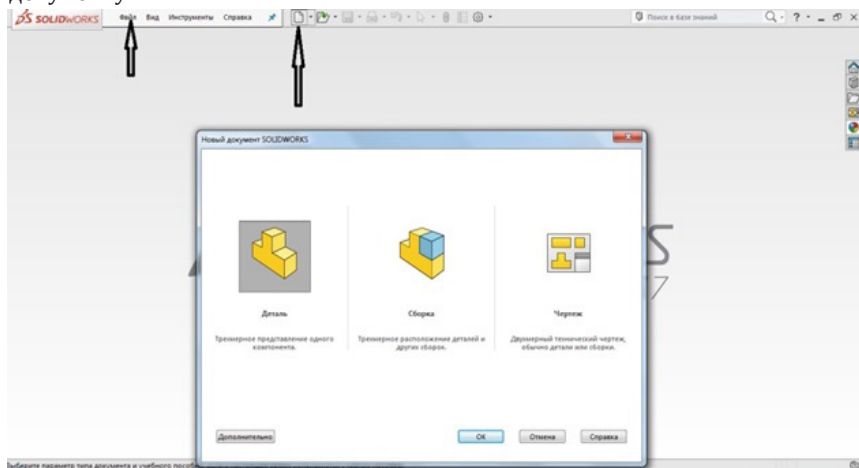


Рисунок 16.2



До електронних конструкторських документів, що визначають геометрію виробів та інші дані, необхідні для їх виготовлення і контролю відносяться:

- електронні моделі, що містять математичний опис властивостей фізичного виробу;
- електронні креслення, що містять зображення деталей і складальних одиниць. Зображення можуть бути побудовані вручну (електронний кульман) із використанням креслярської програми-редактора або в автоматичному режимі на основі електронної геометричної моделі.

У SolidWorks можливі три типи документів, що створюються в системі проектування:

- файли електронних моделей деталей з розширенням - *.sldprt;
- файли електронних моделей складальних одиниць з розширенням - *.sldasm;
- файли електронних креслень - *.slddrw.

Базовим ЕД (електронним документом) в SolidWorks є **модель деталі** (рис. 16.2). **Модель складальної одиниці** будується на основі створених моделей деталей і інших складальних одиниць. **Електронне креслення** - може бути побудоване на основі моделей деталі або складання множини деталей.

При створенні нової моделі деталі відкриється вікно електронного документу, показане на рис. 16.3.

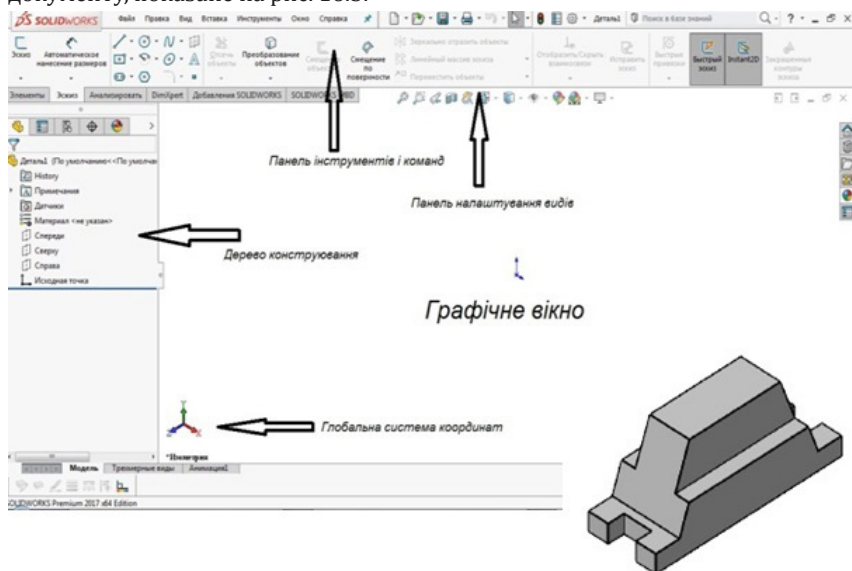


Рисунок 16.3

SolidWorks дозволяє одночасно працювати із множиною ЕД (число відкритих вікон обмежене тільки об'ємом оперативної пам'яті).

При роботі з активним документом у вікні програми відкриється стрічка команд Command Manager, що містить найчастіше використовувані інструменти.

Внутрішнє представлення ЕД зберігається у вигляді бази даних в цифровому форматі. Формат бази даних SolidWorks змінюється від версії до версії.

УВАГА! Файли старих версій відкриваються в нових версіях SolidWorks, а файли нових версій в старих версіях SolidWorks - не відкриваються!!!

16.2 Інтерфейс менеджера конструювання

Функції **менеджера конструювання** (Feature Manager) дають можливість редагувати як окремі властивості і атрибути кожного геометричного елемента моделі, так і усю схему організації її елементів, а також створювати варіанти базової моделі, що називаються **конфігураціями**.

Інтерфейс менеджера конструювання показаний на рис. 16.4.

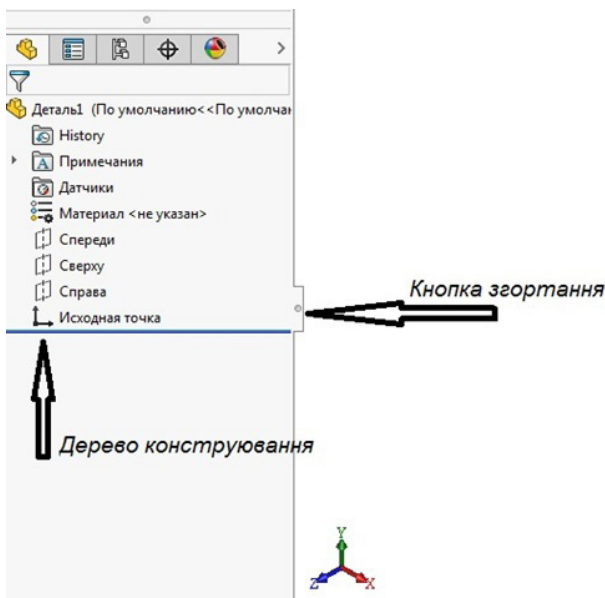


Рисунок 16.4

Діалогове вікно містить декілька основних вкладок:

- дерево конструювання - містить схему бази даних;
- менеджер властивостей геометричних елементів (Property Manager);
- менеджер конфігурацій електронної геометричної моделі (ЕГМ) (Configuration Manager);
- вкладки спеціальних застосувань.

Коренем ЕГМ є ідентифікатор деталі в форматі: Імя файлу (за умовчанням – Деталь1).

Базові атрибути включають:

- History (хронологія) - тека з атрибутами, яка дозволяє отримати доступ до останніх створених або відредагованих елементів;



- Примітки - тека з атрибутами, що управляють видом приміток (розмірів, умовних графічних позначень і інше);
- Датчики - тека з атрибутами, які дозволяють контролювати задані параметри моделі (наприклад, масу);
- Матеріал - атрибут, що дозволяє задавати властивості матеріалу деталі (рис. 16.4).

Базова допоміжна геометрія включає:

- «Спереду», «Зверху», «Справа» - елементи допоміжної геометрії, що описують базові площини нерухомої системи координат модельованого простору;
- «Вихідна точка» - елемент допоміжної геометрії, що описує початок відліку і осі системи координат модельованого простору.

16.3 Інтерфейс графічного вікна

Візуалізація деталі відображається в графічному вікні (рис. 16.3). Основні елементи інтерфейсу графічного вікна показані на рис. 16.5.

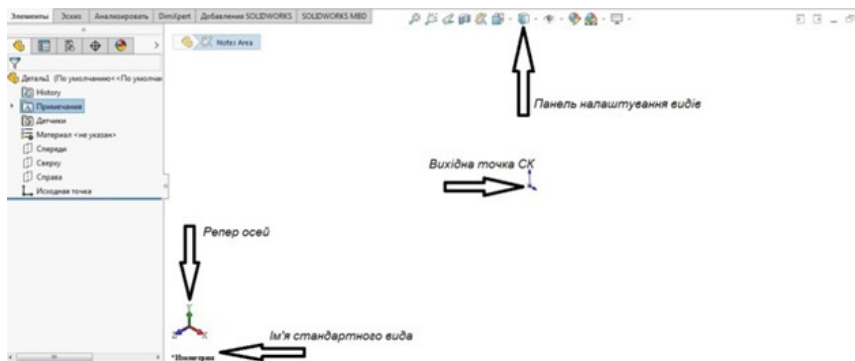


Рисунок 16.5

Питання для самоконтролю до шістнадцятого розділу:

1. Що представляє собою програма SolidWorks? Для чого вона призначена?
2. Які типи електронних документів можна створити у SolidWorks?
3. Що представляє собою менеджер конструювання програми?
4. Які основні вкладки містяться у менеджері конструювання SolidWorks?
5. Що представляє собою графічне вікно SolidWorks?

17 ЗАСТОСУВАННЯ ДОПОМІЖНОЇ ГЕОМЕТРІЇ В SOLIDWORKS. СТВОРЕННЯ ВЛАСНОГО КРЕСЛЯРСЬКОГО ЛИСТА

Допоміжна геометрія - сукупність ГЕ, які використовуються у процесі створення геометричної моделі виробу, але не є елементами цієї моделі.

Робота розпочинається із створення ескізу моделі у певній площині. Щоб відобразити потрібну площину в графічному вікні:

- необхідно навести курсор мишки на значок площини в дереві конструювання і натиснути праву кнопку мишки: відкриється контекстне меню (КМ) як показано на рис. 17.1.
- на панелі інструментів КМ тиснемо кнопку «Приховати/Відобразити» із зображенням окулярів
- значок площини змінить вид, а в графічному вікні з'явиться рамка площини з маркерами (рис. 17.1).

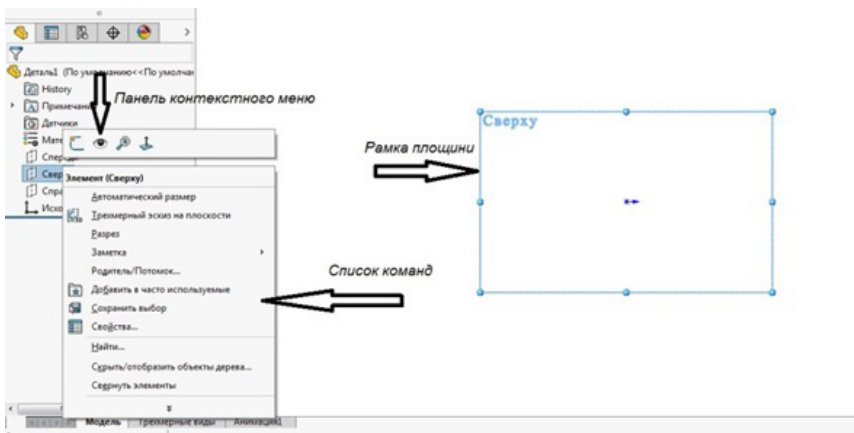


Рисунок 17.1

Елемент площина є нескінченним, але рамка площини має кінцеві розміри, які можна міняти за допомогою маркерів мишкою.

Можливості мишки: **виділення елементів** – здійснюється натисканням лівою кнопкою; **контекстне меню** – викликається натисканням правою кнопкою; **масштабування** - обертанням колеса (збільшується та область, куди вказує курсор мишки); **поворот виду** моделі в графічному вікні - переміщати мишку, натиснувши і утримуючи колесо як кнопку; **переміщення** (панорамування) виду моделі в графічному вікні - Ctrl + переміщати мишку, натиснувши і утримуючи колесо.

Робота з клавіатурою:

В таблиці 17.1 наведені часто використовувані стандартні гарячі клавіші SolidWorks.



Таблиця 17.1

ДІЯ	ПОЄДНАННЯ КЛАВІШ
Зняття виділення елемента, відміна команди	Esc
<i>Види моделі</i>	
Обертати модель:	
горизонтально або вертикально	Клавіші із стрілками
горизонтально або вертикально з кроком 90 градусів	Shift+клавіші із стрілками
за годинниковою стрілкою або проти годинникової стрілки	Alt+клавіші з стрілками вліво або вправо
Переміщати модель	Ctrl+клавіші із стрілками
Збільшити зображення	Z
Зменшити зображення	z
Змінити в розмір екрану	f
Попередній вид	Ctrl+Shift+Z
<i>Орієнтація виду</i>	
Меню Орієнтація виду	Пропуск
Спереду	Ctrl+1
Ззаду	Ctrl+2
Ліворуч	Ctrl+3
Справа	Ctrl+4
Згори	Ctrl+5
Знизу	Ctrl+6
Ізометрія	Ctrl+7
Перпендикулярно	Ctrl+8
<i>Елементи меню Файл</i>	
Новий документ SolidWorks	Ctrl+N
Відкрити документ	Ctrl+O
Зберегти	Ctrl+S

Слід ознайомитися зі способами роботи із зображенням в графічному вікні, використовуючи як об'єкти **елементи допоміжної геометрії** модельованого простору (рис. 17.2).

Додамо до стандартних площин ще один елемент допоміжної геометрії – вісь. Для цього слід виконати наступні дії: в панелі інструментів



вибираємо команду «Довідкова геометрія» і тиснемо на команді вісь (рис. 17.3). В менеджері конструювання відкривається вікно властивостей команди. Тиснемо кнопку дві площини і вибираємо їх, наприклад – «Спереду» і «Зверху». Тиснемо галочку і закінчуємо операцію

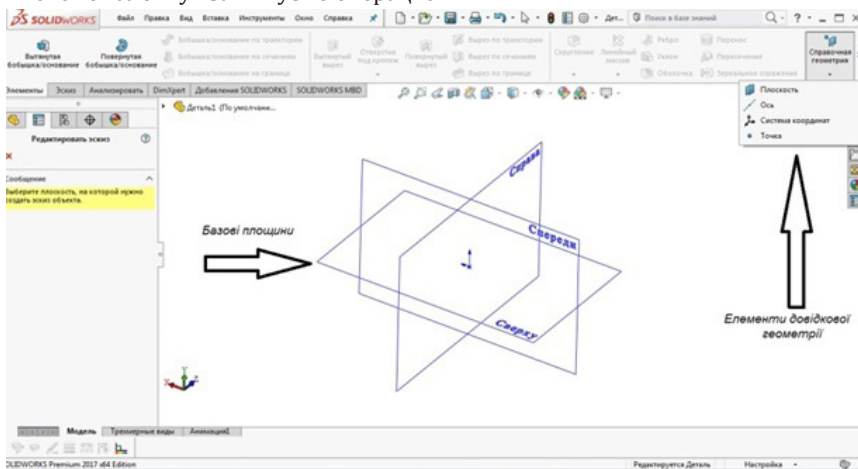


Рисунок 17.2

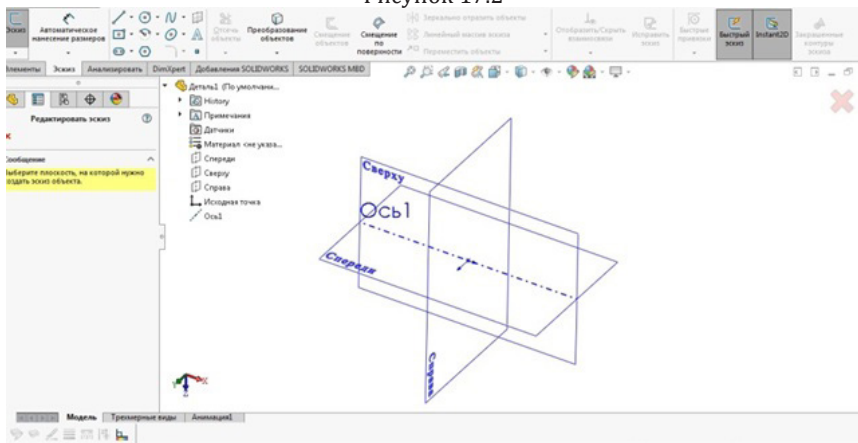


Рисунок 17.3

Додамо ще один елемент допоміжної геометрії, наприклад площину, що проходить через «вісь1» і складає із площиною «Зверху» кут 45° . Для цього викликаємо в інструменті «Довідкова геометрія» команду «Площина». А у вікні властивостей вибираємо перше посилання «вісь1», а друге – площина «Зверху» зі значенням кута 45° (рис. 17.4).

Для створення будь-якої тривимірної моделі деталі необхідно створити двовимірний ескіз. **Ескізи в SolidWorks** можуть знаходитися в наступних станах:

- підвішений (відображається коричневим кольором) - вказує на невірешену геометрію ескізу;



- керований (відображається жовтим кольором) - вказує на розмір, що повторюється, або непотрібний взаємозв'язок;
- не довизначений (синій колір) - вказує на об'єкт ескізу, якому необхідно задати розмір або взаємозв'язок з іншим об'єктом ескізу;
- визначений (чорний колір) - правильно задані усі розміри і взаємозв'язки з об'єктами ескізу;
- не припустимий (жовтий колір) - вказує на неприпустимі об'єкти ескізу, які задають невірні в поточному стані ескізу;
- не вирішений (червоний колір) - вказує на те, що геометрія ескізу не може визначити положення одного або декількох об'єктів ескізу.

Перед виконанням роботи необхідно створити свій стандартний шаблон формату для представлення електронних документів - креслень.

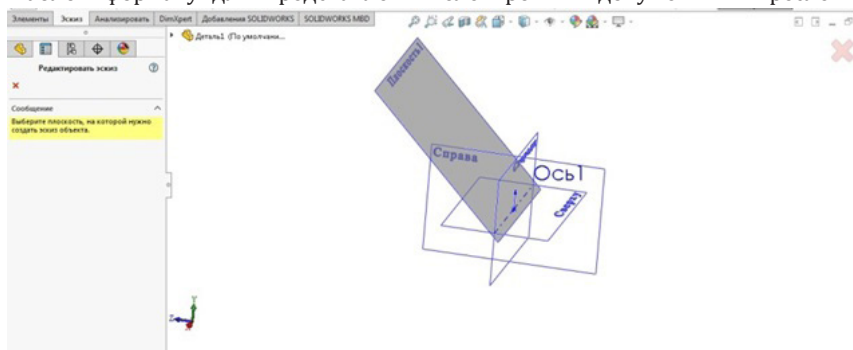


Рисунок 17.4

Для цього в стрічці меню натискаємо **Файл/Новий/Креслення** (рис. 17.5). У вікні «Новий документ SolidWorks» вибираємо «Шаблон креслення ГОСТ» і натискаємо ОК. У полі «Формат листа/Розмір» вибираємо шаблон, наприклад «a3 - gost_sh1_land», ставимо усі необхідні налаштування і натискаємо ОК.

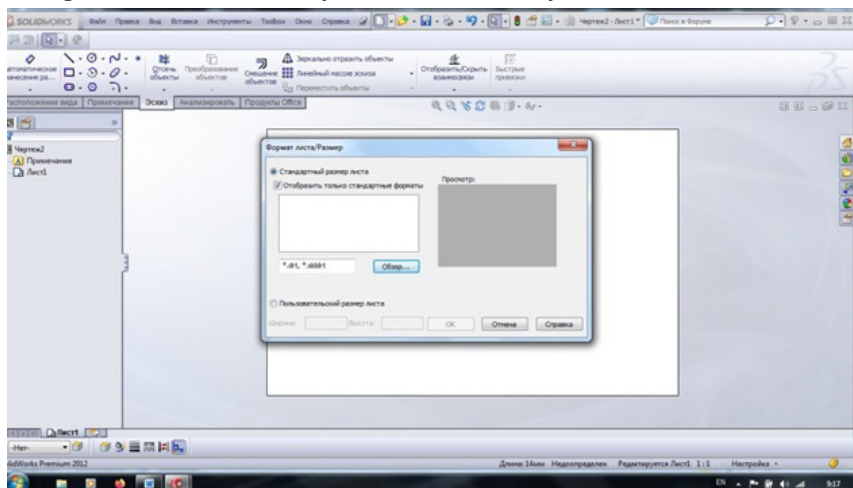


Рисунок 17.5

Відкривається лист креслення формату А3 із кутовим штампом (рис. 17.6). Зразу можна помітити, що шрифти такого основного напису не відповідають ДСТУ, їх слід замінити на стандартні шрифти, які попередньо повинні бути встановлені на комп'ютер.

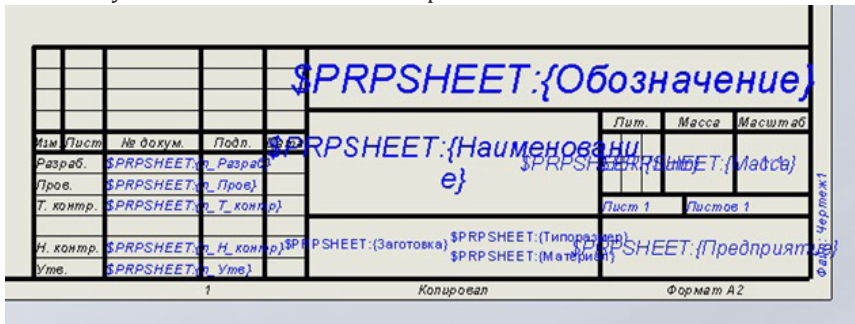


Рисунок 17.6

Щоб форматка креслення стала доступна для редагування треба натиснути правую кнопку мишки на порожньому полі креслення і вибрати рядок «**Редагувати основний напис**» (рис. 17.7).

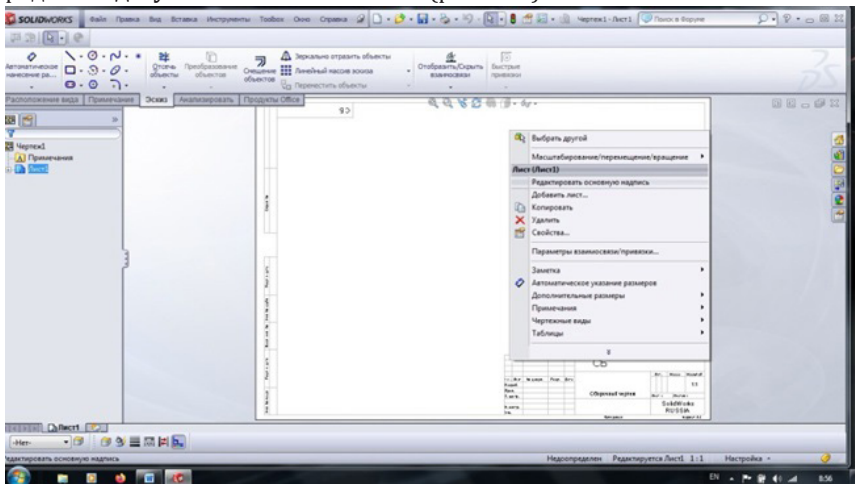


Рисунок 17.7

Як бачимо для редагування стали доступні не лише стандартні написи але також і посилання, які вказуються при побудові 3D-моделі і відображаються на кресленні цієї моделі. До таких посилань, наприклад, відноситься прізвище розробника, позначення деталі, маса деталі і т. і.

Це достатньо зручно, оскільки при створенні нового креслення із моделі основний напис не потрібно буде щоразу заповнювати вручну. Редагуємо повністю основний напис відповідно до вимог стандартів (ДСТУ 2.104-2016) (рис. 17.8).

Після закінчення редагування форматки креслення необхідно вийти із режиму редагування натиснувши на кнопку в правому верхньому кутку.





Рисунок 17.8

Залишається зберегти новий шаблон кресленика формату А3 у теці стандартних форматок SolidWorks під власним ім'ям, для чого тиснемо **Файл/Зберегти основний напис**. Нова форматка креслення А3 буде збережена і доступна при створенні будь-якого нового креслення.

Питання для самоконтролю до сімнадцятого розділу:

1. Які функції допоміжної геометрії в SolidWorks?
2. Для чого створюється індивідуальний шаблон у SolidWorks?
3. Якими інструментами редагується у програмі основний напис для кресленика?

18 ЕТАПИ СТВОРЕННЯ ЕСКІЗІВ

Створення ескізів – це основа проектування в SolidWorks.

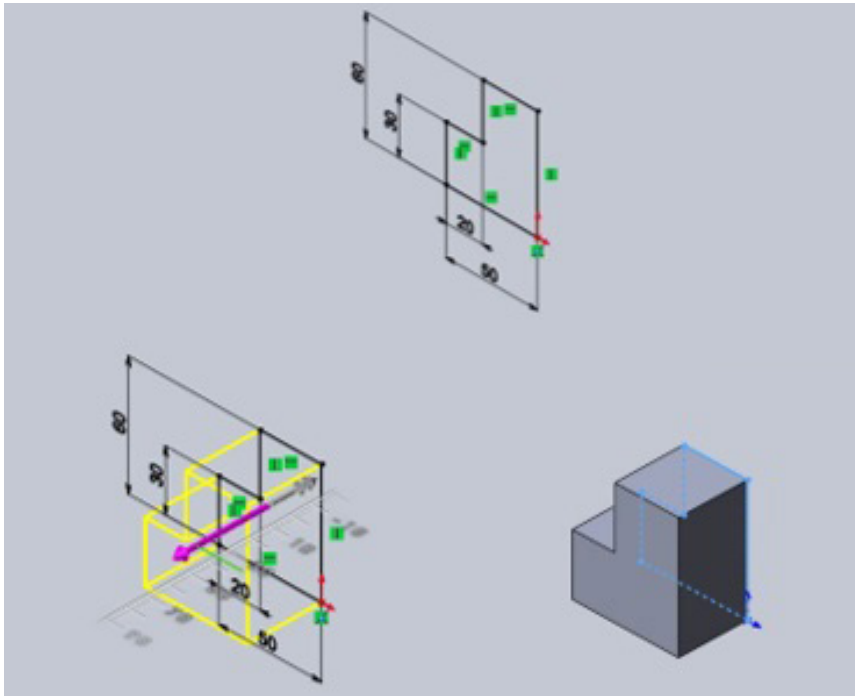


Рисунок 18.1

Ескізи використовуються для створення всіх просторових елементів через:

- Витягування (рис. 18.1);
- Обертання (рис. 18.2);
- Створення об'єктів по заданій траєкторії (рис. 18.3);
- Створення об'єктів по заданим перерізам (рис. 18.4).

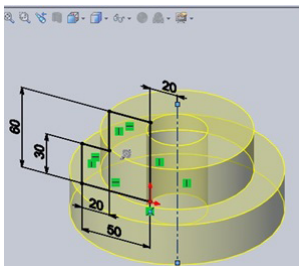


Рисунок 18.2

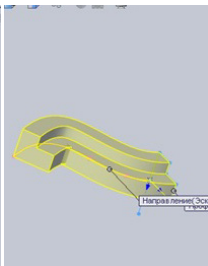


Рисунок 18.3

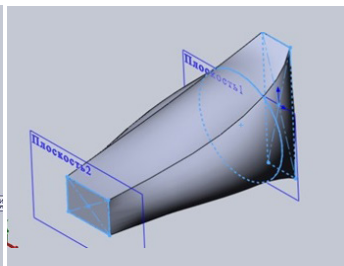


Рисунок 18.4



Ескізи – це набори двовимірної геометрії, які можна використовувати для створення твердотілих деталей.

Процес побудови моделі починається із створення нового документа деталі. З'явиться діалогове вікно, у якому натиснувши функцію **Ескіз**, отримаємо наступний екран (рис. 18.5).

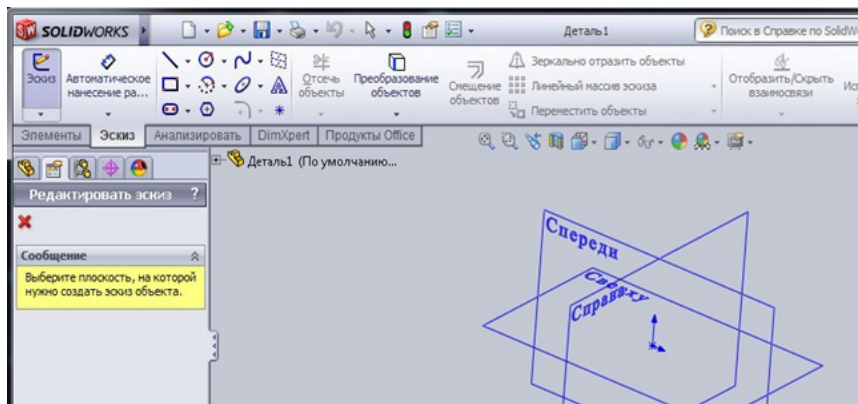


Рисунок 18.5

Креслення ескізу – це робота по створенню двовимірного каркасного профілю майбутньої деталі. Звичайними елементами такого каркаса є **лінії, кола, дуги, багатокутники і т.і.** Створення ескізу каркаса є динамічним процесом зі зворотнім зв'язком через курсор миші, що суттєво спрощує процес побудови.

Після вибору форми представлення деталі, наприклад як на рис. 18.6, натискаємо кнопку **Ескіз** і отримаємо графічне вікно із трьома взаємноперпендикулярними площинами (рис. 18.5).

Для створення ескізу необхідно вибрати площину, у якій він буде будуватися. Можна вибрати одну із площин, які наведені на рис. 18.5 – «Спереду», «Справа» або «Зверху».

Клацанням кнопки мишки, вибираємо площину **«Спереду»**, чим активуємо функцію створення двовимірного профілю на вибраній площині.

Символ по середині площини вказує на вихідну точку даного ескізу, до якої слід прив'язувати всі його елементи і він також дає інформацію про

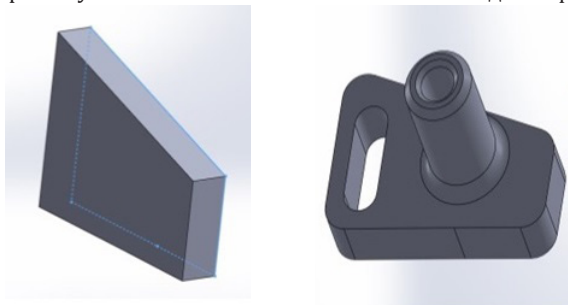


Рисунок 18.6

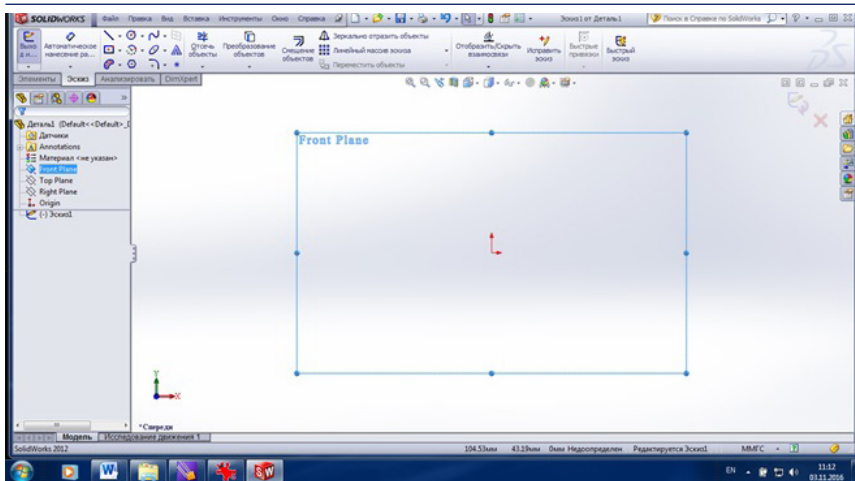


Рисунок 18.7

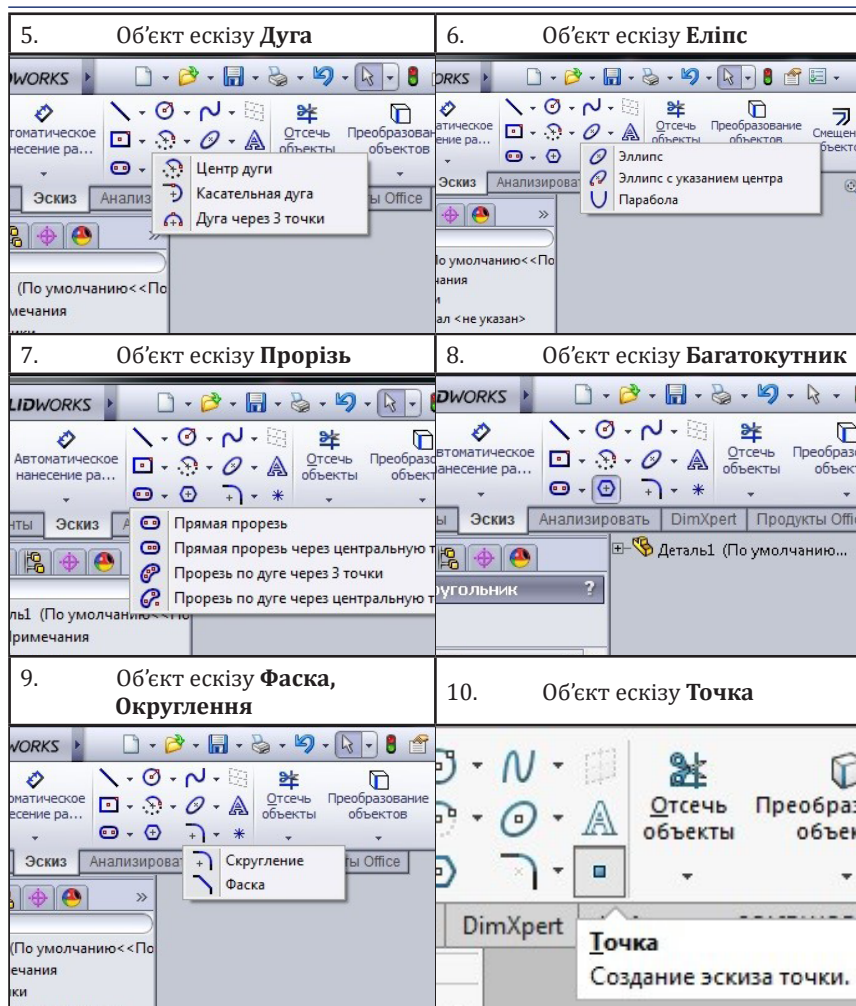
активність ескізу. На рис. 18.7, у кутку графічного вікна показано, що ескіз активний.

SolidWorks пропонує чималу палітру інструментів **Ескізу**, за допомогою яких можна створювати двовимірні профілі. В таблиці 18.1 наведені основні інструменти для створення ескізу.

Таблиця 18.1

1. Об'єкт ескізу Лінія	2. Об'єкт ескізу Коло
3. Об'єкт ескізу Сплайн	4. Об'єкт ескізу Прямокутник





Оптимальним способом початку роботи над ескізом є використання команди **Лінія**. Для цього на панелі інструментів ескізу слід натиснути лівою кнопкою миші команду **Лінія**.

При викреслюванні **лінії**, на екрані будемо бачити довжину лінії і взаємозв'язки лінії або множини ліній, наприклад: горизонтальність, вертикальність, перпендикулярність, співпадання і т. і.

В інструментах креслення є безліч функцій зворотного зв'язку. Курсор змінюється, показуючи який тип об'єкту створюється. Він також вказує на можливі варіанти вибору подальших дій: кінцева точка, середина відрізка, точки співпадання – за допомогою червоної точки при наведенні курсору. Найбільш використовуваними позначеннями зворотного зв'язку є: кінцева, середня точки на відрізку і співпадання рис. 18.8.





Рисунок 18.8

При викреслюванні поперечного профілю в ескізі (рис 18.6) не треба турбуватися про розміри кожного сегменту контуру. Замкнутий контур можна створити наближено (рис. 18.9), а потім розмірами і взаємозв'язками привести ескіз до потрібної геометрії контуру (рис 18.6).

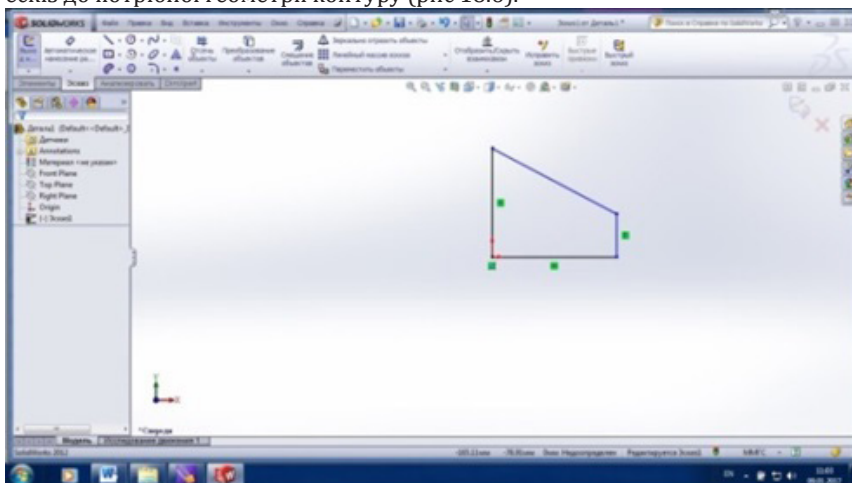


Рисунок 18.9

Відображення взаємозв'язків може бути увімкнене або вимкнене за допомогою меню «Вид, **Взаємозв'язки ескізу**». Відключення інструмента лінія відбувається шляхом натискання клавіші **Esc**.

У будь-який момент ескіз може знаходитись у п'яти станах визначеності, які згадувалися вище. Стан ескізу визначається взаємозв'язками між геометрією та розмірами об'єкту.

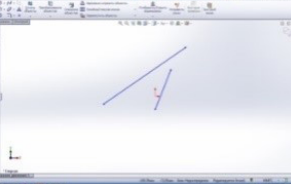
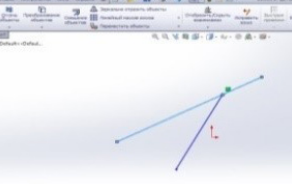

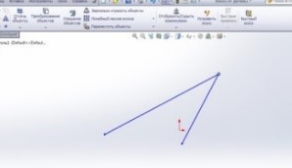
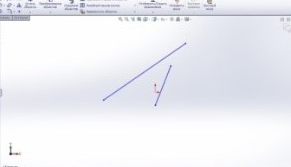

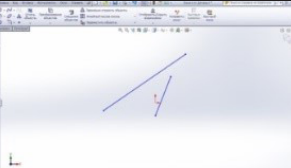
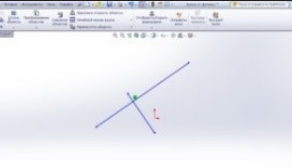
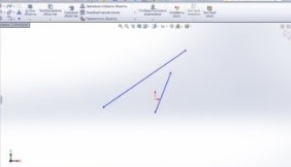
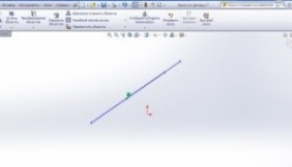

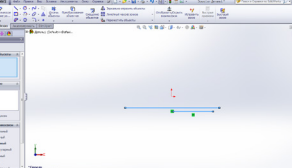
Ідея кожного проекту реалізується виконанням двох аспектів: **взаємозв'язками** елементів ескізу та **розмірами**. Взаємозв'язки елементів ескізу дозволяють втілити ідею та результати проекту. Автоматичні взаємозв'язки додаються по мірі створення об'єкту. Для елементів у яких відсутні взаємозв'язки, існують інструменти, що дозволяють створювати додаткові взаємозв'язки відповідно вибраної геометрії.

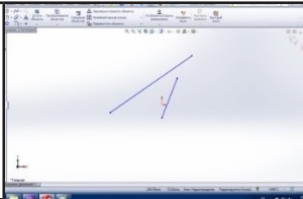
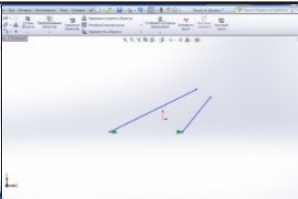
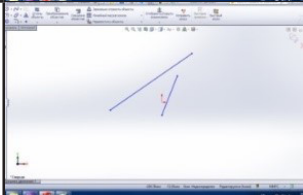
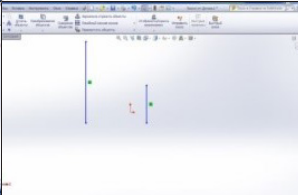
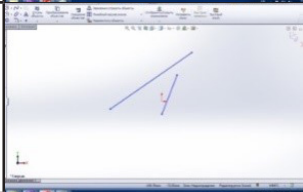
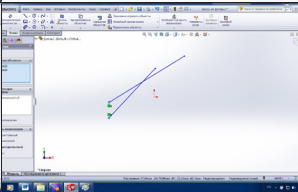
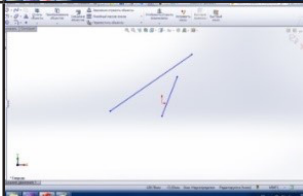
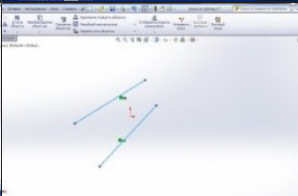
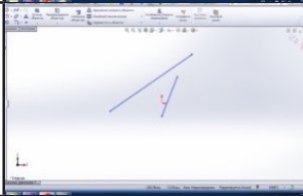
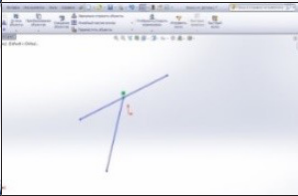
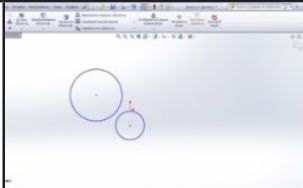
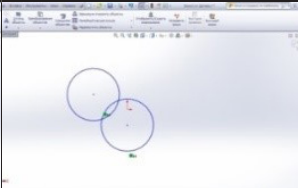
При натисканні на елементі, у **Менеджері властивостей** відображаються існуючі взаємозв'язки, а також набір взаємозв'язків, які додатково можна використати для конкретного елемента. Також легко за допомогою клавіші **Delete** можна видалити ті чи інші взаємозв'язки.



Існує ціла множина можливих взаємозв'язків елементів ескізу. Найбільш використовувані взаємозв'язки наведені у таблиці 18.2.

Таблиця 18.2

Взаємозв'язок	До	Після
Співпадання лінії і кінцевої точки		
Співпадання двох кінцевих точок		
Паралельність двох або декількох ліній		
Перпендикулярність двох ліній		
Колінеарність двох ліній		
Горизонтальність однієї або декількох ліній		

Горизонтальність між точками		
Вертикальність однієї або декількох ліній		
Вертикальність між двома або декількома точками		
Рівність двох або декількох ліній		
Середня точка між лінією і кінцевою точкою		
Рівність двох дуг або кіл		

Інструмент **Автоматичне нанесення розмірів** визначає необхідні розміри елементів на основі вибраної геометрії. Для того, щоб проставити розміри якогось елемента необхідно клацнути на вкладці **Автоматичне нанесення розмірів**, а потім на елементі проставити певний тип розміру (рис. 18.10).



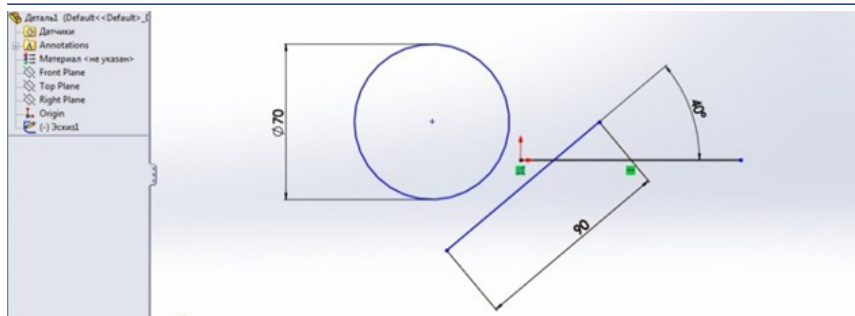


Рисунок 18.10

На рисунку 18.11 показано приклад побудови ескізу деталі типу «Пластина».

Готовий ескіз (рис. 18.11) можна витягнути для створення першого елемента майбутньої деталі (рис. 18.12). Для цього на панелі інструментів знаходимо вкладку **Елементи, Витягнута бобишка/основа**.

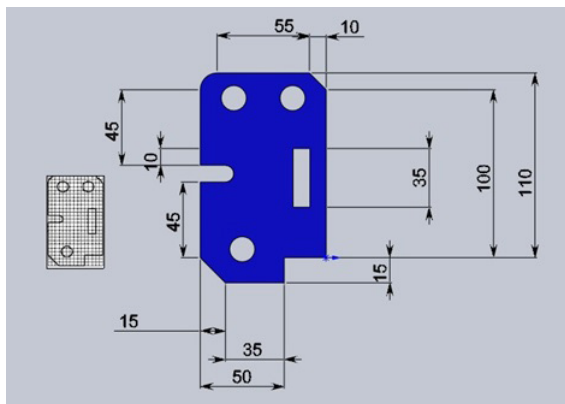


Рисунок 18.11

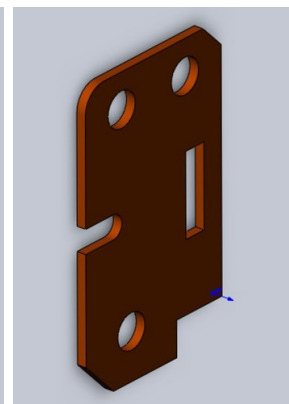


Рисунок 18.12

У **Менеджері властивостей** (зліва) виставляємо параметр **на заданій відстані** і вказуємо саму відстань (наприклад 4 мм), тобто товщину створюваного елемента. Тиснемо **Ок** – перший твердотілий елемент створено (рис. 18.12).

Питання для самоконтролю до вісімнадцятого розділу:

1. Що являють собою ескізи у програмі SolidWorks?
2. Які основні площини пропонуються програмою для створення ескізів?
3. Назвіть основні об'єкти (інструменти) ескізу у SolidWorks?
4. Які основні взаємозв'язки для елементів пропонуються в SolidWorks?
5. Які можливості відкриває інструмент програми «Автоматичне нанесення розмірів»?



19 ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ

19.1 Інструмент «бобишка/виріз витягнути»

У програмному забезпеченні SolidWorks існує безліч термінів, із якими користувач буде поступово знайомитись під час роботи із посібником.

1. **Елементи** – це всі створювані користувачем у SolidWorks площини, ескізи, вирізи, бобишки і т. і.

2. **Площини** – це всі плоскі і водночас нескінченні поверхні, які представляються на екрані видимими кромками.

3. **Бобишка** – це твердотіла модель деталі, що побудована за заданим профілем шляхом його витягування.

4. **Ескіз** – це двовимірне креслення, яке задає профіль модельованої деталі.

5. **Виріз** – це команда для видалення певного слою матеріалу із деталі.

6. **Скруглення і округлення** – це дія для видалення або додавання різних елементів до кромки твердотілої моделі деталі.

7. **Ідея проекту** – це задум користувача, у якій послідовності буде створена та чи інша деталь.

У програмі SolidWorks існує, за замовчуванням, три базові площини: **Площина спереду**, **Площина зверху** і **Площина справа**. При виборі площини, у якій планується створення необхідного профілю деталі, слід враховувати два важливі аспекти: **перший** – вид і орієнтація деталі в збірці, **другий** – на що буде затрачено найбільше часу при створенні моделі деталі.

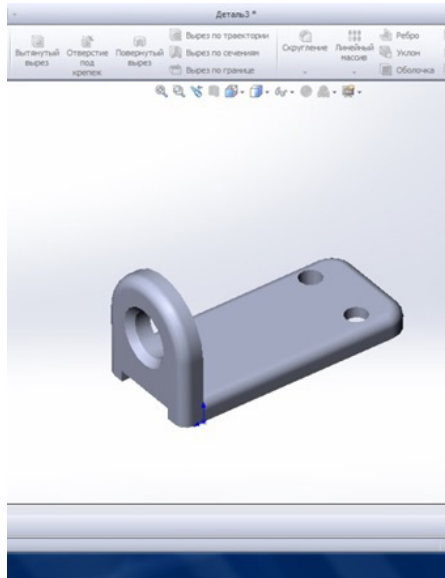


Рисунок 19.1

Аналіз та створення геометрії деталі.

В деталі (рис. 19.1), яка буде створюватись, є дві основні бобишки, декілька вирізів та округлень.

Дві основні бобишки мають свої профілі, які розташовані у різних базових площинах.

Процес створення деталі включає ряд етапів:

1. Спочатку створюємо файл нової деталі.

2. В розділі анотації можна задати необхідні параметри моделі.

3. Вибираємо площину ескізу для створення першої бобишки. Це - **Площина зверху** (рис. 19.2).

4. Далі командою **Прямокутник** із базової точки, наближено, будемо прямокутник і

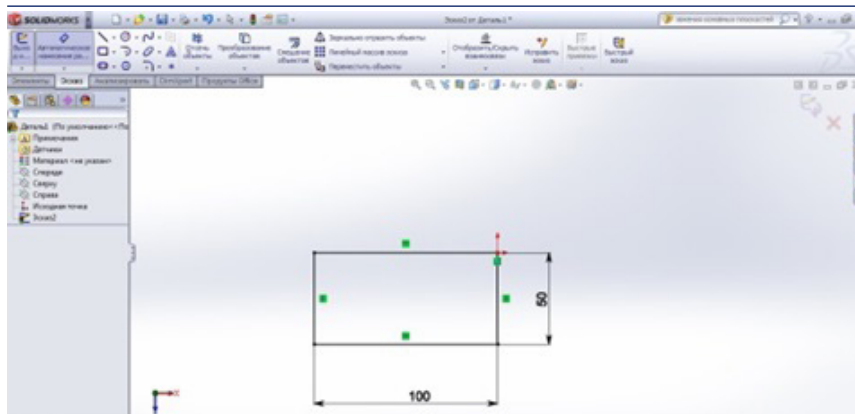


Рисунок 19.2

командою **Автоматичне нанесення розмірів** наносимо потрібні розміри на ескіз (рис. 19.2), що робить його повністю визначеним.

5. Командою **Витягнута бобишка** витягуємо даний профіль на задану висоту у потрібному напрямі, використовуючи для цього вікно **Менеджера властивостей** (рис. 19.3).

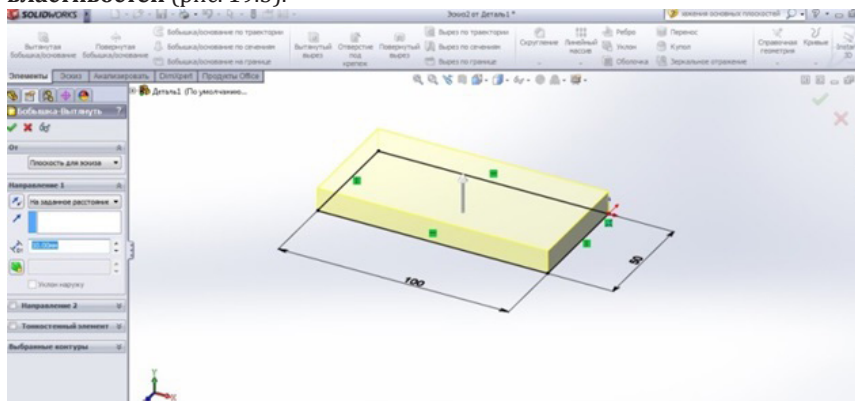


Рисунок 19.3

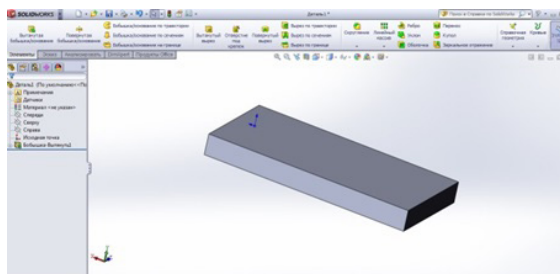


Рисунок 19.4

6. Нажимаємо кнопку **Ок**. Готовий елемент показано на рис. 19.4.

7. Будь-яку плоску грань даного елемента моделі можна вибрати у якості базової площини для наступного ескіза (рис. 19.5), клацнувши на ній два рази лівою кнопкою миші.

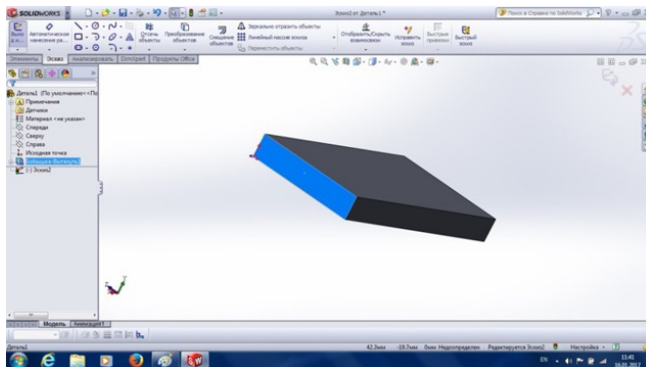


Рисунок 19.5

8. На панелі **Видів** ставимо цю площину (зафарбовану синім кольором) перпендикулярно до спостерігача і будуємо профіль для другого елемента (рис. 19.6) за допомогою команд **Ескіз**, **Лінія**, і **Дуга кола**.

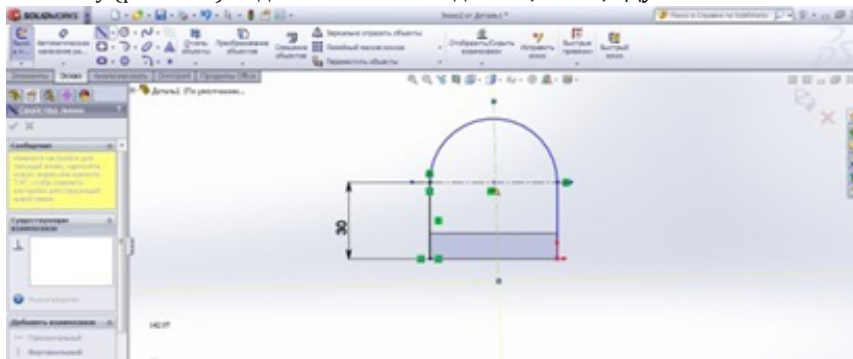


Рисунок 19.6

9. За допомогою нанесення необхідних розмірів робимо цей профіль визначеним (рис. 19.7).

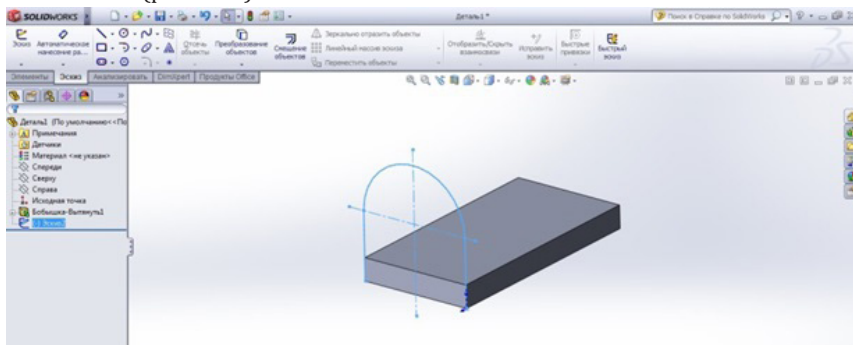


Рисунок 19.7

10. Командою **Витягнута бобишка** будуємо другий елемент деталі (рис. 19.8).



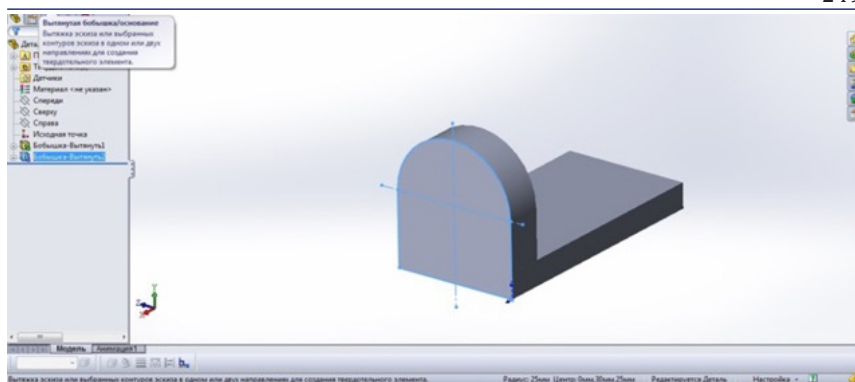


Рисунок 19.8

11. Вибираємо знову потрібну грань для створення наскрізного прямокутного вирізу по деталі (рис. 19.9).

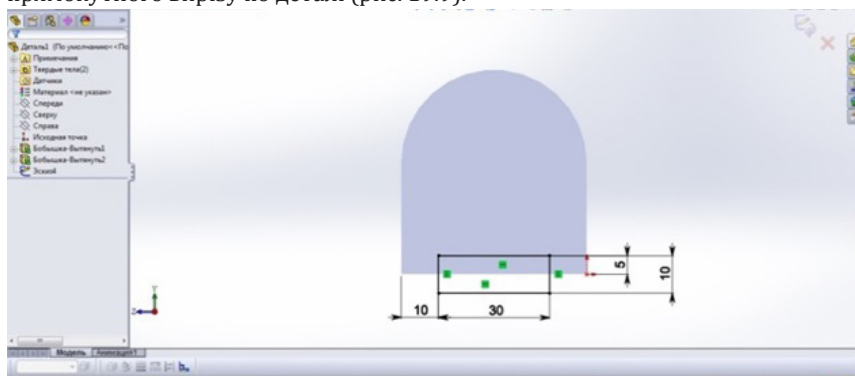


Рисунок 19.9

12. Будуємо у цій площині необхідний прямокутник і для визначеності цього ескізу наносимо необхідні розміри та прив'язки.

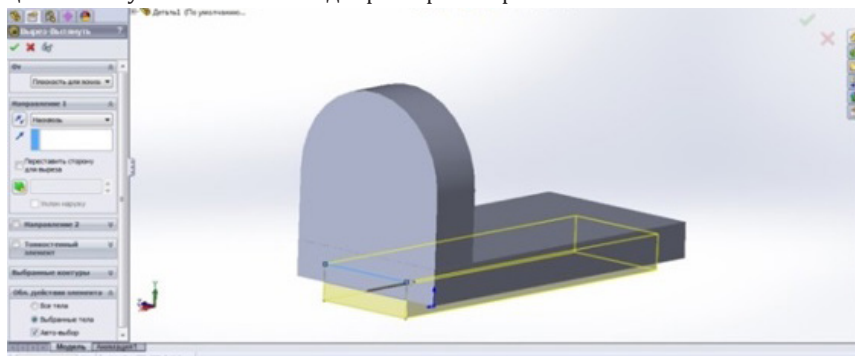


Рисунок 19.10

13. Командою **Витягнутий виріз у Менеджері властивостей** задаємо Наскрізь (рис. 19.10). Після команди **Ок**, отримаємо деталь (рис. 19.11).

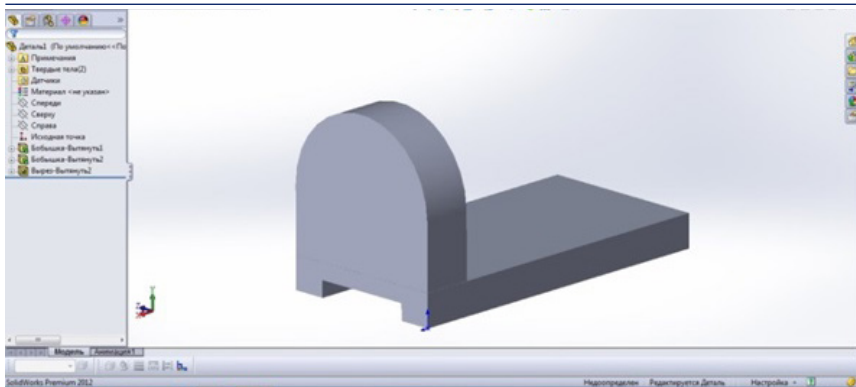


Рисунок 19.11

14. Для побудови двох наскрізних отворів вибираємо відповідну

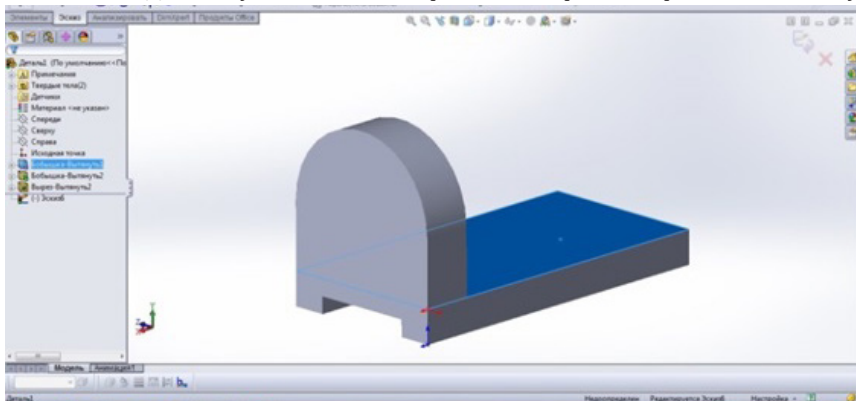


Рисунок 19.12

15. На вибраній площині наступного ескізу (зафарбованого синім кольором) будемо два кола для моделювання отворів (рис. 19.13), при цьому можна скористатися інструментом **Дзеркальне відображення**, використовуючи у **Менеджері властивостей** вісь відображення.

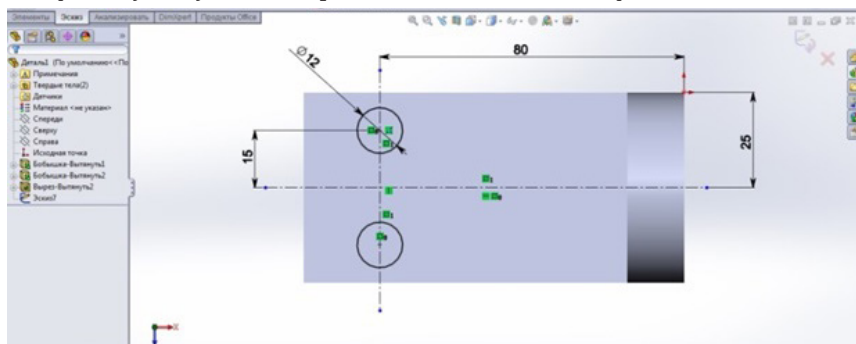


Рисунок 19.13

16. Наносимо необхідні розміри та прив'язки для майбутніх отворів (рис. 19.13) і, вийшовши із ескізу, командою **Витягнутий виріз**, **Наскрізь** будемо модель отворів у нижній пластині (рис. 19.14).

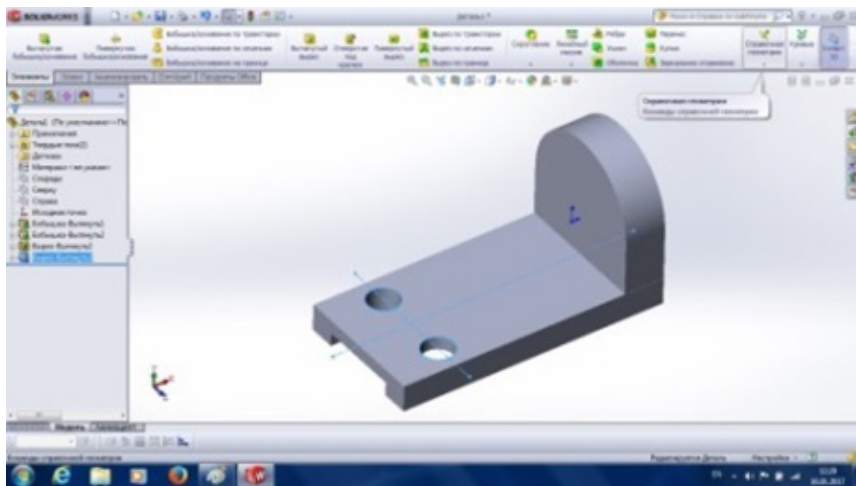


Рисунок 19.14

17. Для побудови отвору у вертикальній пластині, подвійним клацанням на грані, визначаємо площину наступного ескізу (рис. 19.15) і за допомогою команди **Вид** ставимо площину ескізу перпендикулярно до спостерігача (рис. 19.16).

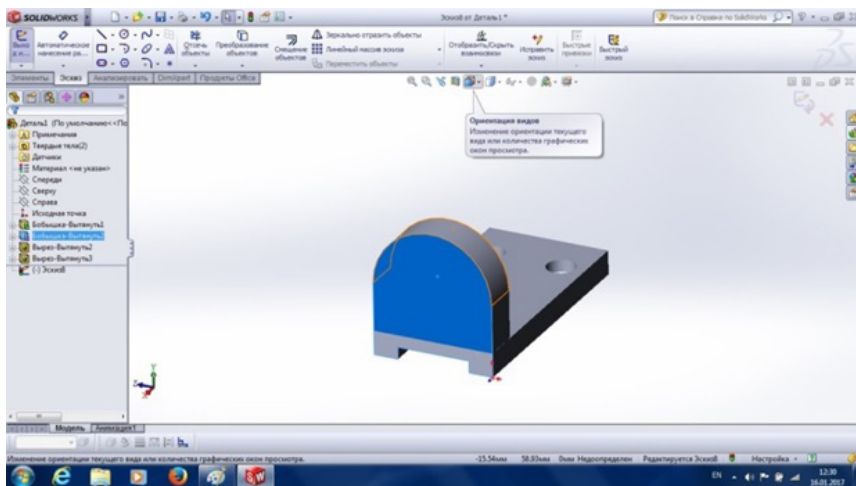


Рисунок 19.15

18. Наносимо необхідні розміри отвору та прив'язки.



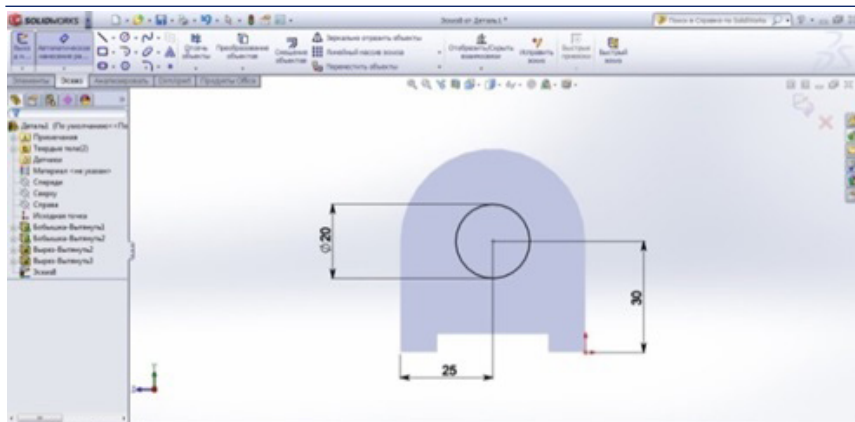


Рисунок 19.16

19. Командою **Витягнутий виріз, Наскрізь** будемо модель потрібного отвору у вертикальному елементі (рис.19.17). Натиснувши команду **Ок**, отримаємо готову, на цьому етапі, модель деталі (рис. 19.18).

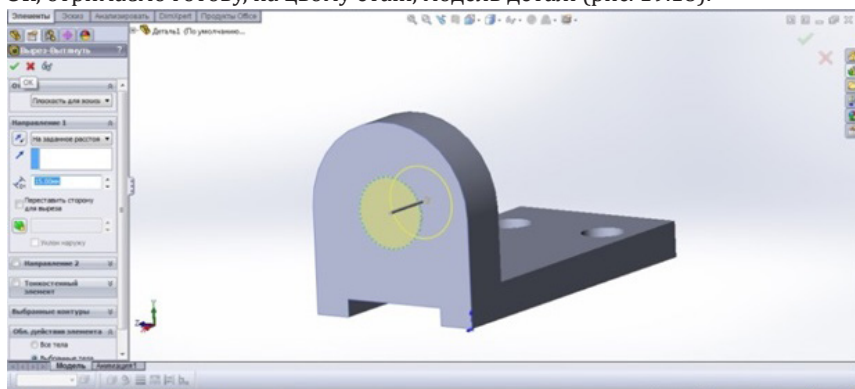


Рисунок 19.17

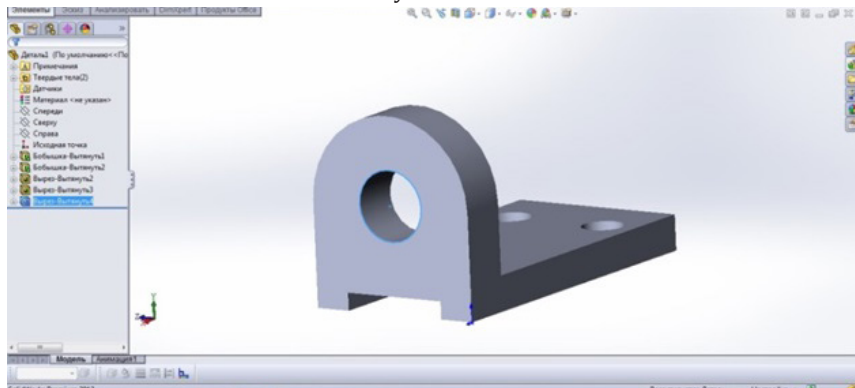


Рисунок 19.18

SolidWorks дозволяє представляти отриману твердотілу модель декількома способами (рис. 19.19) у вкладці **Стиль відображення**:

- Зафарбоване представлення.
- Зафарбоване із кромками.
- З відображенням невидимих ліній.
- Без відображення невидимих ліній.
- Каркасне представлення моделі.

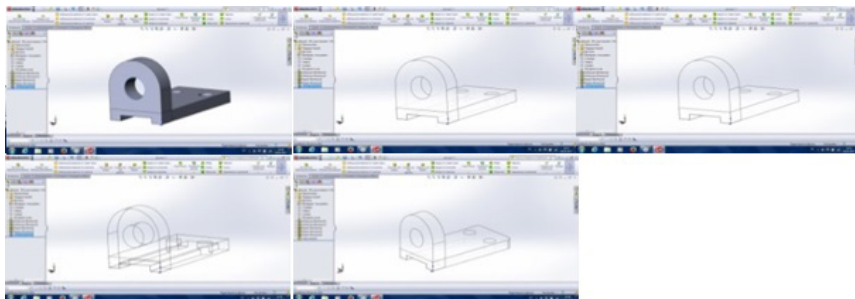


Рисунок 19.19

Для того, щоб побудувати округлення потрібних кромок слід вибрати в інтерфейсі команду **Округлення**, а у вікні **Менеджера властивостей**, клацанням по потрібним кромкам, задати їх та ввести радіус округлення (рис. 19.20).

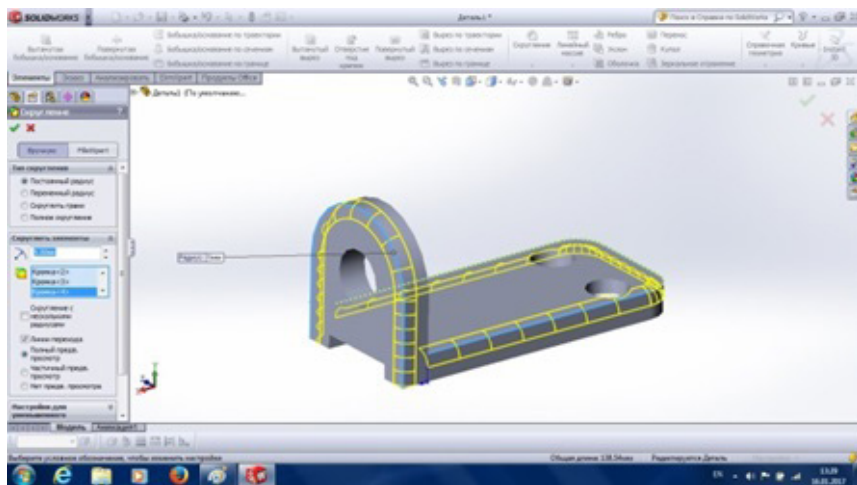


Рисунок 19.20

Після завершальної команди **Ок** – твердотіла модель створена.

У програмі SolidWorks можна змінювати колір і оптичні властивості створеної моделі. Для цього, треба клацнути у **Дереві конструювання** на елементі верхнього рівня і вибрати команду **Зовнішній вигляд**. У **Менеджері властивостей** (рис. 19.21) необхідно виставити потрібні параметри і

знову натиснути клавішу **Ok**. Створена модель відобразиться із іншими властивостями зовнішнього вигляду (рис. 19.22).

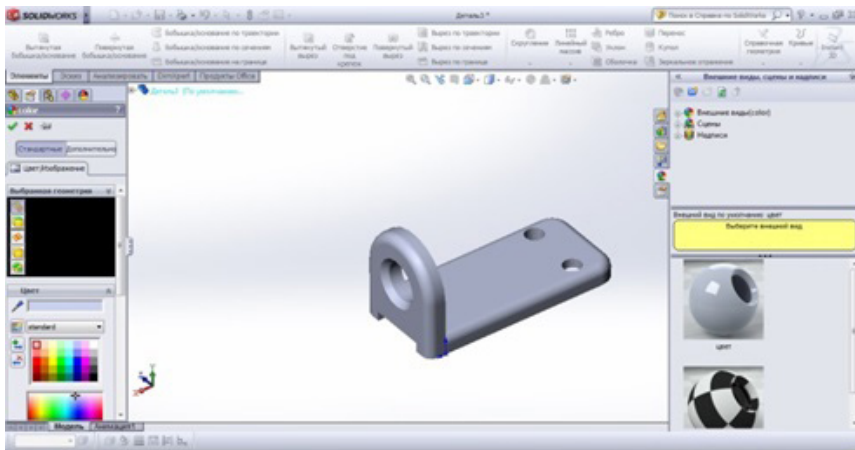


Рисунок 19.21

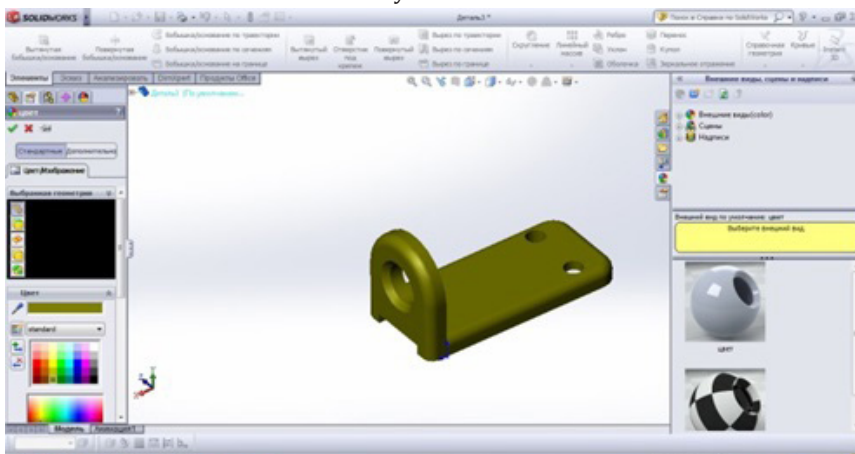


Рисунок 19.22

Зберігаємо створену модель через команду **Зберегти** у визначену папку.

19.2 Створення ГМ деталі для тіла обертання. Інструмент «бобишка/виріз повернуто»

Створення геометричної моделі тіл обертання може виконуватися із використанням послідовності витягнутих виступів і вирізів («бобишка витягнути»).

Проте, якщо тіло обертання в перерізі, що проходить через вісь обертання, має складну форму контуру, ефективніше застосування команди «бобишка повернути».

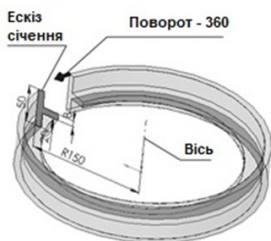


Рисунок 19.23

Застосований у такому випадку кінематичний спосіб утворення геометричної форми показано на рисунку 19.23.

Розглянемо побудову у такий спосіб геометричної моделі деталі типу «вал». Основа моделі, отримана обертанням заданого перерізу навколо осі.

Послідовність дій у створенні проекту наступна:

- Створюємо новий файл ГМ деталі.
- Створюємо новий ескіз на площині Спереду. В ескізі будемо осьову лінію - вісь валу і контур меридіонального перерізу валу, відповідно до рисунка 19.24, застосовуючи геометричні взаємозв'язки та необхідні розміри.
- Створений ескіз має бути повністю визначений.

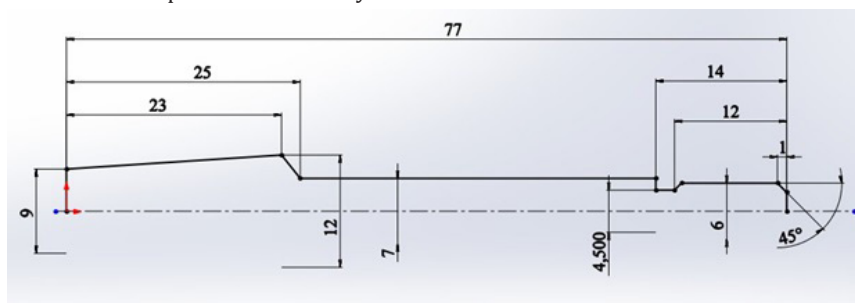


Рисунок 19.24

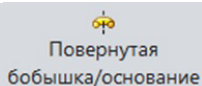


Рисунок 19.25

У вкладці «Елементи» стрічки команд Command Manager вибираємо команду «бобишка повернути» (рис. 19.25) і клацаємо на «Ескізі».

Оскільки контур перерізу валу в ескізі, утворений суцільною лінією і не є замкнутим, програма в діалоговому вікні видасть запит «Ескіз відкритий».

Для не тонкостінного елемента, що обертається, потрібний закритий ескіз. Хочете, щоб ескіз був закритий автоматично?

Щоб отримати суцільну твердотілу модель валу необхідно в діалоговому вікні, яке з'явилось, натиснути кнопку «Так» (рис. 19.26). Ескіз буде автоматично замкнутий лінією.

Параметри моделі будуть сформовані автоматично: вісь обертання - єдина осьова лінія ескізу, а кут обертання у напрямі 1 - 3600 (рис. 19.27).

Після натиснення «галочки» буде побудовано основу валу (рис. 19.28).

Додаємо глухий отвір на торці валу глибиною 18 мм і діаметром 8мм, отриманий свердлінням. Такий отвір закінчується кінчним поглибленням від свердла. У програмі SolidWorks є спеціальний фічер, що моделює технологічні операції обробки різних кріпильних отворів.



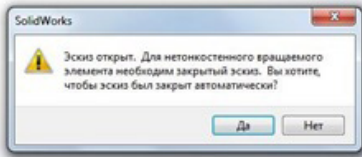


Рисунок 19.26

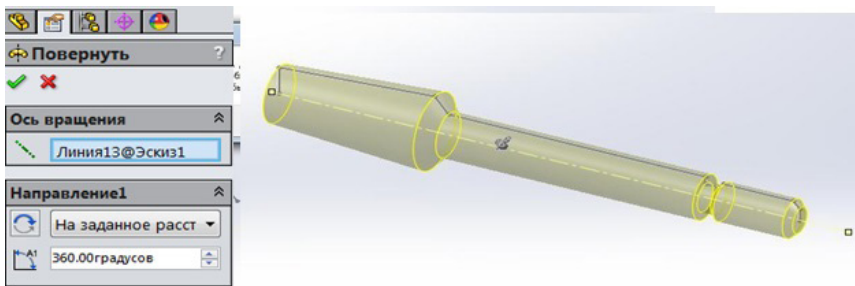


Рисунок 19.27

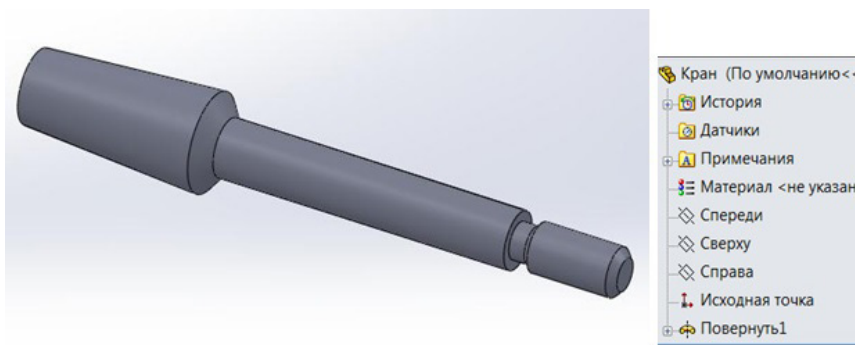


Рисунок 19.28

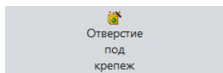


Рисунок 19.29

Для моделирования отверстия у вкладки «Элементы» необходимо выбрать команду «Отверстие под крепление» (рис. 19.29).

У вікні, що відкрилося, «Специфікація отворів» у вкладці «Тип» вибираємо кнопку «Отвір» як показано на рисунку 19.30.

Налаштовуємо параметри отвору: стандарт «Ansi Metric»; тип - «Розміри свердління», діаметр Ø8; гранична умова - «На задану відстань» 18 мм; параметри - переднє зенкування не потрібно.



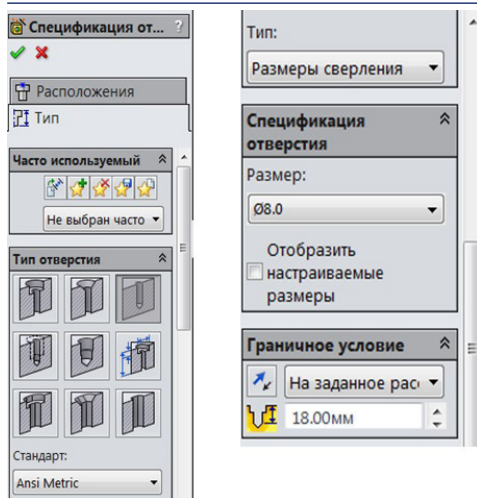


Рисунок 19.30

Для налаштування місця розташування отвору у вкладці «Розташування» вибираємо центр кола на конічній стороні валу (рис. 19.31).

Після натиснення «галочки» програма побудує отвір, а в дереві конструювання додасться новий елемент.

Для перегляду змодельованого отвору, можна змінити стиль відображення натисненням кнопки «Невидимі лінії відображаються» в панелі «Стилі відображення» (рис. 19.32).

При необхідності створення вирізів на неплоских гранях поверхонь необхідно використати допоміжну площину.

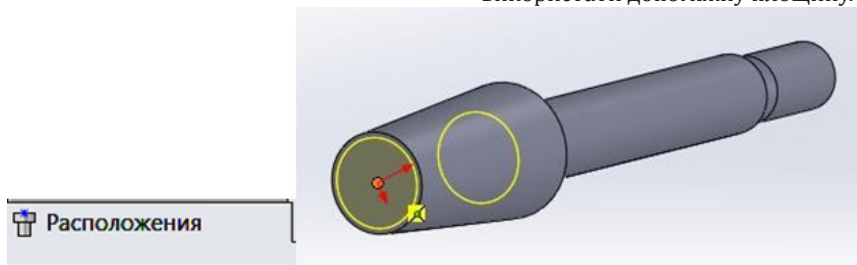


Рисунок 19.31

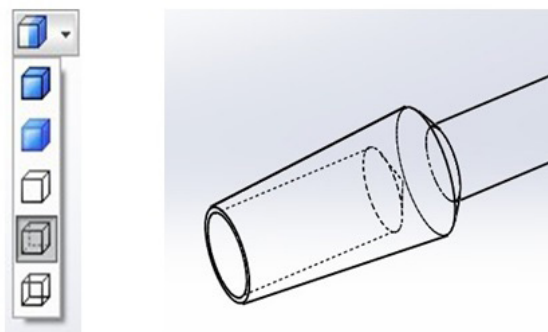
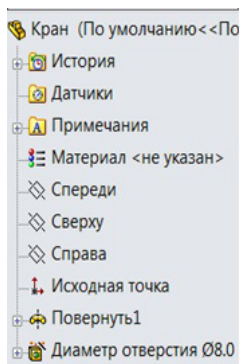


Рисунок 19.32

Нехай на конічній поверхні валу необхідно створити циліндричний виріз, всь якого перпендикулярна осі валу. Тоді ескіз отвору Ø8мм можна створити на площині Зверху, як показано на рис. 19.33. Центр кола має бути горизонтальним із вихідною точкою ескізу.

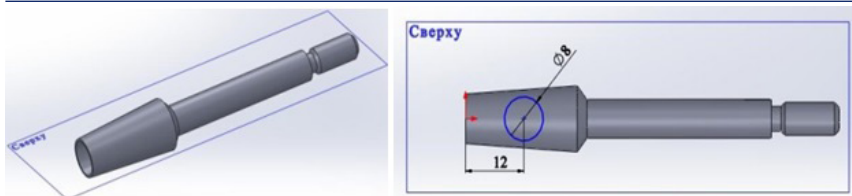


Рисунок 19.33

Створений ескіз повинен знаходитися в отворі, як показано на рис. 19.34.

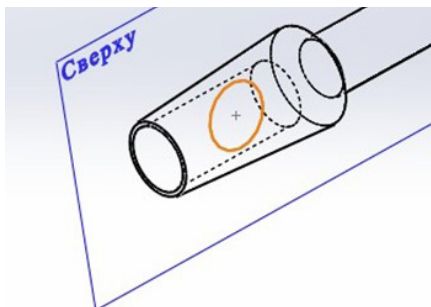


Рисунок 19.34

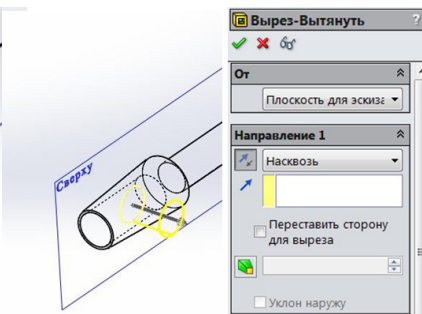


Рисунок 19.35

Створюємо витягнутий виріз. Для цього, в панелі інструментів «Елементи» вибираємо команду «Витягнутий виріз». Слід використати граничні умови Від «площина для ескізу», Напрямок 1 - «Наскрізь» (рис. 19.35).

Після натиснення «галочки», буде створений виріз як показано на рисунку, а дерево конструювання доповниться третім елементом (рис. 19.36).

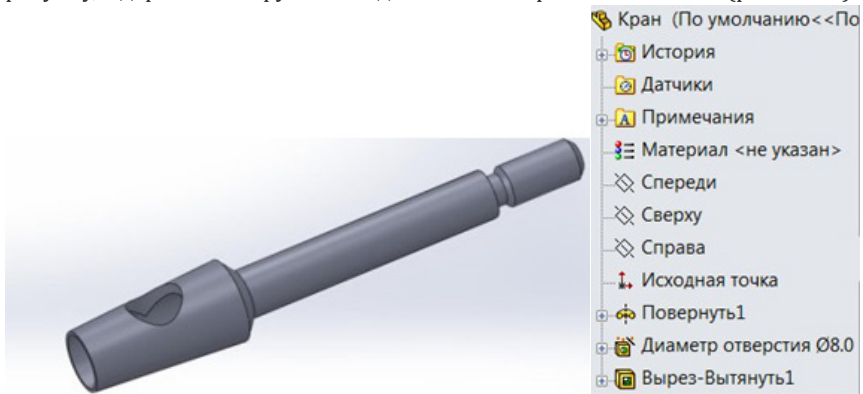


Рисунок 19.36

У ГМ деталі різьблення можна змоделювати точно, проте така модель розраховуватиметься занадто довго. Тому при створенні моделі, часто використовують спрощене моделювання різьблення.

Моделюваний вал має ділянку із різьбленням. Для відображення різьблення в головному меню необхідно вибрати команду «Вставка/Примітки/Умове зображення різьблення» (рис. 19.37).




 Условное изображение резьбы...

Рисунок 19.37

У вікні властивостей «Умовне зображення різьблення», в розділі «Налаштування різьблення» слід вибрати стандарт AnsiMetric, тип - машинне різьблення, розмір - M6x1.0, гранична умова - до наступного. В якості кромки слід вибрати Кромку1 різьбової ділянки, як показано на рис. 19.38.

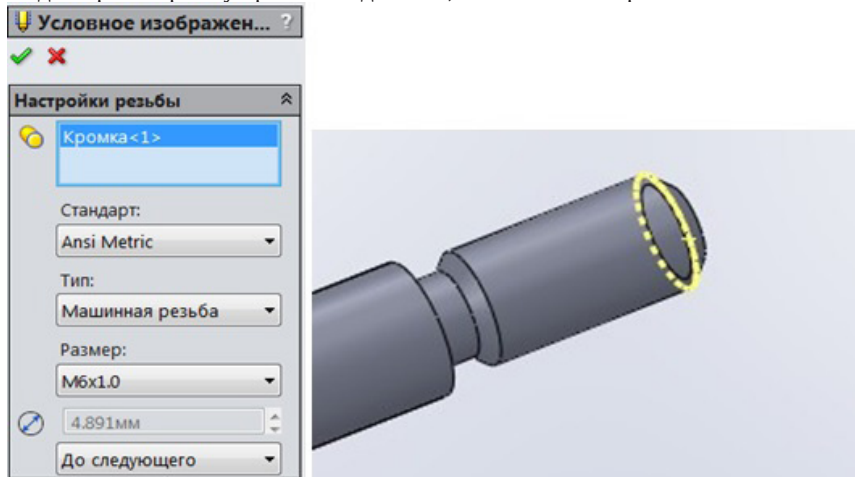


Рисунок 19.38

Після натиснення «галочки», на ділянці валу буде відображено імітоване різьблення. Відповідний елемент буде доданий в конфігурацію «Повернути1».

Якщо різьблення на валу не відобразилося, необхідно перевірити параметри документа. Для цього потрібно використати команду головного меню «Інструменти/Параметри». У вікні, що відкрилося, на вкладці «Властивості документа», у розділі «Оформлення» необхідно перевірити чи встановлені прапорці в параметрах «Умовні зображення різьблення» і «Зафарбовані умовні зображення різьблення» (рис. 19.39).

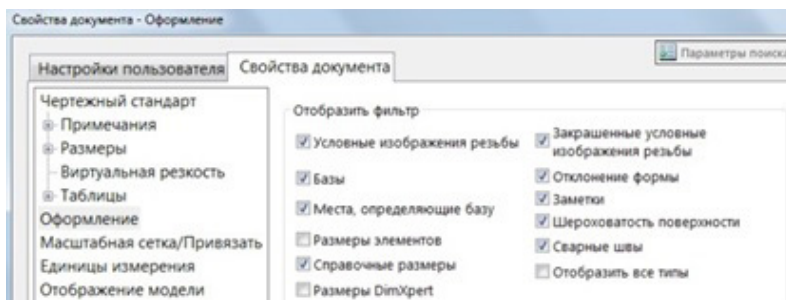


Рисунок 19.39

Виконаємо округлення у різьбовій проточці. Для цього в панелі інструментів «Елементи» необхідно вибрати команду «Скруглення».



У вікні властивостей, слід встановити тип округлення «Постійний розмір», вибрати дві кромки - Кромка 1 і Кромка 2, як показано на рисунку, встановити прапорцець «Скруглення з декількома радіусами» і призначити кожній із кромок свої радіуси округлення 1,0 і 0,5мм відповідно (рис. 19.40).

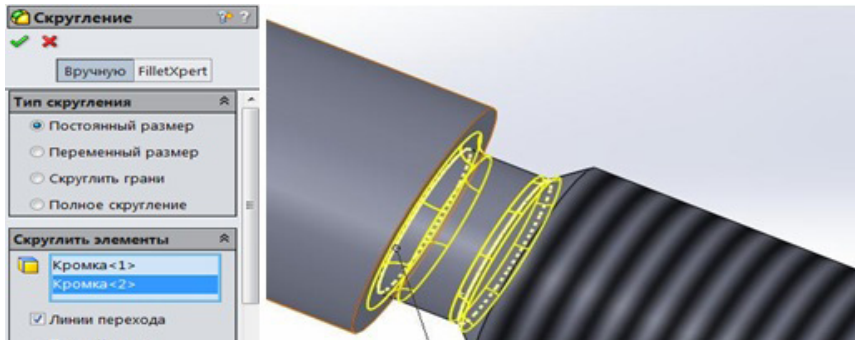


Рисунок 19.40

Після натиснення «галочки» відповідний елемент буде доданий в дерево конструювання (рис. 19.41).

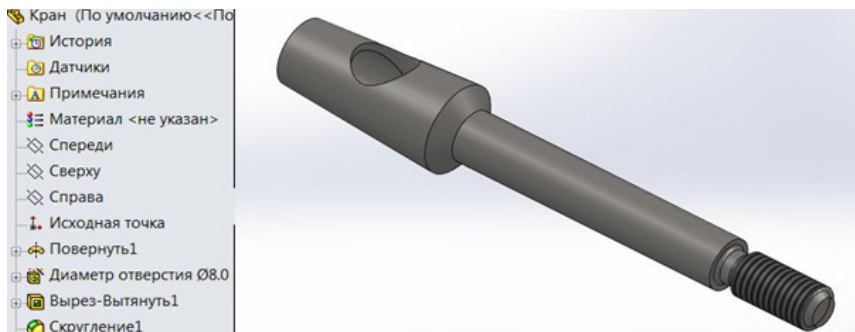


Рисунок 19.41

Для створення лиски циліндричної частини валу слід створити новий ескіз на торцевій плоскій грані циліндричної ділянки валу, як показано на рис. 19.42. В ескізі будемо контур багатокутника.

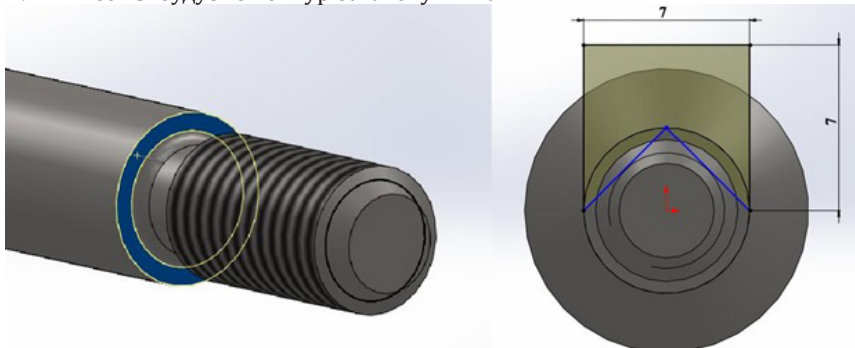


Рисунок 19.42

Створюємо фічерс «Витягнутий виріз» з граничними умовами - На задану відстань 10мм. Оскільки при побудові вирізу фактично виконується логічне віднімання двох тіл: від тіла деталі віднімається «тіло інструменту», форма ескизу може бути різною. Важливо тільки, щоб у результаті вирізу формувалася потрібна поверхня (рис. 19.43).

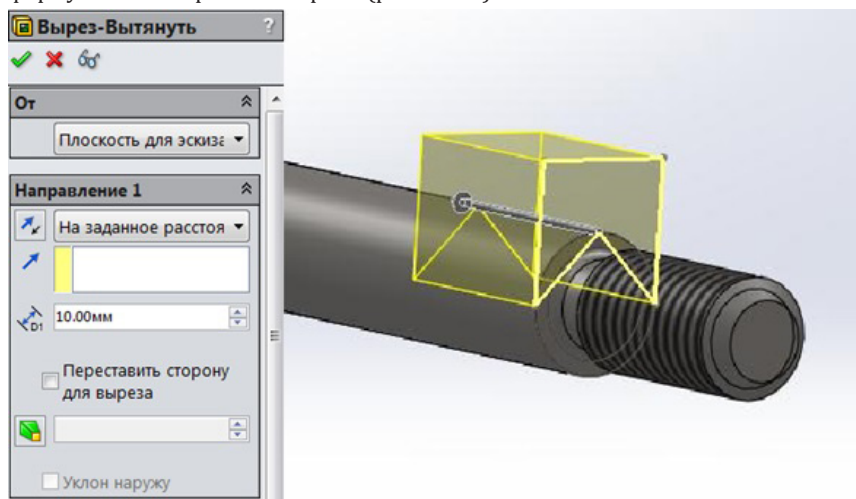


Рисунок 19.43

Остаточний вид ГМ валу і структура фічерсів у дереві конструювання показані на рисунку 19.44.

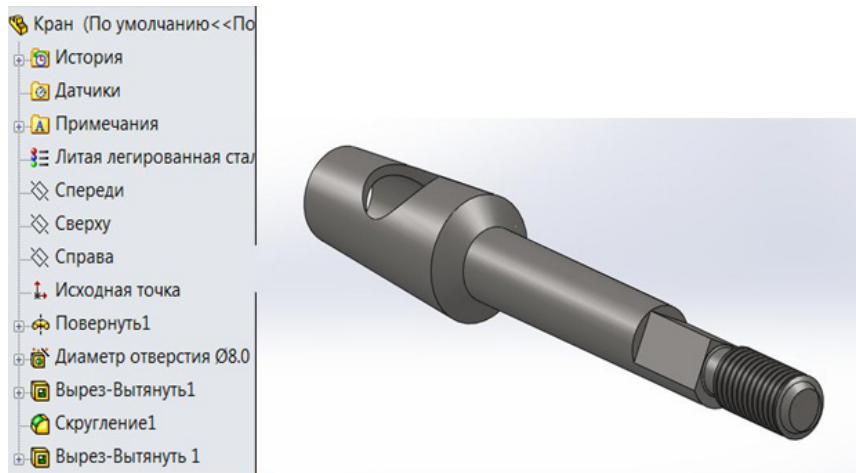


Рисунок 19.44

Зберігаємо створену модель.

19.3 Інструмент «бобишка/виріз по траєкторії».

Створення моделі пружини

Розглянемо процес створення геометричної моделі **рухом перерізу по траєкторії** на прикладі простої моделі пружини. Він включає три етапи: створення контуру траєкторії, створення контуру перерізу і створення твердотілої моделі.

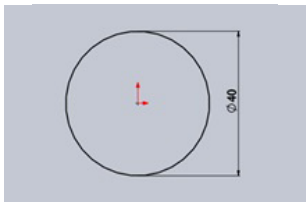


Рисунок 19.45

Процес полягає у наступному. Створюємо новий файл деталі. Контур - траєкторія пружини - це спіраль. У SolidWorks є спеціальна функція - спіраль. Для побудови спіралі використовується ескіз основи.

Створюємо новий ескіз на площині Спереду. В ескізі створюємо коло $\varnothing 40$ мм (рис. 19.45).

Створюємо спіраль командою головного меню «Вставка/Крива/Спіраль». Параметри спіралі: висота - 100мм, крок - 10мм, початковий кут - 180° (рис. 19.46).

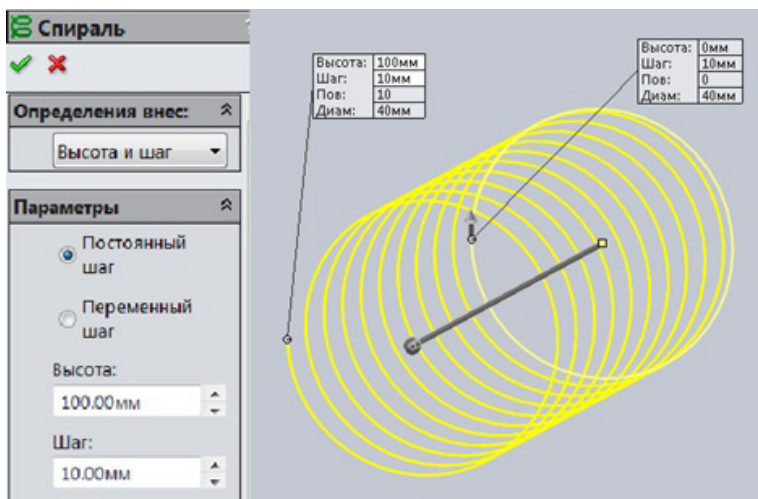


Рисунок 19.46

Контур - переріз пружини - це також коло. Створюємо на площині Зверху новий ескіз кола $\varnothing 4$ мм. Для зручності орієнтації в графічній області можна відобразити маркер площини Зверху.

При створенні моделі рухом перерізу по траєкторії необхідно встановити параметричний взаємозв'язок між перерізом і траєкторією. Для цього треба вибрати, утримуючи клавішу Ctrl центр кола і спіраль ближче до того кінця, де розташований ескіз перерізу.

ВАЖЛИВО, що точки на кінці спіралі вибирати не можна! У вікні властивостей задається взаємозв'язок між центром кола і спіраллю «Точка пронизування» (рис. 19.47).



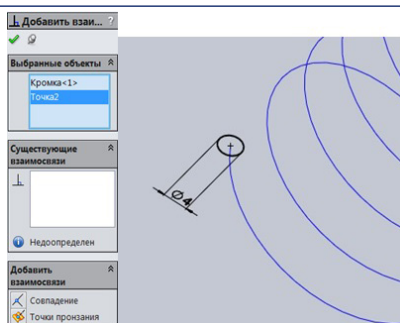


Рисунок 19.47

Для створення твердотілої моделі пружини у вкладці «Елементи» вибираємо команду «боишка/основа по траекторії». У вікні властивостей встановлюємо профіль - ескіз кола $\varnothing 4$ мм, маршрут - спіраль. (рис. 19.48).

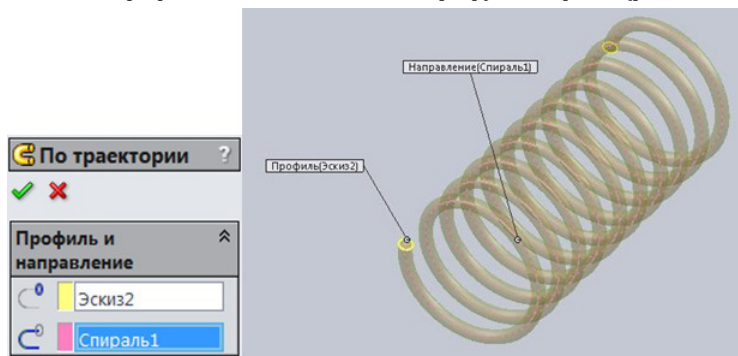


Рисунок 19.48

Після натиснення «галочки», відповідний елемент буде доданий в дерево конструювання. Готова ГМ пружини показана на рис. 19.49.

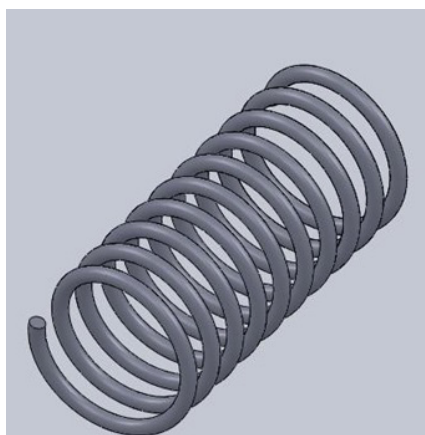


Рисунок 19.49

19.4 Створення моделі пружини розтягування на основі об'єднаної кривої

ГМ пружина, створена вище, не повністю моделює реальну деталь, оскільки останні витки пружини не оброблені.

Наприклад, пружини розтягування повинні мати на кінцях петлі для кріплення. При моделюванні такої деталі необхідно побудувати: контур-траєкторію на базі об'єднаної кривої, складеної із трьох кривих: початкової петлі, спіралі і кінцевої петлі.

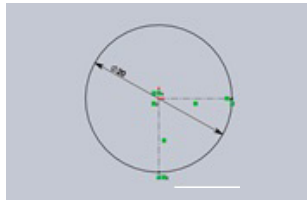


Рисунок 19.50

Процес моделювання полягає у наступному:

Створюємо новий файл деталі. Для цього на площині Зверху будуємо ескіз кола з двома направляючими допоміжними осями (рис. 19.50).

Створюємо спіраль із налаштуваннями, як на рис. 19.51.

Після створення спіралі відображаємо ескіз базового кола. На площині Спереду будуємо новий ескіз петлі кінцівки і декілька допоміжних осьових ліній. Таким чином, в дереві конструювання створені два плоскі ескізи на ортогональних площинах, як показано на рис. 19.52.

Для створення просторової лінії переходу між петлею кінцівки і спіраллю необхідно створити особливий вид ескізу - тривимірний ескіз використовуючи команду головного меню «Вставка/Тривимірний ескіз».

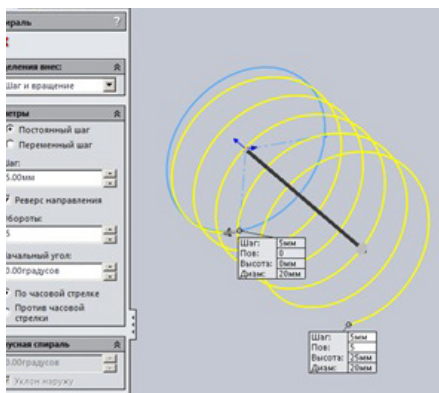


Рисунок 19.51

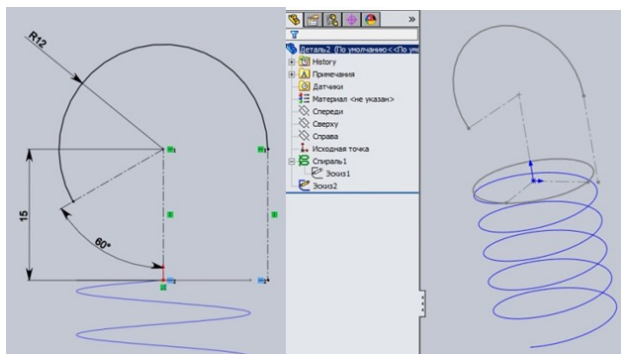


Рисунок 19.52



Режим редагування тривимірного ескізу такий же, як і двовимірного, але створення елемента - можливо в усьому об'ємі. Допоміжними лініями створюємо об'єкт ескізу «паралелограм» (використовуємо прапорець «допоміжна геометрія» Елементи).

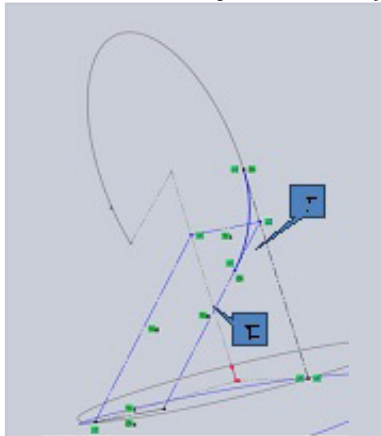


Рисунок 19.53

Параметризуємо паралелограм так, щоб одна його вершина співпадала з кінцем спіралі (прив'язка до точки А на ескізі базового кола спіралі), інша вершина співпадатиме із віссю пружини (прив'язка до осьової лінії на ескізі кінцівки), третя вершина співпадатиме з осью лінією В на ескізі кінцівки, а сторона Г стає дотичною до спіралі (рис. 19.53).

Будуємо об'єкт ескізу «Дуга через три точки» і параметризуємо його так, щоб дуга була дотичною до двох ліній Д і Е.

Створюємо другий об'єкт «Дуга через три точки» вказавши послідовно точки А, И (кінець першої дуги) і До (рис. 19.54).

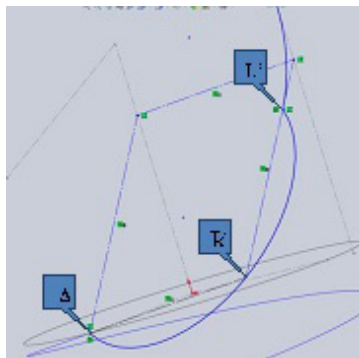


Рисунок 19.54

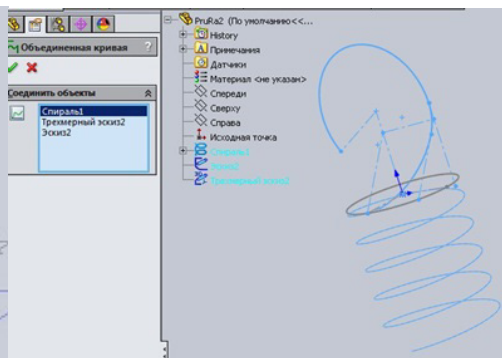


Рисунок 19.55

Закриваємо режим редагування тривимірного ескізу. Створюємо об'єднану криву командою головного меню «Вставка/Крива/Об'єднана крива». Для цього необхідно вибрати послідовно мишкою ескіз кінцівки, тривимірний ескіз перехідної кривої і спіраль (рис. 19.55).

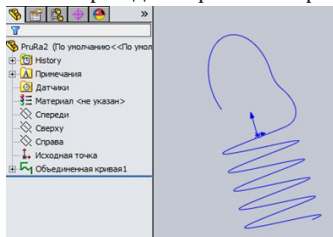


Рисунок 19.56

Після натиснення ОК з'являється єдина крива пружини із кінцівками (рис. 19.56).

Друга кінцівка створюється, аналогічно (рис. 19.54).

Для створення контуру-перерізу необхідно створити довідкову площину, перпендикулярну кривій. Ця площина повинна розташовуватися на початку однієї із кінцівок як показано на рисунку 19.55. Для



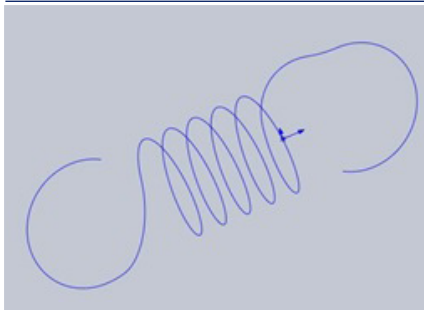


Рисунок 19.57

створення площини використовуємо команду головного меню «Вставка/Довідкова геометрія/Площина». В якості параметрів вказуємо: перше посилання - точка на кінці кривої, друге посилання - сама крива (рис. 19.57).

Створюємо у площині ескизу круг діаметром 2,5 мм.

Будуємо модель пружини командою «бобишка по траєкторії» (рис. 19.59). Зберігаємо файл деталі.

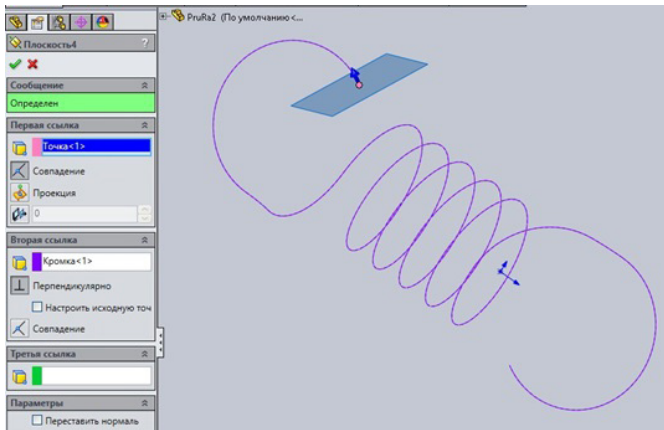


Рисунок 19.58

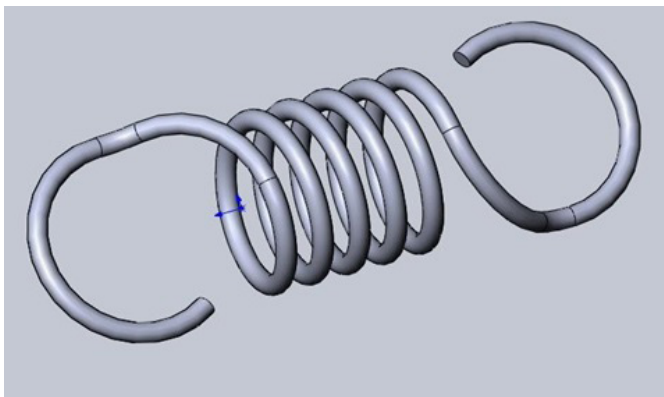


Рисунок 19.59

19.5 Побудова ГМ деталі по перерізах і направляючих кривих

Форма деталі складної форми може бути представлена у вигляді системи перерізів паралельними площинами. Лінії, утворені при перетині поверхні тіла з площинами, зображують на кресленні, яке називають теоретичним.

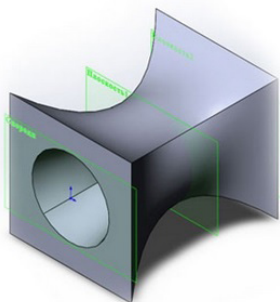


Рисунок 19.60

Нехай задана форма (рис. 19.60)

Для її моделювання у SolidWorks необхідно створити 3 ескізи. Один ескіз створюється на площині Спереду, для ще двох ескізів знадобиться побудова додаткових площин.

Розпочинаємо із створення площин. Це можна виконати різними способами, один із яких запропоновано нижче (рис. 19.61).

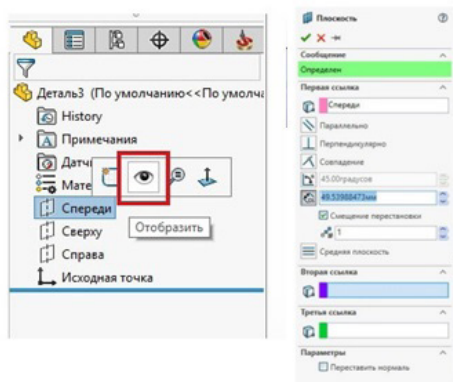


Рисунок 19.61

Спершу вибираємо площину спереду в дереві конструювання і натискаємо на кнопку «Відобразити».

Тепер ця площина видима у графічній області. Утримуючи клавішу Ctrl натискаємо на площині спереду лівою кнопкою миші і переміщаємо курсор вгору. Утворюється ще одна площина для побудови і ліворуч відкриваються її налаштування (рис. 19.61). Усі налаштування коригувати не потрібно, оскільки для завдання потрібно лише поле відстань, куди вводимо значення 100мм.

Тиснемо ОК (зелена галочка) і в графічній області вже відобразиться дві площини: площина «Спереду» і «Плоскость1» (рис. 19.62).

Далі, виконуючи ту ж процедуру, будуюмо площину 2, на відстань 80мм від площини 1.



У результаті отримуємо 3 площини як на рисунку 19.63 нижче.

Будуємо потрібні ескізи на кожній площині. Вибираємо площину спереду і переходимо до побудови ескізу. На площині спереду будуємо ескіз квадрата 150мм на 150мм від центральної точки за допомогою інструменту «Прямокутник з центру».

Вибираємо площину 1 і будуємо на ній ескіз кола діаметром 100мм також із центральної точки.

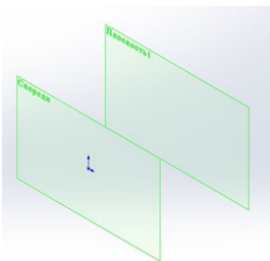


Рисунок 19.62

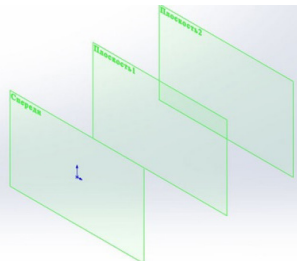


Рисунок 19.63

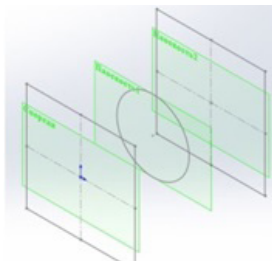


Рисунок 19.64

На площині 2 будуємо такий самий, як і на площині спереду квадрат із стороною 150мм із центром на початку координат. У результаті отримаємо зображення (рис. 19.64). Три площини: на середній ескіз кола на двох крайніх ескізи квадратів.

Переходити до інструменту «бобика по перерізах» Він знаходиться на вкладці елементи. Після вибору відкриваються налаштування інструменту (рис. 19.65).

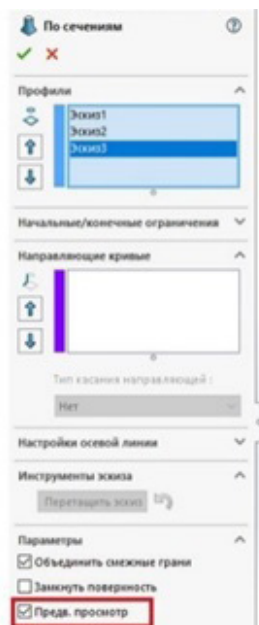
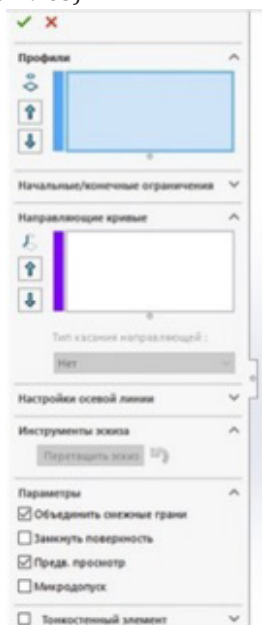


Рисунок 19.65



У вікні «Профілі», по черзі, від площини спереду слід вибрати створені ескізи. Після вибору ескізів у графічній області відображається попередній перегляд бобишки, якщо активний відповідний параметр (рис. 19.66).

Модель виконана за допомогою інструменту «бобишка по перерізах» і повністю відповідає поставленому завданню (рис. 19.60).

Переходимо до побудови «Вирізу по перерізах». Для його побудови також знадобляться три ескізи на тих же трьох створених площинах.

Побудуємо ескіз на площині «Спереду», для цього вибираємо її в дереві конструювання і натискаємо на кнопку «Ескіз».

Формуємо ескіз кола діаметром 95мм. Аналогічно - і на площині 2. Потім на площині 1 будуємо квадрат зі стороною 45мм.

Активуємо інструмент «Виріз по перерізах» на вкладці елементи в SolidWorks. На вкладці профілі по черзі вибираємо створені ескізи.

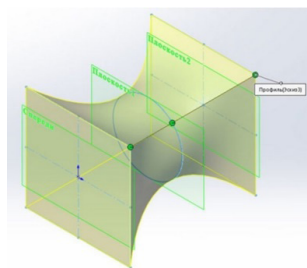


Рисунок 19.66

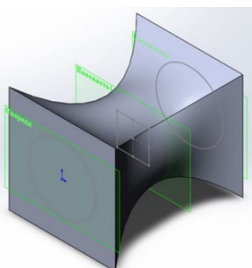


Рисунок 19.67

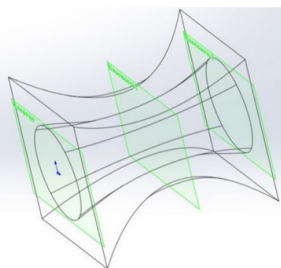


Рисунок 19.68

На моделі жовтими лініями (рис. 19.67) відображається попередній перегляд вирізу. Підтверджуємо побудову.

Для «наочнішого» розуміння форми вирізу можна змінити стиль відображення моделі, наприклад у вигляді каркасу (рис. 19.68).

Питання для самоконтролю до дев'ятого розділу:

1. У чому суть і які можливості надає інструмент «бобишка/виріз витягнути» в SolidWorks?
2. Що потрібно для застосування інструменту «бобишка/виріз повернуто» у програмі?
3. Які практичні можливості відкриває інструмент «бобишка/виріз по траєкторії»?
4. Як відбувається побудова твердотілої моделі по перерізах інструментом «бобишка/виріз по перерізах» в SolidWorks?

20 СТВОРЕННЯ МАСИВІВ ЕЛЕМЕНТІВ

Масив є у SolidWorks найкращим способом створення декількох або певної множини однакових елементів. Для створення масиву необхідно створити деталь на якій будуть створюватися необхідні масиви (рис. 20.1) та вихідний елемент, що лежатиме в основі створення певної множини елементів із заданою конфігурацією, наприклад, круглий отвір в пластині (рис. 20.2).

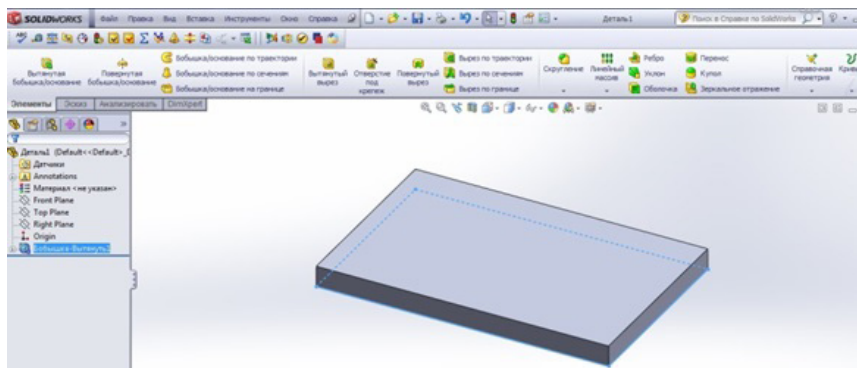


Рисунок 20.1

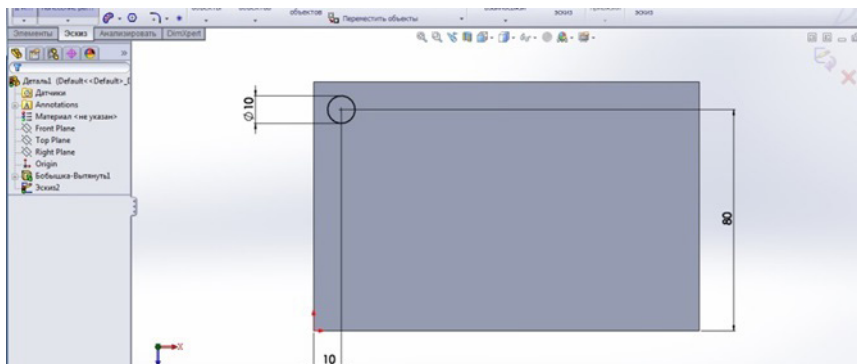


Рисунок 20.2

Маючи вихідний елемент можна командою **Лінійний масив** створювати найбільш використовувані на практиці конфігурації.

- **Масив в одному напрямі.** Для цього у Менеджері властивостей масиву слід задати напрям масиву, відстань між елементами масиву, кількість елементів масиву, напрям розмноження елементів масиву (рис. 20.3).

- **Двонаправлений масив.** У Менеджері властивостей треба вказати необхідні параметри із двома напрямками (рис. 20.4).

- **Круговий масив.** Треба вищезгаданим способом створити вихідний елемент майбутнього масиву, наприклад, шестикутник (рис. 20.5). У Менеджері



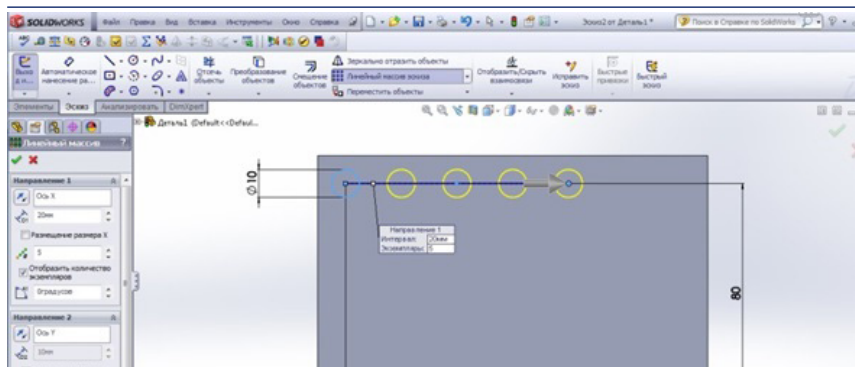


Рисунок 20.3

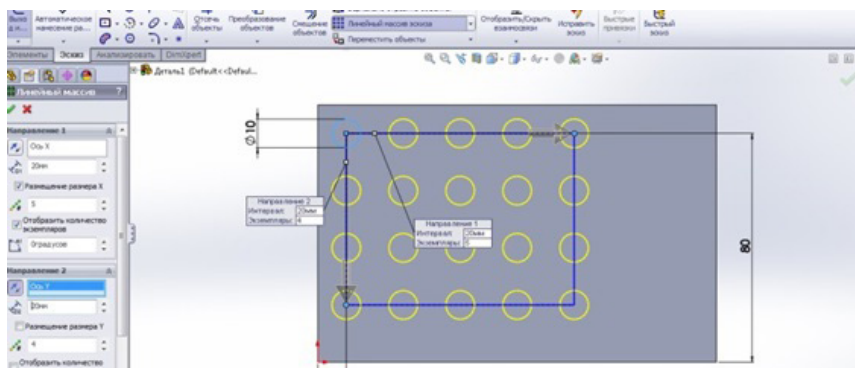


Рисунок 20.4

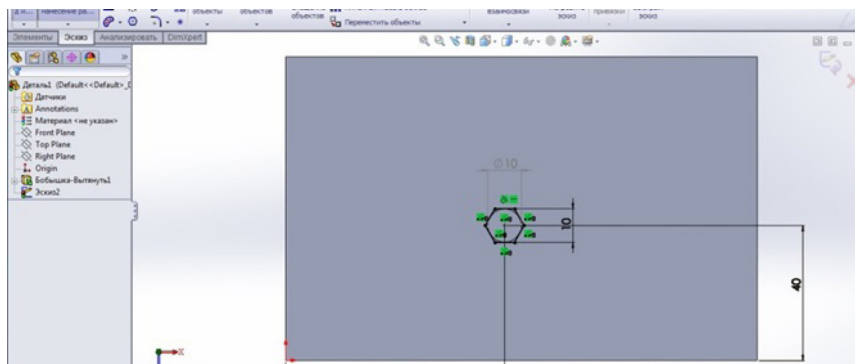


Рисунок 20.5

властивостей треба вказати необхідні параметри кругового масиву: діаметр масиву, прив'язку точок масиву, число елементів масиву, кути меж кругового масиву. Результат наведено на рис. 20.6.

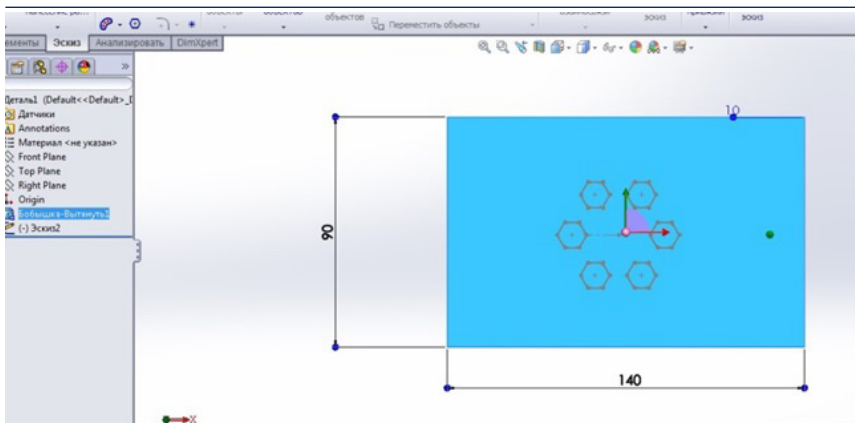


Рисунок 20.6

Виділяючи створений масив, за допомогою команд **Елементи**, **Вирізати**, **Наскрізь** у **Менеджері** властивостей отримаємо пластину із масивом шести шестикутних отворів, розміщених на заданому колі (рис. 20.7).

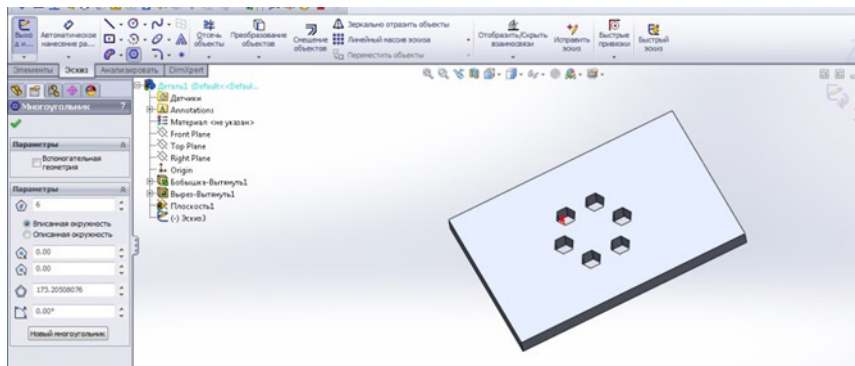


Рисунок 20.7

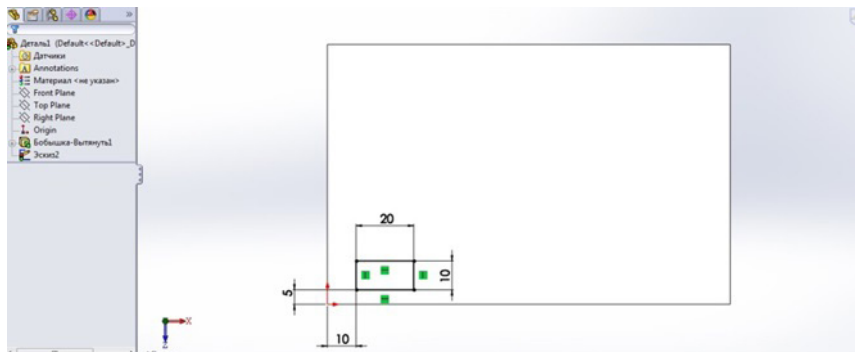


Рисунок 20.8

Покажемо етапи створення потрібних масивів на деталі типу решітка. Для цього в пластині будемо вихідний елемент певних розмірів і конфігурації (рис. 20.8). А командою виріз будемо його модель (рис. 20.9) і округлюємо потрібні кромки.

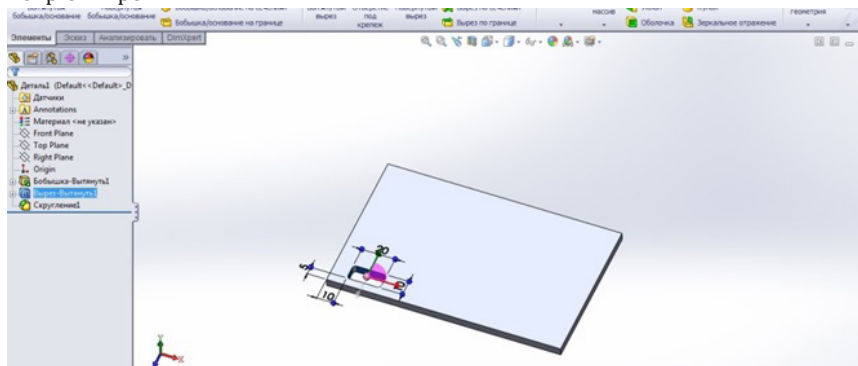


Рисунок 20.9

У **Менеджері властивостей** для двох напрямів масиву задаємо необхідні параметри: елемент, напрями, відстані, кількість елементів у двонаправленому масиві (рис. 20.10).

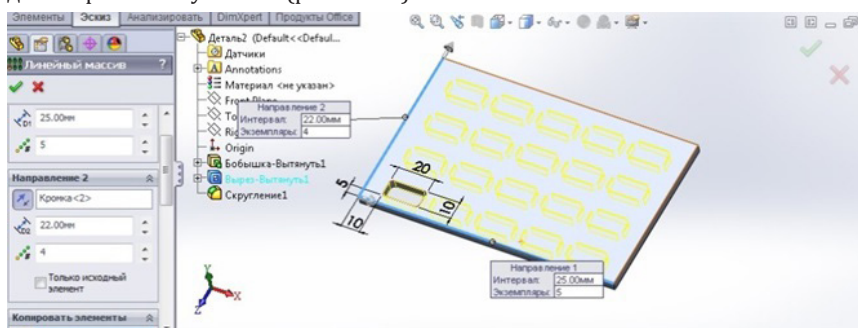


Рисунок 20.10

Командою **Пропустити екземпляри** вибираємо їх на створеному масиві, наприклад (рис. 20.11)

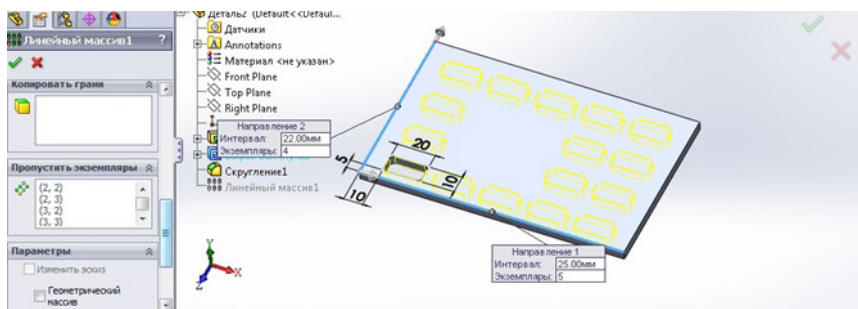


Рисунок 20.11

Виходимо із команди створення масиву. Входимо в команду **Елемент, Виріз, Наскрізь** і отримуємо готову деталь решітки із масивом потрібних отворів (рис. 20.12).

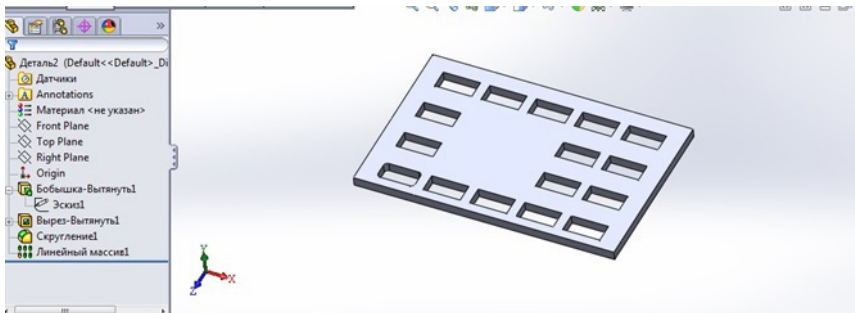


Рисунок 20.12

Ще одна команда створення масивів може використовуватись у практичному моделюванні. Це - **Масив керований Ескізом**. Для його створення необхідно мати модель деталі, де буде створюватись масив такого типу. На грані створеного елемента (рис. 20.13) в Ескізі будуємо вихідний елемент, наприклад шестикутник (рис. 20.14).

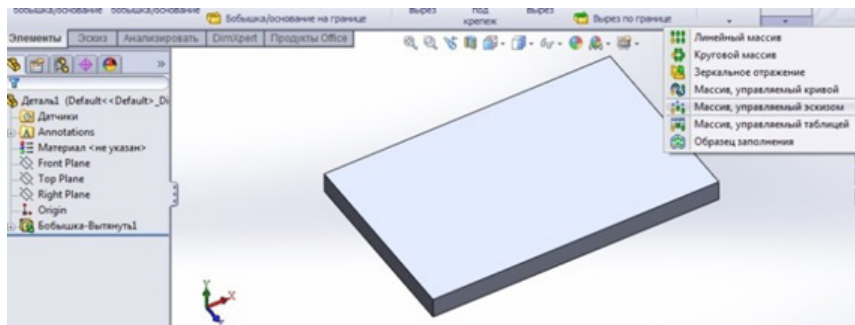


Рисунок 20.13

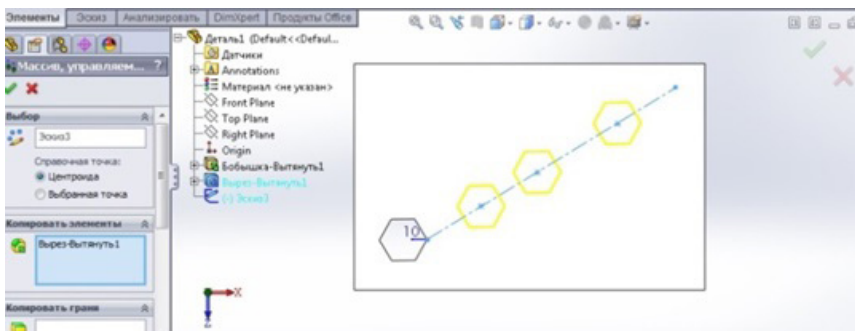


Рисунок 20.14

В команді **Масив керований ескізом**, у **Менеджері властивостей** наносимо окремі точки, на основі яких буде створено масив із відповідною конфігурацією. Вводимо команду **Ок** і отримуємо необхідний масив (рис. 20.14).

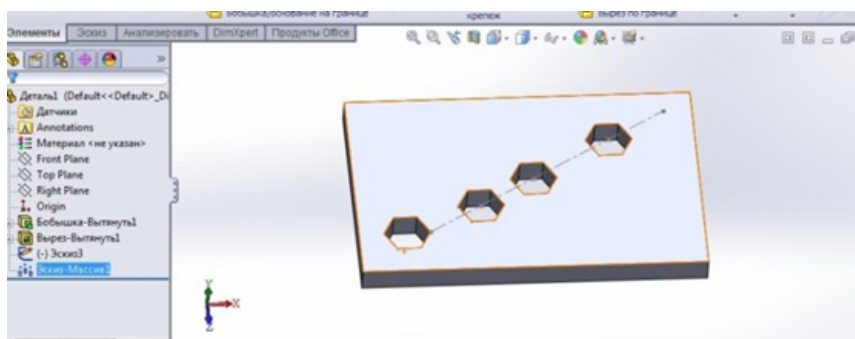


Рисунок 20.15

А командою **Елемент, Виріз наскрізь** – отримаємо готову деталь (рис. 20.15).

Питання для самоконтролю до двадцятого розділу:

1. Для чого призначений інструмент створення масивів у SolidWorks?
2. Які конфігурації масивів дозволяє створити менеджер властивостей масивів?
3. Які способи існують для створення нерегулярних масивів у програмі SolidWorks?
4. Які об'єкти дозволяє моделювати інструмент SolidWorks «масив керований ескізом»?

21 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТИХ ДЕТАЛЕЙ

Процес моделювання в SolidWorks схожий на послідовність дій створення деталей з використанням різних інструментів або верстатів.

Створення моделі шайби

Створюємо новий ескіз на площині Спереду. Будуємо два концентричні кола із центром на початку координат. Розміри показані на рис. 21.1.

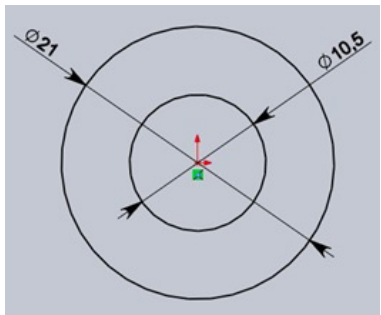


Рисунок 21.1

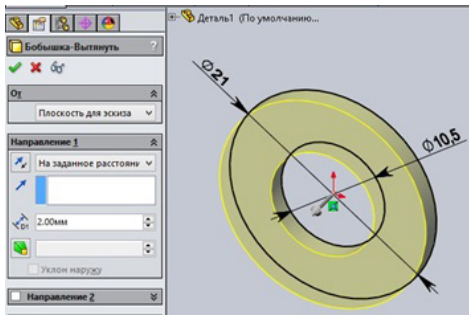


Рисунок 21.2

Створюємо на основі ескізу «бобишка витягнути» завтовшки 2 мм. В результаті отримаємо модель шайби під болт М10 (рис. 21.2).

Тиснемо ОК. Перейдемо у менеджер конфігурацій і змінюємо ім'я поточної конфігурації з «За умовчанням» на «Шайба 10».

Створення моделі гайки

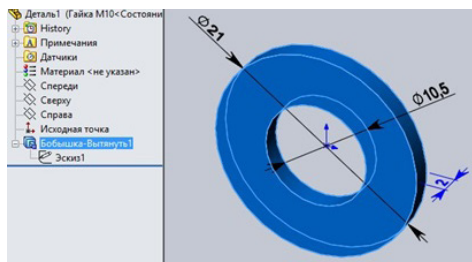


Рисунок 21.3

Додаємо нову конфігурацію з ім'ям «Гайка М10». Перевіряємо чи ця конфігурація активна.

Переходимо в дерево конструювання і двічі клацаємо мишкою в дереві на елементі «бобишка витягнути1». У графічній області з'являться його розміри (рис. 21.3).

У конфігурації «Гайка М10», корегуємо розмір діаметру 21 мм на діаметр 18,7 мм, а також товщина виступу з 2 мм до 8 мм відповідно до ДСТУ 5915-70. Новий варіант основи гайки повинен виглядати як на рис. 21.4.

Для контролю правильності внесених змін можна перемкнутися між конфігураціями.

Перевіряємо активність конфігурації «Гайка М10» і додаємо умовне позначення різьблення в отвір гайки. Для цього, у головному меню вибираємо команду **Вставка/Примітки/Умове зображення різьблення**.



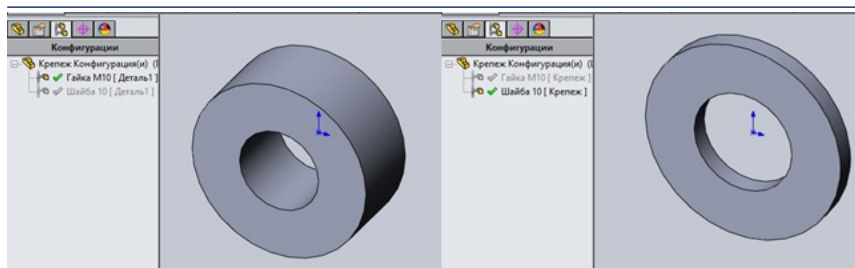


Рисунок 21.4

У вікні властивостей «Умовне зображення різьблення» в розділі «Налаштування різьблення» вибираємо стандарт - немає, розмір 10 мм, гранична умова - До наступного. У якості кромки вибираємо Кромку1 різьбової ділянки, показано на рис. 21.5.

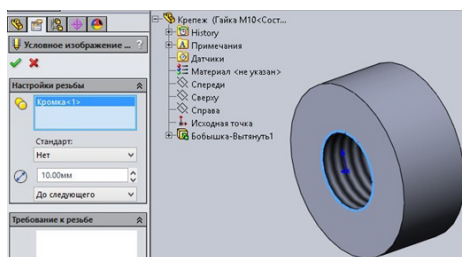


Рисунок 21.5

Після натиснення «галочки» позначення різьблення буде додано в дерево конструювання в гілку елементів. Додаємо фаску 1.6 на 30° на зовнішню кромку. Для цього в панелі інструментів Елементи вибираємо команду Фаска. Ця команда знаходиться в одній групі кнопок із командою «Скруглення».

Задаємо налаштування фаски: режим фаски - кут; розмір - 1,6 мм; кут - 30 градусів. Оскільки створювана фаска несиметрична (має два різних катета на відміну від фаски з кутом 45° необхідно перевірити напрям найбільшого катета. Цей напрям показаний на рисунку рожевою стрілкою. При необхідності напрям можна переставити включивши прапорець «Переставити сторону» (рис. 21.6).

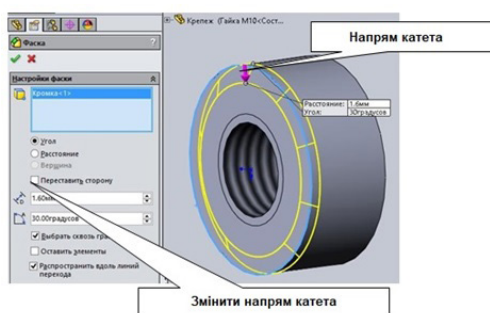


Рисунок 21.6



Рисунок 21.7

Після натиснення «галочки» буде створена фаска. Аналогічно додаємо другу фаску 1.6 на 30° на іншу зовнішню кромку, щоб отримати результат, показаний на рис. 21.7.

Додаємо ще дві фаски на кромки різьбового отвору, щоб отримати результат, показаний на рис. 21.8.

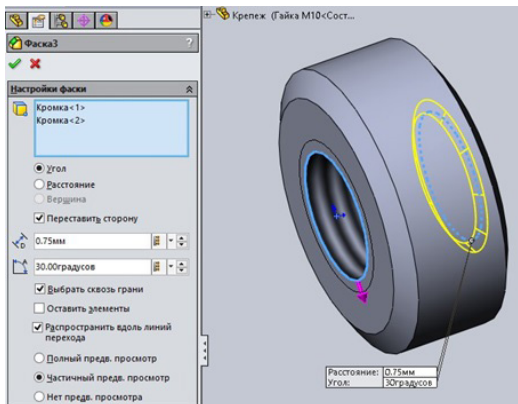


Рисунок 21.8

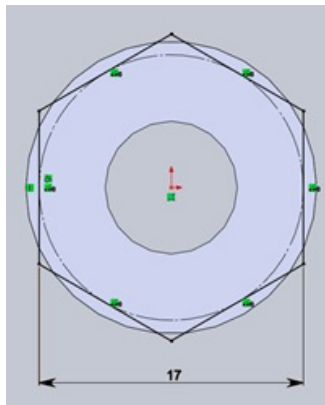


Рисунок 21.9

Для створення шестигранної гайки створюємо новий ескіз на площині Спереду. Будемо шестикутник із центром на початку координат і вертикальним бічним ребром (рис. 21.9). При заданні розміру «під ключ» 17 мм слід звернути увагу на стан кнопки «Конфігурація». Вона має бути встановлена в режим «Усі конфігурації».

На базі побудованого ескізу створюємо шестигранний виріз зі змінним напрямом видалення матеріалу: матеріал видаляється не в середині шестикутника, а, навпаки, поза ним.

Щоб створити такий виріз включаємо прапорець «Переставити сторону для вирізу» як показано на рис. 21.10.

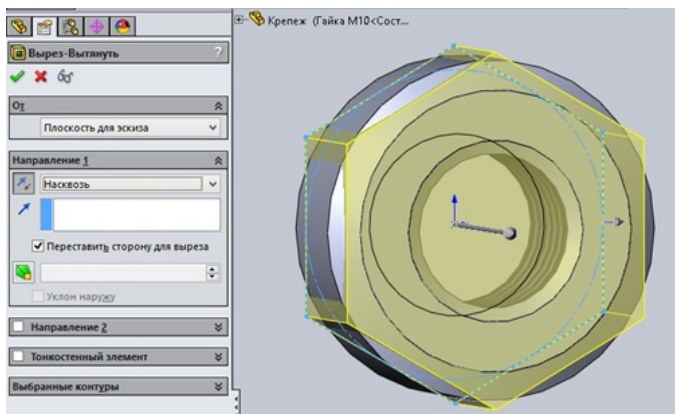
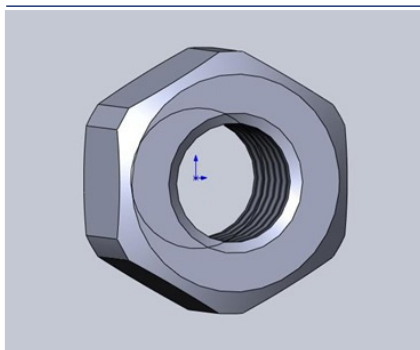


Рисунок 21.10



Результат операції представлений на рис. 21.11.

Таким чином, в одному файлі створені дві ГМ деталі: шайба і гайка. Для контролю правильності внесених змін можна переключитися між конфігураціями.

Рисунок 21.11

Створення моделі болта

Додаємо нову конфігурацію з ім'ям «Болт М10х50». Перевіряємо, що ця конфігурація активна у графічній області доки відображена гайка.

Гасимо, тобто виключаємо із розрахунку, елемент Фаска3. Для цього виділяємо цей елемент і викликавши контекстне меню, натисненням правої кнопки мишки вибираємо в контекстному меню кнопку «Погасити», як показано на рис. 21.12.

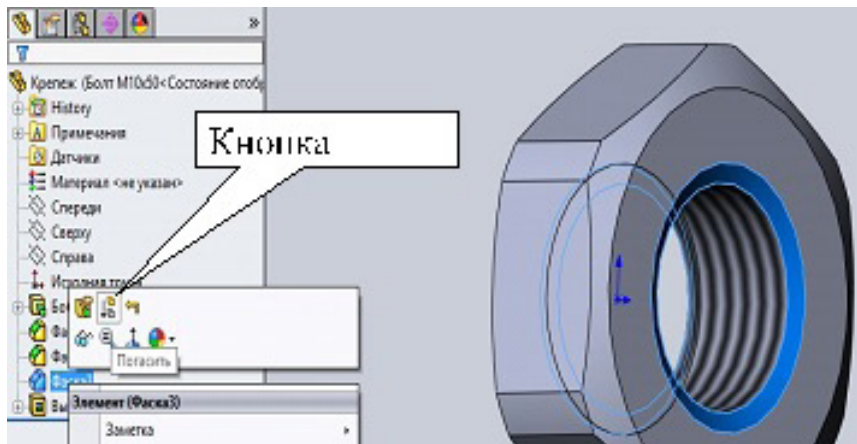


Рисунок 21.12

Аналогічно погасимо елемент «Умове позначення різьби1», який створено вище.

Створюємо стержень болта. Для цього створимо новий ескіз на площині Спереду. Будуємо коло діаметром 10 мм із центром в початку координат. На базі побудованого ескізу створюємо «бобишку витягнути» завдовжки 46мм, як показано на рис. 21.13.

Додаємо умове позначення різьблення на стержень болта. Для цього, у головному меню вибираємо команду **Вставка/Примітки/Умове**

зображення різьблення. У вікні властивостей «Умове зображення різьблення» в розділі «Налаштування різьблення» вибрати стандарт Немає, розмір 8,5 мм, гранична умова - На задану відстань; розмір - 26 мм. В якості кромки вибираємо Кромку1 на торці болта, як показано на рис. 21.14.

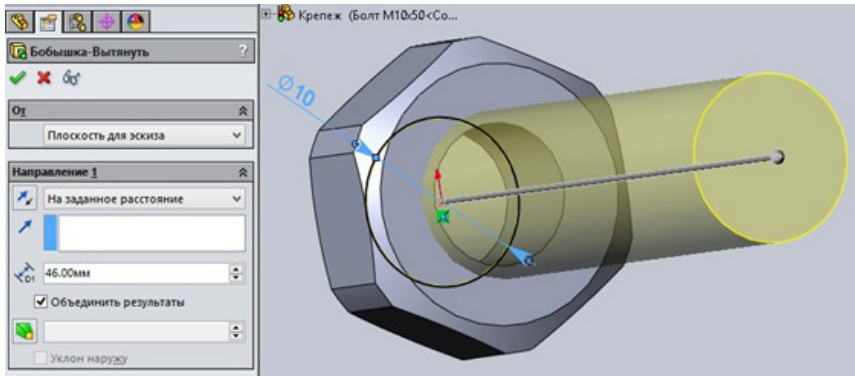


Рисунок 21.13

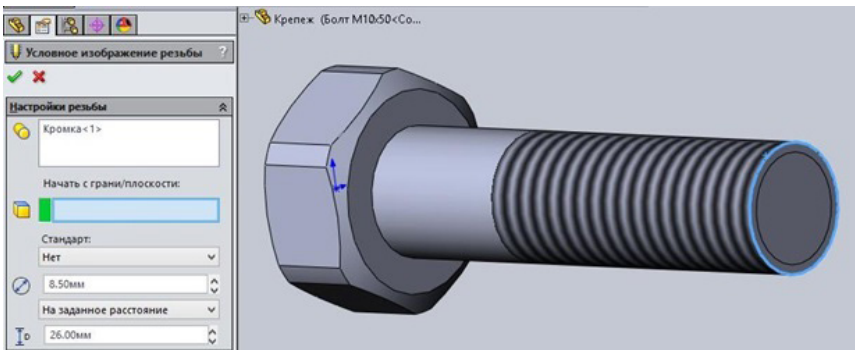


Рисунок 21.14

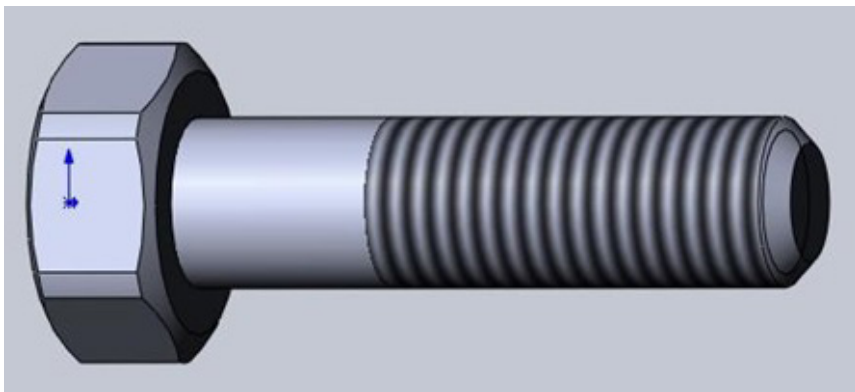


Рисунок 21.15

Додаємо фаску $1.5 \times 45^\circ$ на торці стержня болта, щоб отримати результат, показаний на рис. 21.15.

Гасимо в дереві конструювання фаску на головці болта, яка знаходиться з боку стержня, зберігаємо модель.

Питання для самоконтролю до двадцять першого розділу:

1. Якими інструментами створюється модель шайби в SolidWorks?
2. Назвіть найпростіші шляхи створення моделі гайки у програмі.
3. Які є способи створення моделі болта в SolidWorks?
4. Яка процедура забезпечує умовне нанесення різьби на моделях різьбових деталей?



22 ОСНОВНІ ПРАВИЛА СТВОРЕННЯ ДВОВИМІРНИХ КРЕСЛЕНЬ

SolidWorks дозволяє досить просто генерувати креслення створених у ній деталей, вузлів і виробів. Креслення підтримують двосторонній асоціативний зв'язок із 3D моделями. При внесенні змін до моделі її креслення автоматично модифікується відповідно до них. І навпаки, якщо користувач змінює який-небудь розмір на кресленні, це відразу ж відбивається в 3D моделі.

22.1 Встановлення стандартних шрифтів і створення шаблонів у SolidWorks

Для того, щоб текст на кресленнях відповідав ЄСКД (ДСТУ 2.304-81 «Шрифти креслярські»), в операційну систему Windows необхідно додати стандартні шрифти. Оскільки SolidWorks використовує шрифти, встановлені в Windows, то для встановлення шрифтів слід скопіювати потрібні файли шрифтів з Інтернету.

Після копіювання файлів шрифтів необхідно перевірити коректність їх встановлення. Для цього у Windows слід натиснути «Пуск/Налаштування/ Панель управління/Шрифти». У вікні встановлених шрифтів перевіряємо наявність файлів типу **Gost_b.ttf**.

Далі можна встановити у SolidWorks шаблони документів (Деталь, Складання і Креслення), які вже налагоджені для роботи відповідно до ЄСКД.

Шаблон креслення - спеціальний тип файлів SolidWorks, з виконаними і збереженими у файлах налаштуваннями. У файлі шаблону креслення містяться налаштування за умовчанням для відображення розмірів, стрілок, розмірних і виносних ліній, приміток інших елементів.

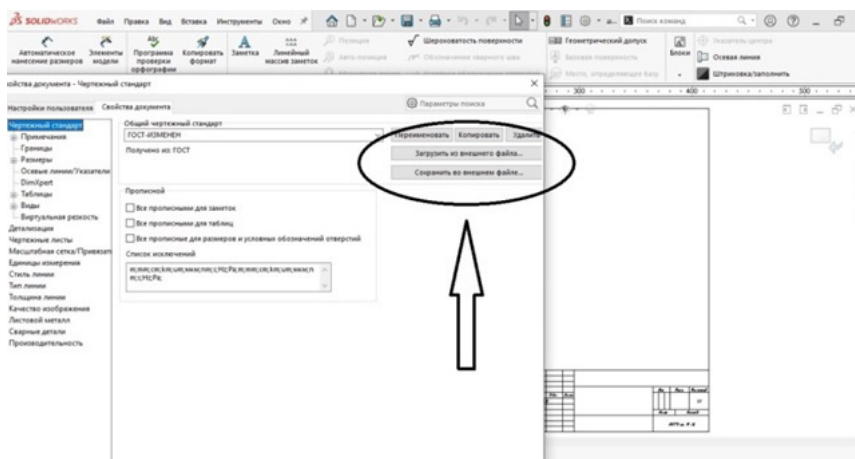


Рисунок 22.1

Для цього в рядку меню вибираємо кнопку «Параметри». Відкриється вікно «Налаштування користувача».

Встановлюємо всі необхідні налаштування складових креслеників і зберігаємо у зовнішньому файлі - **шаблоні**.

При подальшій роботі із креслениками можна завжди завантажувати створений особисто шаблон шляхом застосування команди «Завантажити із зовнішнього файлу» (рис. 22.1).

22.2 Запуск програми двовимірного креслення

Запускаємо програму, вибираємо команду меню Файл/Новий і тиснемо кнопку «Двовірне технічне креслення», а потім ОК. З'явиться діалогове вікно - Формат листа/Розмір. Встановлюємо перемикач «Стандартний розмір листа», якщо він не встановлений за умовчанням. Скидаємо прапорець «Відобразити тільки стандартні формати». Нижче у списку розташовані шаблони для креслень відповідно до стандарту ЄСКД.

Якщо ж потрібний нестандартний лист, встановлюємо перемикач в положення «Призначений для користувача розмір листа» і задаємо ширину та висоту креслення в міліметрах. Для учбових цілей вибираємо стандартний розмір листа А3. Тиснемо кнопку ОК.

З'явиться порожній лист креслення зі штампом основного напису (можна - із власно розробленим). Як і в інших подібних випадках, в інструментальну палітру завантажився відповідний набір команд.

Зараз - це команди роботи з кресленням. Перевіряємо чи встановлений перемикач Інструменти/ Параметри/ Налаштування користувача/ Креслення/Тип відображення за умовчанням в положення «Невидимі лінії відображаються», для того, щоб показувати на кресленні пунктирними лініями невидимі лінії моделі. У будь-який момент можна змінити налаштування користувача на власний розсуд. Після налаштування тиснемо кнопку ОК.

Слід звернути увагу, що поряд із курсором з'явився значок спеціального курсору, який означає, що необхідно вибрати креслярський вид. Але у нас доки тільки чистий аркуш ватману зі штампом і немає жодного виду.

Тепер можна піти по одному із двох шляхів.

Побудувати три стандартні види деталі, натиснувши кнопку 3 стандартні види на панелі інструментів «Креслення». При цьому можна буде додати три стандартні ортогональні види.

Побудувати один вид по вибраній моделі, натиснувши кнопку Вид моделі в панелі інструментів «Креслення». При цьому можна буде додати ортогональний або спеціальний вид на основі існуючої деталі.

Скористаємося першим способом і натиснемо кнопку 3 стандартні види в панелі інструментів «Креслення» або відкриємо вкладку «Розташування видів». У менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно 3 стандартні види, в яких треба натиснути кнопку «Огляд». У вікні, що з'явилося, необхідно вибрати потрібну деталь.



22.3 Створення трьох стандартних видів

Для прикладу, створимо креслення хому, спроектованого раніше. Для цього вибираємо збережений раніше файл Хомут.sldprt і тиснемо кнопку «Відкрити». Результат представлений на рис. 22.2 - головний вид і два проекційні види.

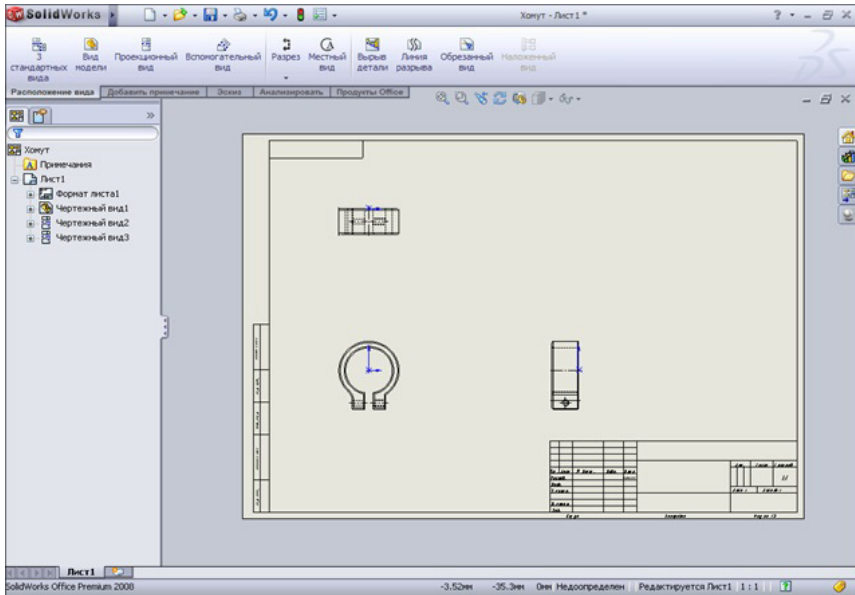


Рисунок 22.2

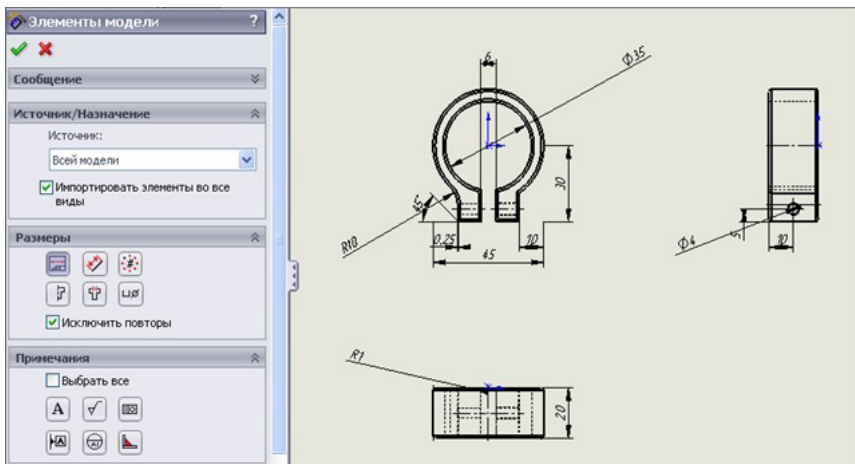


Рисунок 22.3

Увага, зараз головний і проєкційні види розташовані на кресленні невірно. Верхній проєкційний вид необхідно опустити вниз, а головний вид з другим проєкційним видом підняти вгору.

Для переміщення виду підведемо до нього курсор, поряд із курсором з'явиться значок «Перемістити». Після цього вказуємо на вид мишею і переміщуємо на потрібне місце кресленника. В результаті, отримаємо наступне розміщення видів (рис. 22.3).

Спочатку види завантажуються без розмірів. Але оскільки при створенні ескізу моделі задавалися розміри, то ці розміри можна відразу проставити на кресленні. Для цього слід вибрати з меню Вставка/Елементи моделі і тиснемо кнопку ОК. У менеджері властивостей відкриється діалогове вікно «Елементи моделі».

На усіх видах з'являться розміри (рис. 22.3). Якщо які-небудь розміри не потрібні, просто слід клацнути мишею на розмірі і натиснути клавішу <Delete>. Якщо ж необхідно, навпаки, додати якийсь розмір, то в панелі інструментів «Креслення» тиснемо кнопку «Автоматичне нанесення розмірів» і наносимо розмір так, як це робилося в ескізах моделі.

Таким чином, створено лист 2D креслення і нанесено на нього три стандартні види деталі.

Можна, в якості тренування, створити такі ж види, але використовуючи команду «Вид по моделі», створюючи креслення з нуля.

22.4 Зміна масштабу виду

У кожного створеного виду можна змінювати властивості, наприклад масштаб. Змінимо, наприклад, масштаб головного виду. Для цього підведемо курсор до виду і, коли з'явиться червоний прямокутник з пунктирних ліній навколо виду, тиснемо ліву кнопку миші. У менеджері властивостей повинне з'явитися діалогове вікно «Креслярський вид1».

Встановлюємо перемикач «Використати масштаб користувача» і вказуємо масштаб виду, наприклад, 2:1 (рис. 22.4). Тиснемо кнопку ОК. Слід звернути увагу, що змінився також масштаб залежних проєкційних видів. Якщо потрібно залишити масштаб проєкційних видів без змін, слід виконати ту ж процедуру зміни масштабу, але тільки для кожного конкретного виду.

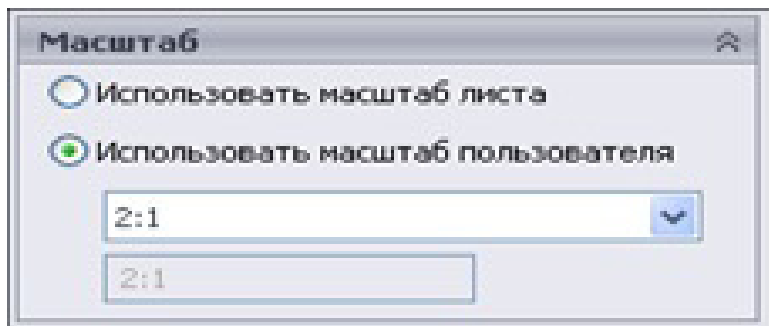


Рисунок 22.4

22.5 Використання «Дерева Конструювання»

Зліва на екрані (рис. 22.5) бачимо структуру, що нагадує «Дерево Конструювання» при створенні ескізів для моделей деталей В даному випадку це «Дерево Конструювання» для 2D креслень. У цьому дереві відображаються усі створені листи і види. За допомогою його можна змінювати властивості листа і створених видів.

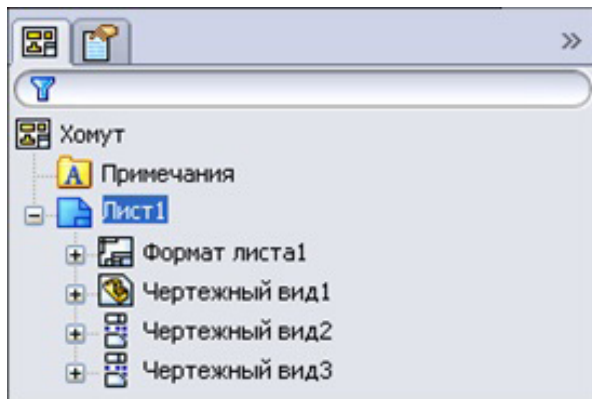


Рисунок 22.5

Наприклад, якщо треба відкоригувати основний напис креслення (а це доведеться робити обов'язково), підводимо курсор до рядка Формат листа1 і тиснемо праву кнопку миші. У контекстному меню клацнемо кнопкою миші по рядку «Редагувати основний напис». Програма тут же приховає усі види і дасть можливість редагувати основний напис креслення за допомогою інструменту «Примітки», що знаходиться на панелі інструментів. Просто слід клацнути мишею по полю, яке необхідно відредагувати, і ввести необхідний текст, наприклад, так, як показано на рис. 22.6.

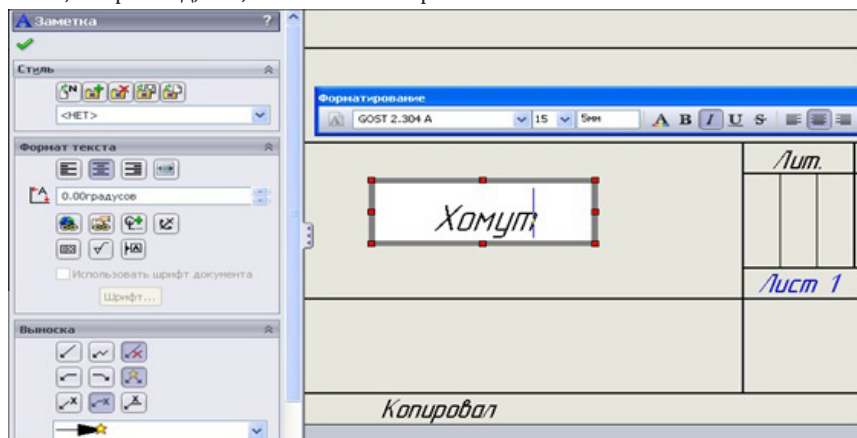


Рисунок 22.6



Щоб повернутися до редагування креслення, необхідно закрити вікно «Форматування» і у контекстному меню вибрати «Редагувати лист». Програма повернеться до редагування креслення.

22.6 Видалення виду

За допомогою «Дерева Конструювання» можна видалити непотрібні види. Видалимо правий і нижній проєкційні види під іменами «Креслярський вид2» і «Креслярський вид3». Для цього слід підвести курсор до імені виду в «Дереві Конструювання» і натиснути праву кнопку миші. У контекстному меню вибираємо пункт «Видалити» (рис. 22.7). Програма запросить підтвердження для видалення.

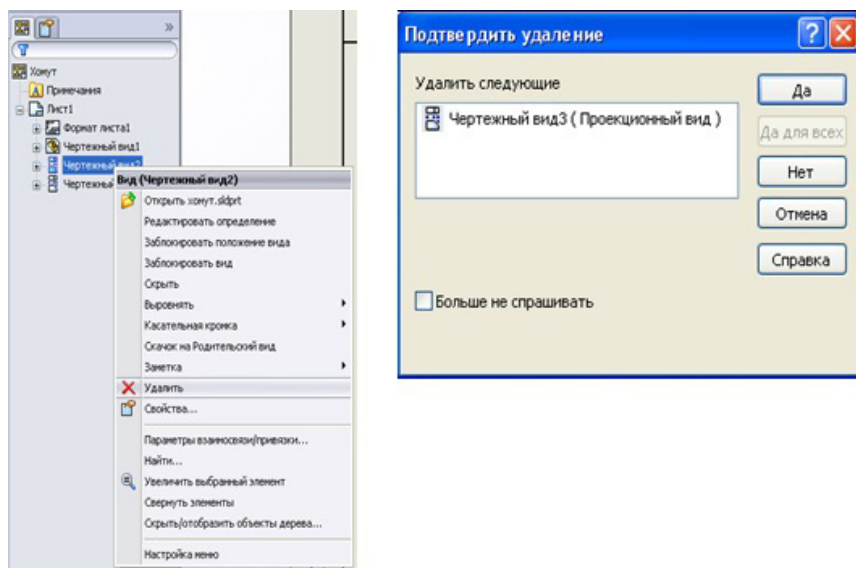


Рисунок 22.7

У вікні підтвердження будуть вказані усі залежні елементи, які також будуть видалені. Оскільки у даного виду немає залежних елементів, то це поле залишилося порожнім. Тиснемо кнопку - Так, і вид пропаде із креслення. Аналогічно можна видалити і другий вид.

22.7 Створення допоміжного виду

Оскільки у попередньому підрозділі був видалений нижній проєкційний вид, замість нього створимо допоміжний вигляд знизу. Для цього, тиснемо кнопку «Допоміжний вид» на панелі інструментів «Креслення». У менеджері властивостей «Допоміжний вид» з'явиться повідомлення про необхідність вибрати довідкову кромку. В якості кромки вибираємо саму нижню горизонтальну лінію головного креслярського виду «Креслярський вид1» (рис. 22.8). Тут же з'явиться додатковий вигляд знизу із стрілкою вгору і буквою А.

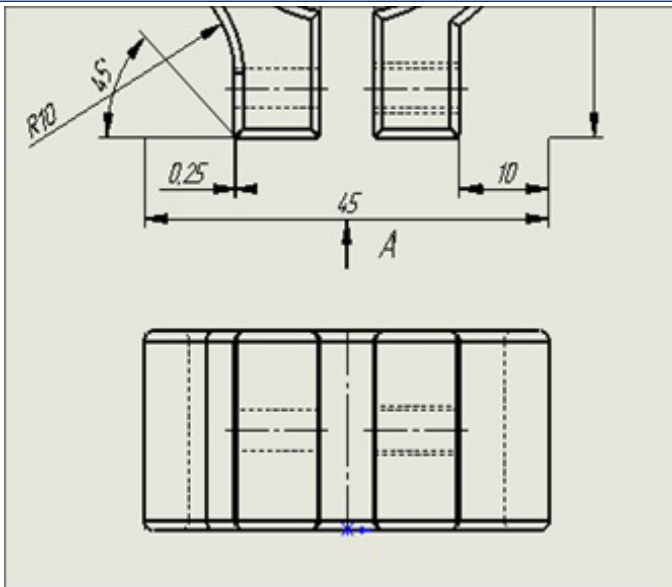


Рисунок 22.8

Отриманий вид буде переміщатися тільки по вертикалі, так як він «прив'язаний» до головного виду.

Щоб відкріпити його, тиснемо клавішу <Ctrl> і перетягаємо мишею створений вид у необхідне місце. Стрілку і позначення виду також можна перенести, зачепивши мишею. На отриманому виді ніжки хомута вже зображені суцільними лініями, тому що у даному випадку вони стають видимими.

Нумерація видів йде автоматично, тільки латинськими буквами, тому щоб змінити букву, необхідно клацнути мишею по стрілці і у вікні, що відкрилося, «Креслярський вид» змінюємо на потрібну букву (рис. 22.9).

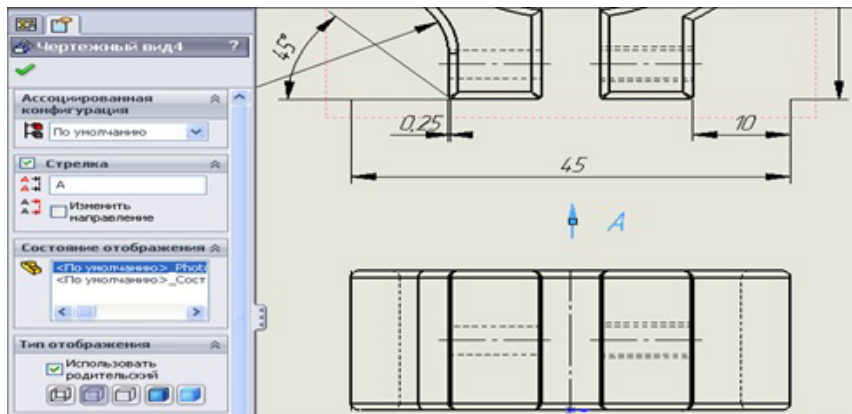


Рисунок 22.9

22.8 Створення проєкційного виду з отриманих видів

Розташуємо отримані види у певному форматі, щоб додати ще один вид. На панелі інструментів «Креслення» тиснемо кнопку «Проекційний вид». Відповідно до отриманого повідомлення, вибираємо у якості початкового виду головний вид і клацаємо на ньому лівою кнопкою миші. Спробуємо із цього виду побудувати ізометричний вид.

Для цього відводимо покажчик миші управо і вниз, поки не з'явиться ізометричне зображення виду, показане на рис. 22.10. Якщо вид з'явився за межами креслення або перекриє основний напис слід просто клацнути мишею по полю, щоб зафіксувати даний вид.

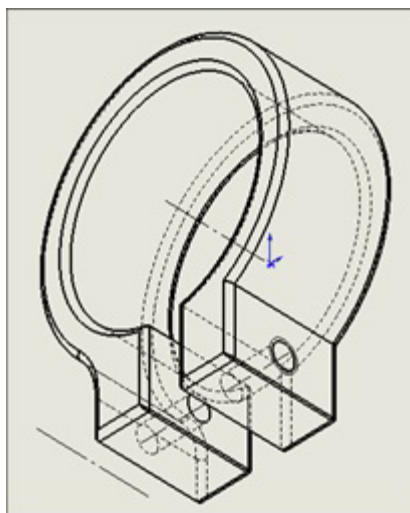


Рисунок 22.10

Тепер, щоб побудований вид опинився в центрі креслення, можна просто перетягнути його мишею. Можна також натиснути клавішу <Ctrl>, відчепити вид і перетягнути його в потрібне місце. Після створення виду тиснемо у вікні «Проекційний вид» кнопку ОК.

22.9 Створення розрізу

Тиснемо на вкладку «Розташування виду», щоб з'явилася інструментальна панель «Креслення». На панелі інструментів вибираємо команду «Розріз» і будуємо вертикальну лінію, що перетинає головний вид кресленика, щоб отримати вертикальний слід січної площини. У місці розташування курсору повинен з'явитися зразок розрізу (рис. 22.11).

Зразок переміщатиметься тільки уздовж горизонтальної лінії, так як він прив'язаний до виду. Щоб розірвати зв'язок, тиснемо клавішу <Ctrl> і переміщуємо розріз у необхідне місце.

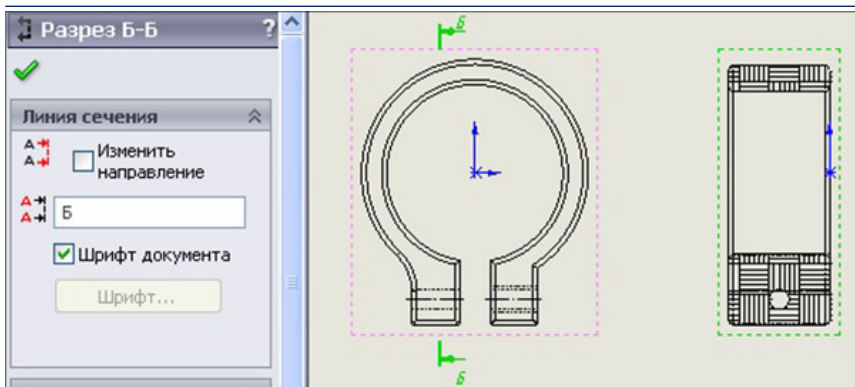


Рисунок 22.11

Може виявитися, що січна площина проходить не в тому місці виду, де вимагається. Тоді слід захопити мишкою лінію площини розрізу на виді і перетягнути її на нове місце. Після такої операції необхідно провести оновлення креслення, натиснувши кнопку «Перебудувати». Новий вид буде побудований також з розмірами, а в «Дереві Конструювання» з'явиться новий елемент «Розріз В-В». Можна змінити букву В на С в діалоговому вікні «Розріз», розташованому в менеджері властивостей.

Слід звернути увагу на те, що штрихування, виконане програмою за умовчанням, не відповідає штрихуванню для металів, потрібному по ЄСКД. Це сталося тому, що при створенні моделі деталі «Хомут» не був вказаний матеріал, з якого він зроблений.

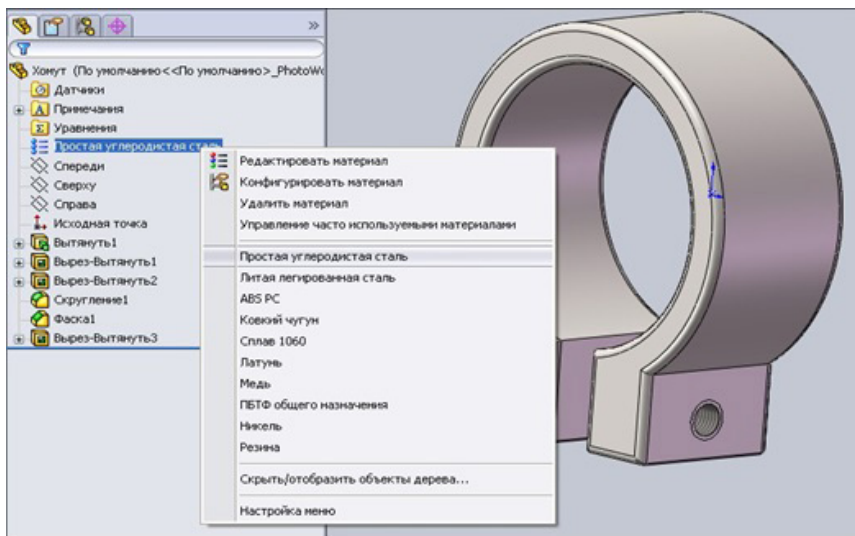


Рисунок 22.12

Змінимо штрихування на правильне. Для цього відкріємо ще раз файл деталі Хомут.sldprt. У «Дереві Конструювання» є пункт Матеріал <не вказаний>. Щоб задати матеріал, наведемо курсор миші на цей пункт і тиснемо праву кнопку. У випадному меню вибираємо матеріал, наприклад, «Проста вуглецева сталь» (рис. 22.12). Якщо потрібного матеріалу немає в меню, то клацаємо мишею по пункту «Редагувати матеріал». Відкриється діалогове вікно «Матеріал», показане на рис. 22.13, в якому можна вибрати певний матеріал або створити свій власний.

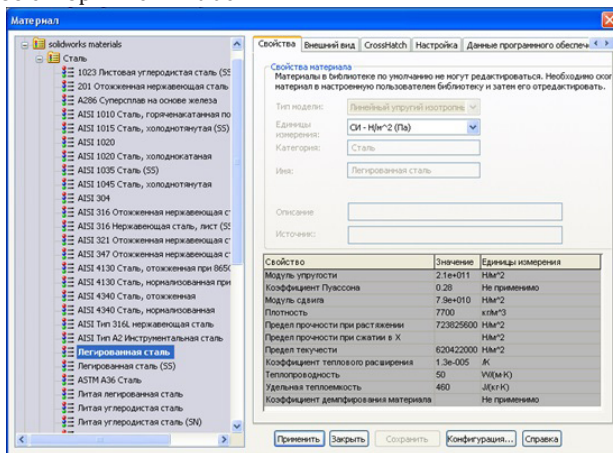


Рисунок 22.13

Усі матеріали у базі структуровані в «Дереві матеріалів», подібному до «Дерева Конструювання». Матеріали, які йдуть у складі програми SolidWorks, збережені у бібліотеці матеріалів «solidworks materials» і не доступні для редагування - ними можна тільки користуватися. Якщо необхідно використати свій власний матеріал, то спочатку вимагається створити призначену для користувача бібліотеку матеріалів.

Для створення власного матеріалу зі своїми властивостями у вікні «Матеріал» слід клацнути праву кнопку миші на пункті «solidworks materials» і у випадному меню вибрати «Нова бібліотека» (рис. 22.14).

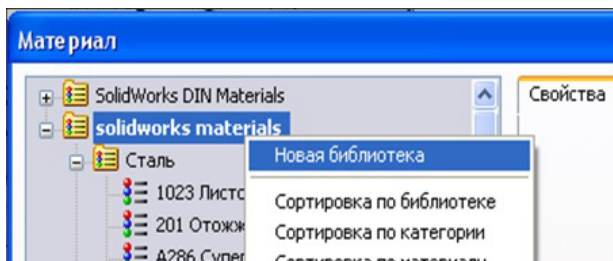


Рисунок 22.14

Відкриється діалогове вікно «Зберегти як», в якому задаємо ім'я нової бібліотеки матеріалів, наприклад, «Моя бібліотека матеріалів». У створеній бібліотеці, так само як і в існуючій, можна створити категорії матеріалів.

22.10 Створення місцевого виду

Створимо місцевий вид нашого розрізу. Для цього слід викликати команду «Місцевий вид» на панелі інструментів «Креслення». Будуємо коло на отриманому розрізі так, як це показано на рис. 22.15. У місці розташування курсору повинен з'явитися зразок місцевого виду. Зразок можна перемістити в необхідне місце за допомогою миші (рис. 22.15).

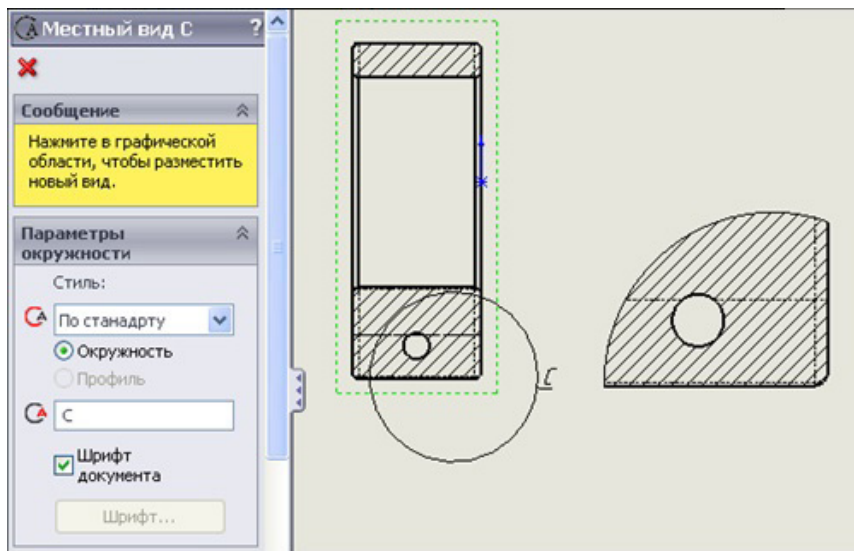


Рисунок 22.15

Усі побудовані види можна редагувати. Якщо якийсь вид зробити активним (клацнути по ньому мишею), то з лівого боку екрану в менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно, в якому можна змінювати параметри цього виду. Наприклад, змінити букву і масштаб відображення місцевого виду.

22.11 Приховання видів

В деяких випадках буває необхідно побудувати вид на основі іншого допоміжного виду, який надалі буде не потрібним на кресленні. Такий вид видаляти не можна, так як це приведе до видалення і дочірніх видів. У цьому випадку вид потрібно зробити прихованим.

Наприклад, приховаємо наш розріз. Знайдемо розріз в «Дереві Конструювання» креслень (його ім'я Розріз Б-Б). Клацнемо по ньому правою кнопкою миші і в контекстному меню виберемо пункт «Приховати» (рис. 22.16). Після цього з'явиться запит програми про приховання залежних видів. Слід відмовитися від їх приховання. В результаті даних дій розріз зникне, а залежний від нього місцевий вид залишиться. Після цієї операції слід перебудувати кресленик, натиснувши кнопку «Перебудувати».



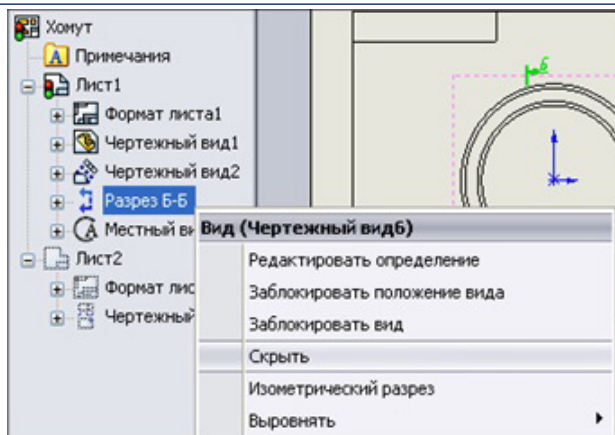


Рисунок 22.16

Якщо вид знадобиться надалі для роботи, то відновити його зображення не складе особливих труднощів: в «Дереві Конструювання» знову слід знайти Розріз Б-Б і натиснувши його правою кнопкою миші; у контекстному меню слід вибрати «Відобразити».

Якщо в «Дереві Конструювання» поряд з якимось елементом виникає значок «Перебудувати», це означає, що були зроблені такі зміни, які вимагають перебудови створеної моделі або креслення. У цьому випадку необхідно слідувати вказівкам і перебудувати модель або креслення, натиснувши кнопку «Перебудувати».

22.12 Використання обрізаного виду

Вище, був розглянутий випадок створення місцевого виду через розріз і приховання того виду, з якого був отриманий місцевий вид, тобто шляхом виконання двох команд.

Але місцевий вид можна отримати шляхом обрізання власного розрізаного виду, не утворюючи новий вид. Є тільки декілька обмежень: можна обрізувати будь-який креслярський вид, окрім місцевого виду і виду з рознесеними частинами.

Побудуємо місцевий вид іншим способом. Створимо новий розріз із головного виду. Позначимо його як «Розріз Г-Г», щоб він відрізнявся від попередньо створеного розрізу. Тиснемо вкладку Ескіз і вибираємо команду створення кола.

Рисуємо коло, як показано на рис. 22.17. Тепер перейдемо на вкладку «Розташування виду» або в панель інструментів «Креслення» і вибираємо команду «Обрізаний вид». В результаті отримаємо обрізаний вид розрізу (рис. 22.18). При цьому, новий вид не утворюється і ім'я розрізу в «Дереві Конструювання» залишається тим же. Таким чином, можна швидко створити місцевий вид однією командою в тих випадках, коли немає необхідності робити вид повного розрізу деталі.



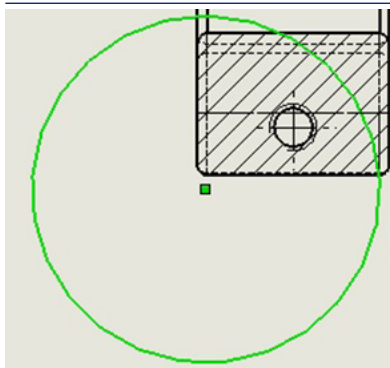


Рисунок 22.17

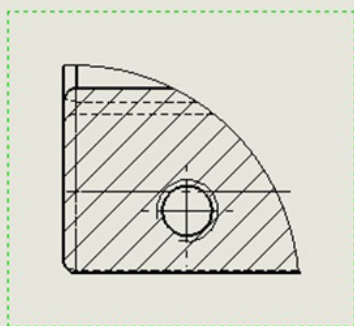


Рисунок 22.18

22.13 Нанесення розмірів

Перед початком роботи усі розміри з видів були видалені. Але інколи необхідно їх швидко відновити. В першу чергу, перенесемо на креслення розміри, за допомогою яких була сформована модель. Зробимо активним головний вигляд, клацнувши по ньому мишею.

Далі вибираємо пункт Вставка/Елементи моделі. У менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно «Елементи моделі». Перевіримо, чи встановлені в області «Розміри» прапорці «Вибрати все» і «Виключити повтори», а також «Вибрати все» в області «Довідкова геометрія». Якщо в ескізах були зроблені якісь примітки, додатково слід встановити в області «Примітки» прапорець «Вибрати все». В області «Джерело/Призначення» в якості значення параметра «Джерело» вибираємо «Усій моделі». Якщо необхідно встановити розміри на усіх видах, то слід встановити прапорець «Імпортувати елементи в усі види».

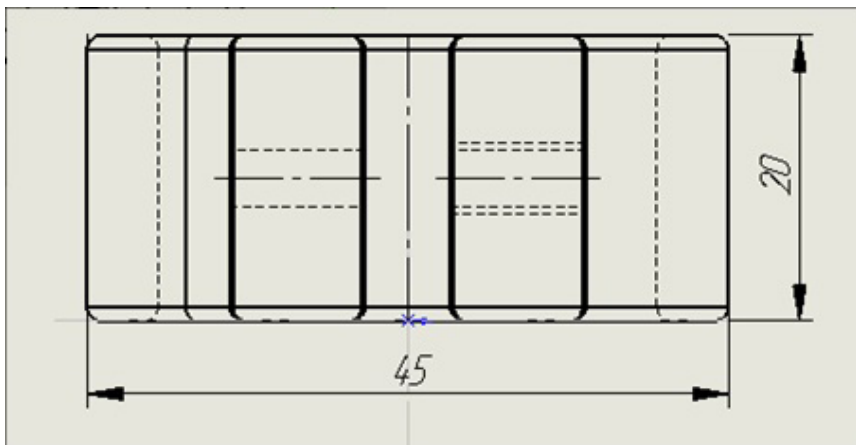


Рисунок 22.19

Тиснемо кнопку ОК і усі параметричні розміри з'являться на кресленні.

Якщо положення якихось розмірів вас не влаштовує, можна змінити їх, перетягнувши мишею. Зайві розміри можна видалити, натиснувши клавішу <Delete> або приховати, клацнувши на розмірі правою кнопкою миші і в контекстному меню вибравши «Приховати».

Можна додати до кресленника декілька додаткових розмірів. Для цього, слід розкрити вкладку «Примітка» і в панелі, що з'явилася, вибираємо команду «Автоматичне нанесення розмірів». У цьому випадку SolidWorks пропонує створювати різні типи розмірів однією командою.

Тиснемо вертикальний розмір на виді знизу (рис. 22.19). Якщо виникають труднощі з вказівкою ребер на виді, скористайтеся командою «Збільшити елемент виду». Операція масштабування виконується без переривання іншої команди.

Тепер нанесемо діаметр на головний вид. Оскільки елемент не є повним колом, за умовчанням програма створює розмір радіусу. Встановимо у вибрану позицію розмір радіусу кола. Далі, щоб змінити його на розмір діаметру, клацаємо за розміром правою кнопкою миші і у випадному меню вибираємо «Параметри відображення/ Відобразити як діаметр» (рис. 22.20). Значок радіусу і його величина перетвориться у значок діаметру.

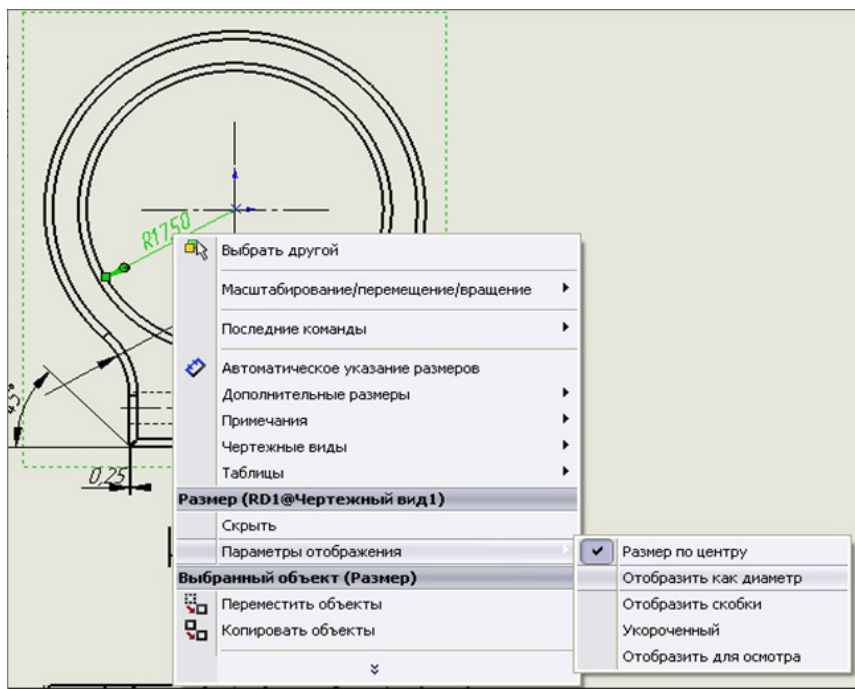


Рисунок 22.20

22.14 Додавання «вириву» для розрізу

Для того, щоб показати місцевий вирив деталей, тиснемо кнопку «Вирив деталей» на панелі інструментів «Креслення». У менеджері властивостей відкриється діалогове вікно «Вирив деталей», і програма перейде в режим відображення слайна, пропонуючи намалювати замкнутий слайн у тому місці, де потрібно виконати вирив деталей.

Викреслимо замкнутий слайн на головному виді в правій нижній частині деталі так, як це показано на рис. 22.21. Форма слайна може бути будь-якою. Слід звернути увагу на те, що слайн обов'язково має бути замкнутим, інакше команда виконана не буде.

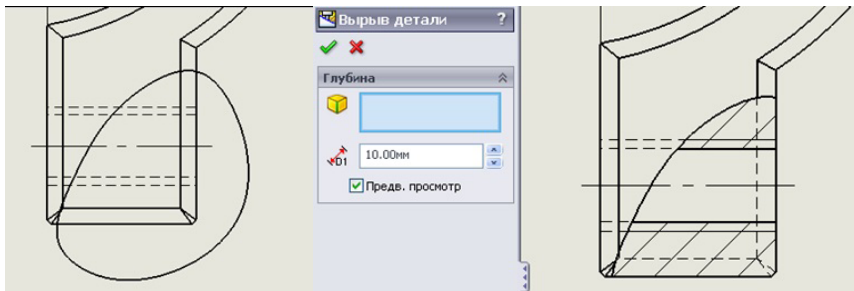


Рисунок 22.21

Рисунок 22.22

Після замикання слайна програма в діалоговому вікні запропонує ввести глибину «вириву». Оскільки товщина деталі складає 20 мм, необхідно задати «вирив» посередині, тобто ввести глибину 10 мм. Для перегляду результату дії команди, встановимо прапорець «Попередній перегляд». Результат отримаємо такий, як показано на рис. 22.22. Тиснемо кнопку ОК, щоб завершити роботу команди.

22.15 Додаткові елементи оформлення

На кресленнях окрім видів і розмірів можуть бути відображені інші елементи, наприклад, вимоги до якості обробки поверхонь деталі, форми і розташування елементів деталі і т. д. Розглянемо основні елементи оформлення креслеників. Виконаємо наступні кроки:

Запустимо команду «Покажчик центру» з панелі інструментів «Примітки» і клацнемо на будь-якому із кіл, на якій не нанесені лінії центрів. Продовжимо вибирати кола, і в їх центральних точках програма наноситиме маркери покажчика центру. Потім проставимо допуск діаметру розміром 35мм. Клацаємо мишею за розміром, щоб він став активним. У менеджері властивостей у вікні «Розмір» встановлюємо параметри, як показано на рис. 22.23. У даному випадку, виставляємо верхнє відхилення розміру рівним 0,05 мм, а нижнє відхилення - 0,03 мм. Тиснемо кнопку ОК. У результаті розмір набуде вигляду, як показано на рис. 2.23.

Слід звернути увагу, що висота шрифту допуску співпадає з висотою шрифту розмірів, тоді як ЕСКД вимагає, щоб висота шрифту допуску була на порядок меншою, ніж висота шрифту розміру.



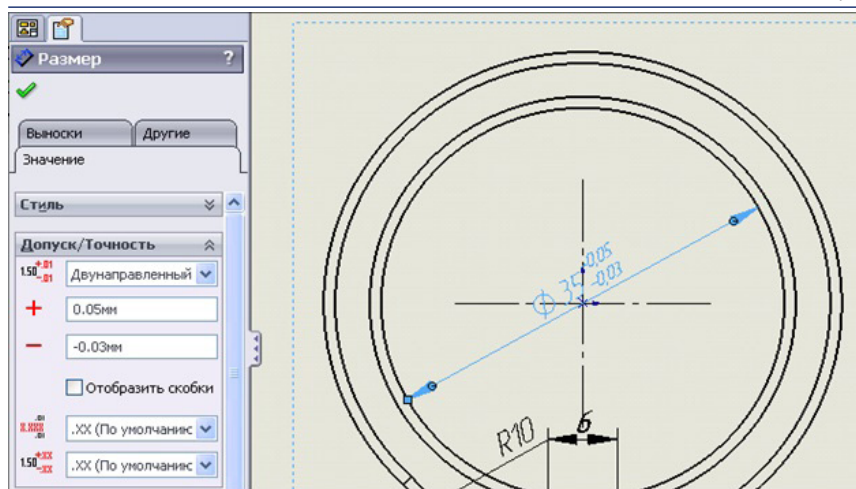


Рисунок 22.23

Для виправлення цієї ситуації знову клацнемо лівою кнопкою миші і в тому ж вікні «Розмір» шукаємо область «Шрифт тексту». У цій області параметр «Шрифт розмірів» відповідає за висоту розмірів, а параметр «Шрифт» - за висоту допусків. Знімаємо прапорець «Використати шрифт розміру» і у вікні «Висота шрифту» задамо висоту шрифту допусків (наприклад, 3,5 мм, якщо висота шрифту дорівнює 5 мм). Далі тиснемо кнопку ОК і отримаємо розмір, як показано на рис. 22.24.

Для нанесення шорсткості виконає наступні дії: У панелі інструментів «Примітки» натискаємо кнопку «Шорсткість поверхні».

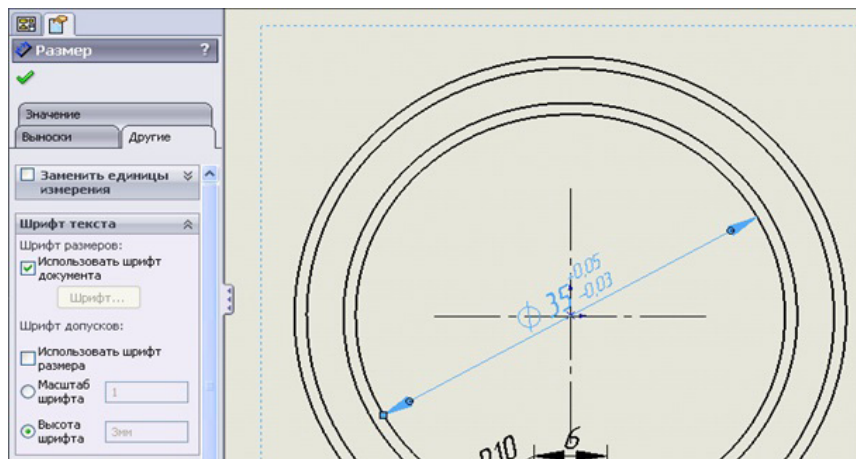


Рисунок 22.24

В менеджері властивостей у вікні «Шорсткість поверхні» вказуємо параметри шорсткості, наприклад, так, як показано на рис. 22.25. Якщо перевести курсор в область креслення, то поряд з курсором з'явиться зображення значка шорсткості зі встановленими параметрами.

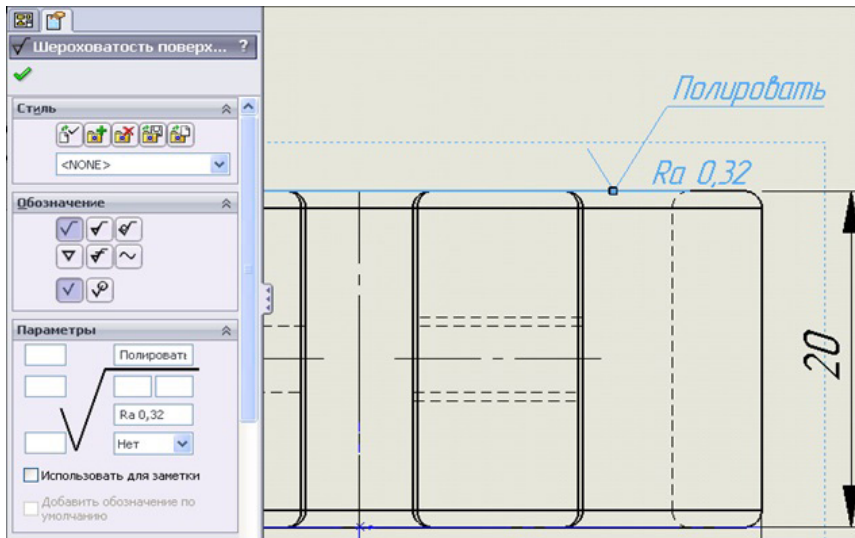


Рисунок 22.25

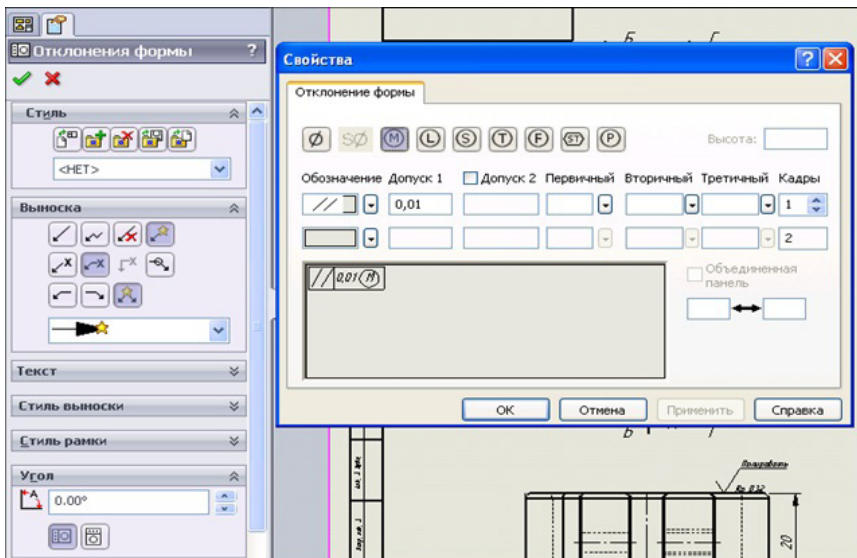


Рисунок 22.26

Вказуємо курсором на кресленні елемент, до якого призначається вимога нанесення шорсткості і тиснемо ліву кнопку миші. Таким чином можна призначити вимоги до усіх необхідних елементів. Після закінчення операції в діалоговому вікні натиснемо ОК.

Якщо для положення значка шорсткості слід змінити місце, рухаємо його за допомогою миші. Для встановлення позначення відхилення форми або розташування поверхні виконаємо наступні дії. Натиснемо на панелі інструментів «Примітки» кнопку «Відхилення форми» і в діалоговому вікні «Відхилення форми», задамо параметри, як показано на рис. 22.26.

У полі «Позначення» у випадному списку вибираємо значок вимоги. Вибрана вимога тут же відображається в нижньому полі у якості зразка. У полі «Допуск 1» вказуємо значення допуску. Залежно від вимог можна встановити два основні допуски і три додаткових. Можна також задавати декілька різних допусків. Зміна віконць для різних допусків здійснюється у полі «Кадри».

Звертаємо увагу, що не усі значки ЄСКД використовуються в SolidWorks. Кількість рядків вимог може бути довільним. Після встановлення усіх параметрів, для завершення налаштувань, тиснемо кнопку ОК. Після появи певного позначення на кресленні його можна пересунути мишею в необхідне місце.

22.16 Текстові пояснення

Будь-яке креслення не обходиться без текстових елементів (наприклад, технічні вимоги, технічні умови та інше). Для того, щоб створити такий елемент, необхідно клацнути мишею по кнопці «Примітки» на панелі інструментів, а потім - у тому місці креслення, де потрібно вставити текст. У діалоговому вікні вводимо текст, наприклад, такий, як це показано на рис. 22.27. Перехід на наступний рядок здійснюється натисненням клавіші <Enter>.

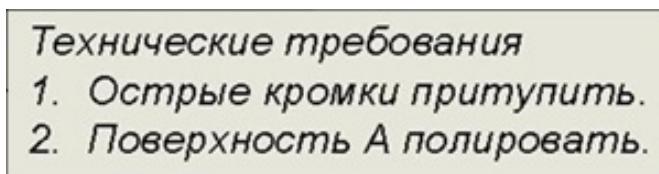


Рисунок 22.27

Після закінчення введення тиснемо кнопку ОК або клацаємо мишею поза полем примітки.

Якщо яких-небудь позначень, передбачених ЄСКД, не має в арсеналі команд «Примітки», їх можна викреслити за допомогою команд ескізу «Ескіз».

Питання для самоконтролю до двадцять першого розділу:

1. Яким чином для двовимірних креслеників встановлюються шаблони?
2. Як створити 3 стандартних види деталі на кресленнику?
3. За допомогою яких операцій видаляються або приховуються види?
4. Що таке додаткові види та «вири в деталі»?
5. У чому полягають додаткові можливості оформлення креслень?
6. Як на креслениках SolidWorks позначається шорсткість обробки поверхонь деталей?
7. Способи виконання текстових пояснень на двовимірних креслениках.

23 ЗВАРНІ З'ЄДНАННЯ

Загальний принцип створення зварних конструкцій у SolidWorks із використанням багатотілої деталі полягає у виконанні наступної послідовності дій:

1. Створюється твердотіла модель зварної деталі так, як вона повинна виглядати після процесу зварювання. Навіть, якщо зварна конструкція до зварювання складається із ряду окремих деталей – на першому етапі, створюється конструкція, як одна деталь, а не об'єкт, отриманий у результаті складання.

2. Із створеної єдиної деталі будують багатотілу деталь шляхом виконання елементів розрізу між окремими частинами.

3. При необхідності оброблюють кромки деталей під зварний шов.

4. Формують сам зварний шов.

Покажемо процес моделювання зварної конструкції на прикладі створення шва двох накладених деталей.

При такому типі шва, кромки деталей спеціально не підготовлюються.

Процес моделювання починають із створення моделі першої деталі через застосування команди над створеним ескізом – **витягнута бобишка/основа** (рис. 23.1).

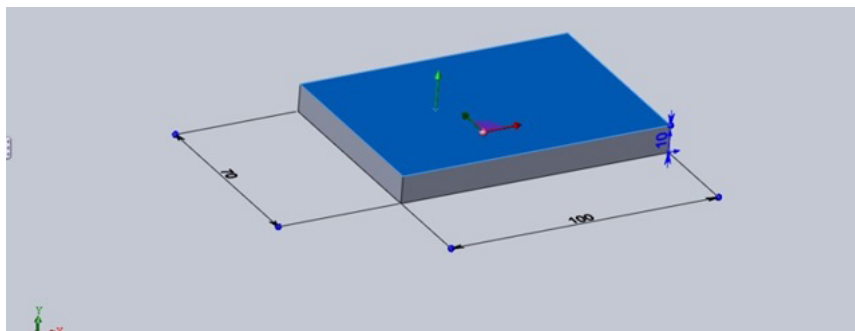


Рисунок 23.1

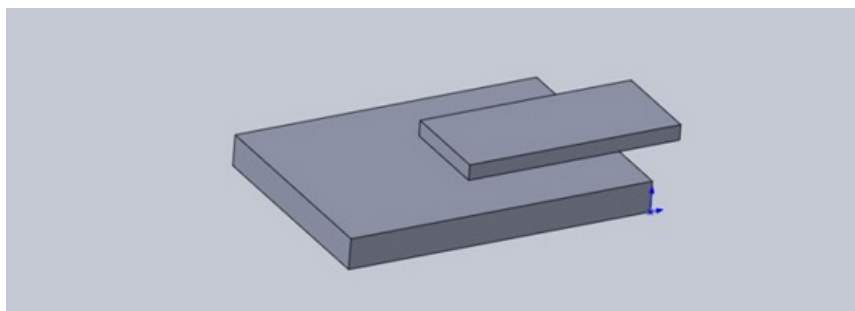


Рисунок 23.2

За таким же принципом створюємо модель пластини другої деталі, прив'язуючи її до верхньої грані першої пластини (рис. 23.2).

Щоб сформуванати шов, нам необхідно попередньо розділити деталь і створити із неї багатотілу деталь. Для цього, через інструмент **вставка/лита форма**, викликаємо команду **розділити**, вказуємо грань розділення (рис. 23.3). У результаті виконання команди – із однієї деталі створюється два окремих тіла (рис. 23.4).

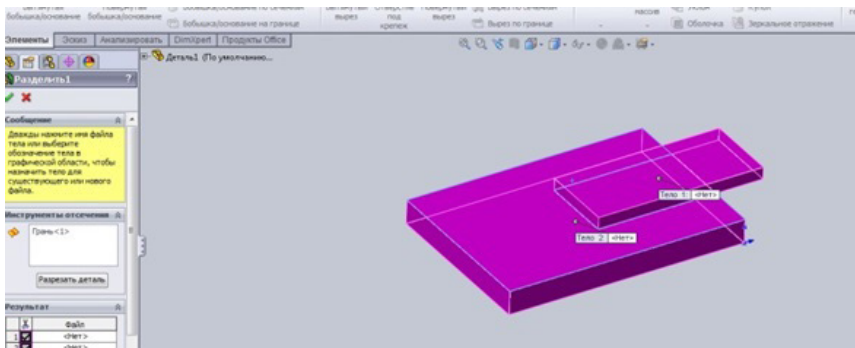


Рисунок 23.3

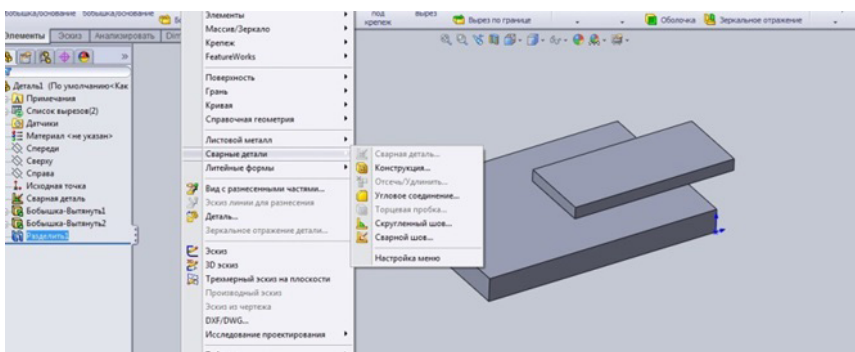


Рисунок 23.4

В меню **вставка** шукаємо **зварні деталі** і викликаємо команду **закруглений шов**. У менеджері властивостей задаємо **грані**, які будуть основою шва і розміри шва (рис. 23.5).

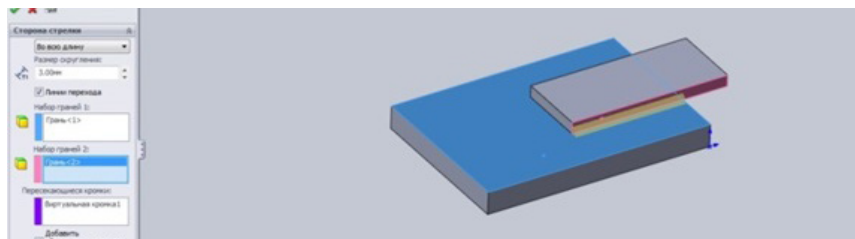


Рисунок 23.5

Тиснемо **Ок**. Результат моделювання зварної конструкції і шва наведено на рис. 23.6.

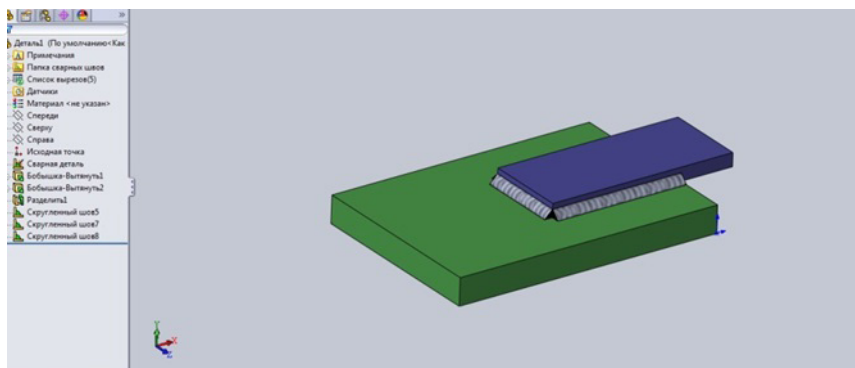


Рисунок 23.6

Уже відомими методами, маючи модель, створюємо креслення зварного з'єднання, на якому можна нанести всі необхідні розміри, примітки, умовні позначення зварного шва (рис. 23.7).

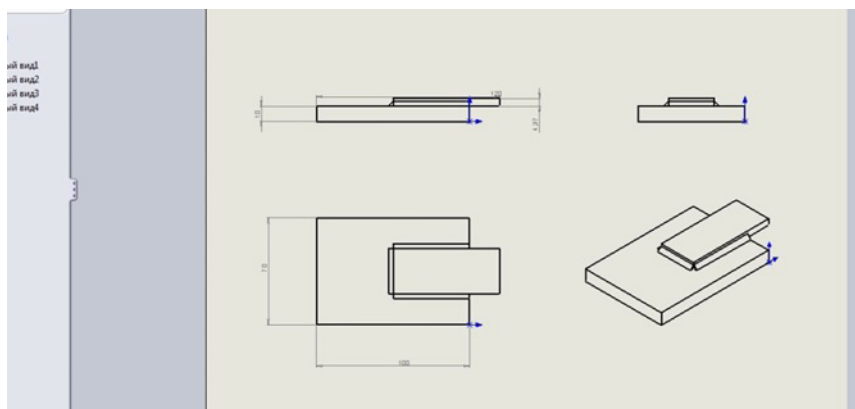


Рисунок 23.7

Питання для самоконтролю до двадцять першого розділу:

1. Загальний принцип створення зварних конструкцій у SolidWorks.
2. Як формують зварні шви на моделях у SolidWorks?
3. Які наносяться умовні позначення зварних швів на 3D моделях у SolidWorks?
4. Які наносяться умовні позначення зварних швів на креслениках у SolidWorks?

24 МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДАЛЬНОГО КРЕСЛЕНИКА

У даному розділі розглядається процес моделювання складального кресленника на прикладі побудови універсального шарніру. Шарнір складається із декількох компонентів та одного вузла.

Складальний кресленник створюється шляхом додавання і зміни існуючих деталей зборки. Додавання деталей відображається шляхом вставки нових компонентів (рис. 24.1).

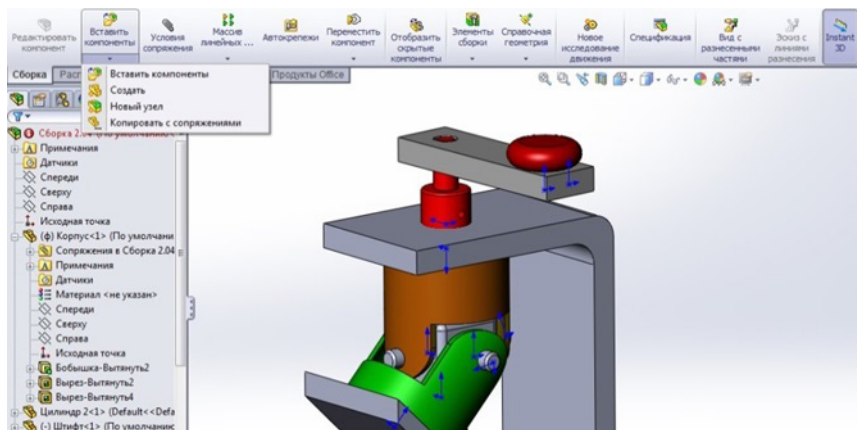


Рисунок 24.1

Положення та розташування деталей у складальному кресленнику виконується за допомогою спряжень. Спряженнями зв'язуються окремі грані і кромки деталей з площинами граней і кромками інших деталей.

Ключовими етапами процесу моделювання складального кресленника є:

- створення нової зборки;
- додавання першої деталі (вузла);
- положення першої деталі (вузла);
- дерево конструювання FeatureManager;
- взаємне спряження деталей (вузлів).

Для створення складального кресленника натисніть **Файл, Створити складальне креслення** (рис. 24.2).

Першим компонентом, доданим у складальне креслення, повинна бути деталь, положення якої буде зафіксованим, тобто нерухомим. Після фіксації першого компонента можна будувати спряження його із іншими деталями, не боячись, що він зміститься. На рисунку 24.3 зображено деталь типу кронштейн, яка буде базовою для майбутнього складального кресленника.

Після того як базовий компонент буде встановлено та зафіксовано, можна до нього додавати інші деталі складального кресленника та виконувати їх спряження із базовою деталлю (рис. 24.4).



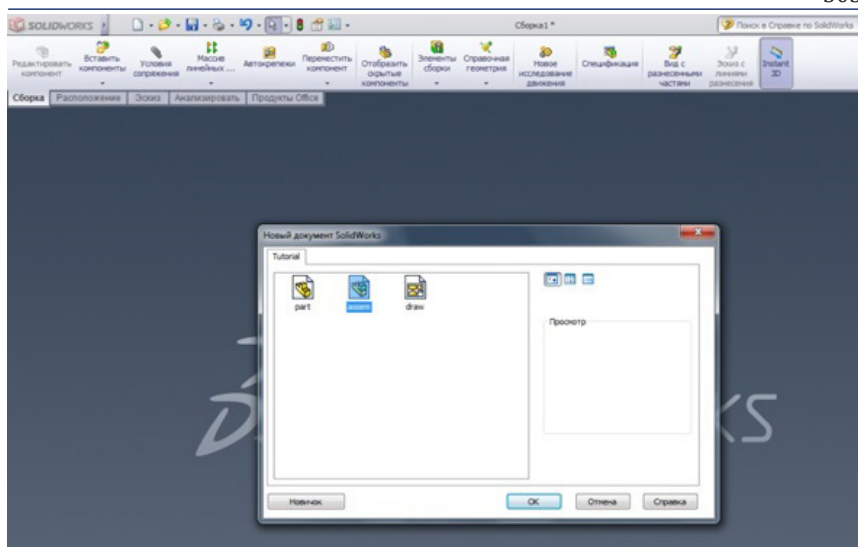


Рисунок 24.2

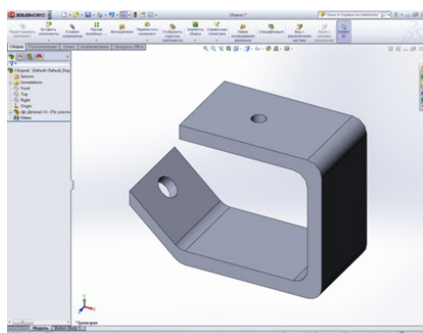


Рисунок 24.3

Існує декілька способів для додавання деталей у складальне креслення:

- використання діалогового вікна вставки;
- перетягування із Провідника;
- перетягування із відкритого документу;
- перетягування із панелі задач.

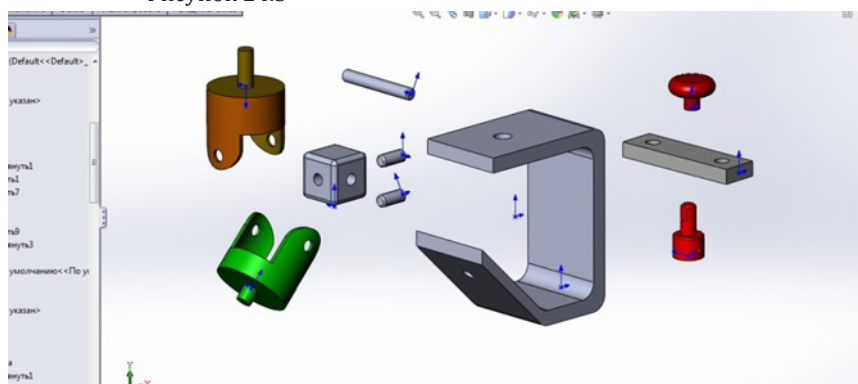


Рисунок 24.4

Положення деталей, які додаються має бути невизначеним, для того щоб кожна мала б ступенів свободи і могла переміщуватись.

Один або декілька вибраних деталей (компонентів) можна переміщати або обертати, щоб змінити їх положення для спряження. Такі дії можна виконати за допомогою миші або команд **Перемістити** та **Обертати компонент**.

Однак, переміщати деталь (компонент) є недостатньо точною операцією для побудови складального кресленника. Для спряження деталей використовують грані або кромки.

Інструмент **Вставити спряження** створює взаємозв'язок між деталями (компонентами) або між деталлю і складальним кресленником. **Співпадання** і **Концентричність** – два найбільш часто використовуваних типи спряження.

Спряження можна створювати з використанням різних об'єктів деталі, наприклад, граней, площин, кромки, вершин та точок ескізу, осей та початкових точок.

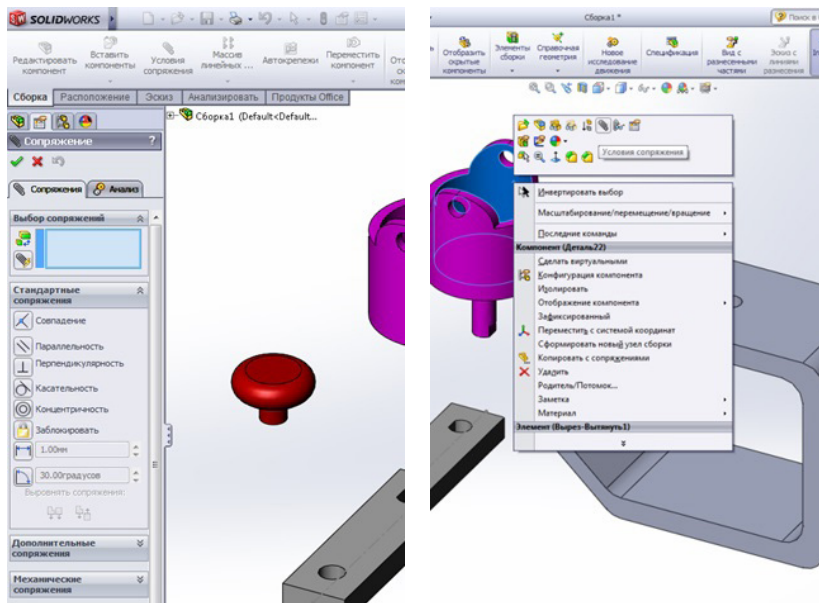


Рисунок 24.5

Більшість спряжень виконуються між парою об'єктів. В меню **Вставка** виберіть **Спряження** або на панелі інструментів Складальне креслення натисніть **Спряження** (рис. 24.5 а), або натисніть на деталі (компоненті) правою клавішею миші і виберіть **Спряження** (рис. 24.5 б).

Для спряження використовуються значки, вид яких залежить від типу спряження: співпадання, паралельність, перпендикулярність, дотичність, концентричність (рис. 24.6).

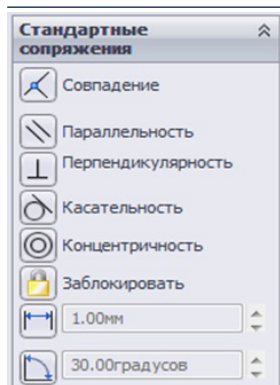


Рисунок 24.6

Спряження використовують для створення взаємозв'язків між деталями (компонентами). Першим елементом монтування зборки може бути деталь Вилка-1. Деталь Вилка-1 повинна бути спряжена з кронштейном, так щоб її вал входив в отвір на кронштейні, а грань з'єднувалась з внутрішньою гранню кронштейна. Для виконання даного завдання будуть використовуватись види спряження - **Концентричність** та **Співпадання**.

Вибераємо на панелі інструменті **Спряження**, з'явить вікно як на рисунку 24.5а, в ньому вибираємо **Концентричність**, вказуємо вал на вилці та отвір в кронштейні та натискаємо **ОК**. Вилка займе положення як показано на рисунку 24.7.

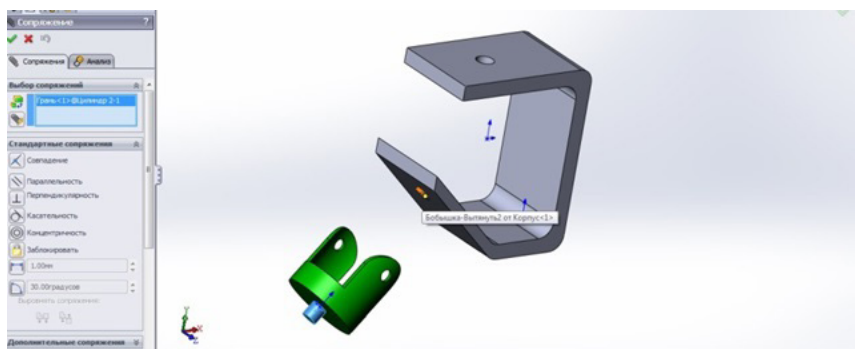


Рисунок 24.7

Далі на панелі інструментів вибираємо функцію **Співпадання** вказуємо грані на вилці та кронштейні, які повинні співпадати. Кресленник набуде вигляду як на рисунку 24.8.

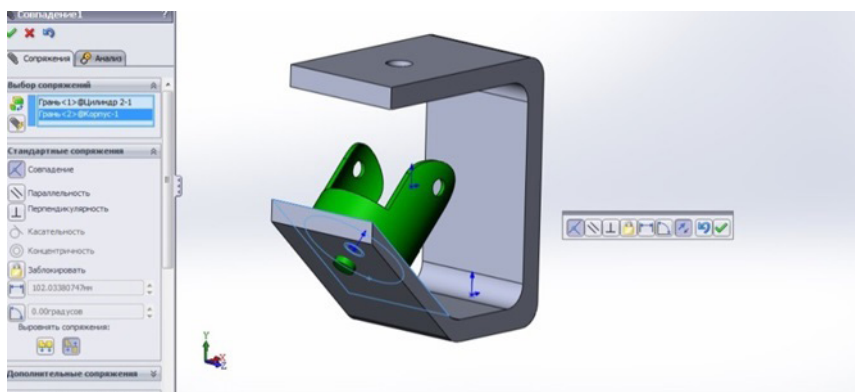


Рисунок 24.8

Для спряження кубічного шарніра та вилки-1 використаємо команди **Концентричність** та у **Додаткових спряженнях – Ширина**. Відповідно до цих команд шарнір розміститься симетрично відносно пальців вилки (рис. 24.9).

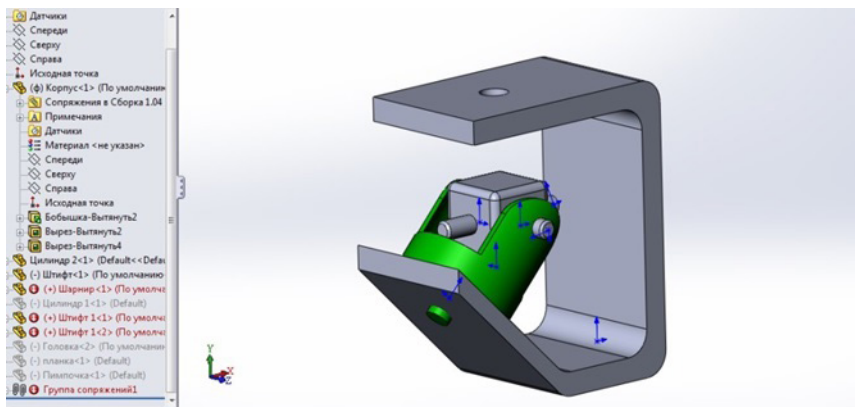


Рисунок 24.9

Використовуючи ті самі види спряжень, додаємо у складальне креслення три штифти (рис. 24.10).

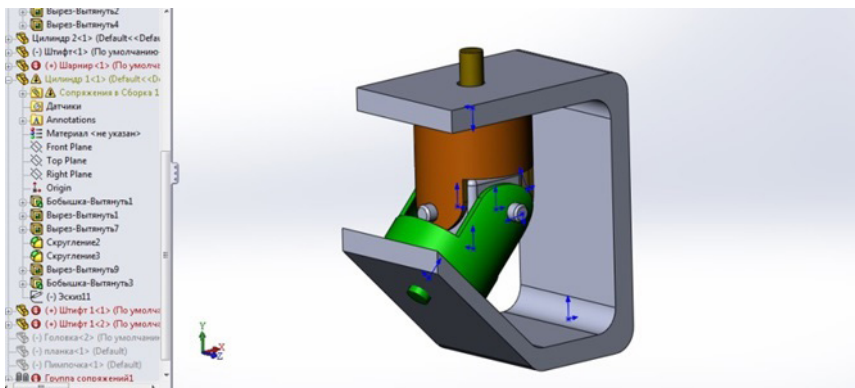


Рисунок 24.10

Наступним етапом є монтаж вилки-2 із паралельним коригуванням розмірів конштейну. При цьому знову використовуємо два основні види спряження **Концентричність** та **Співпадання** (рис. 24.11).

Аналогічно додаємо до зборки деталь типу головки (рис. 24.12).

Для спряження планки рукоятки та головки будуть використовуватись ті ж самі види спряжень: **Концентричність** та **Співпадання**. Обов'язковою умовою тут є те, що плоска грань на головці та в отворі планки повинні співпадати. На рисунку 24.13 ці дві грані чітко видно.

Останнім етапом складання зборки є додавання кнопки рукоятки із використанням уже вище згаданих видів спряження.

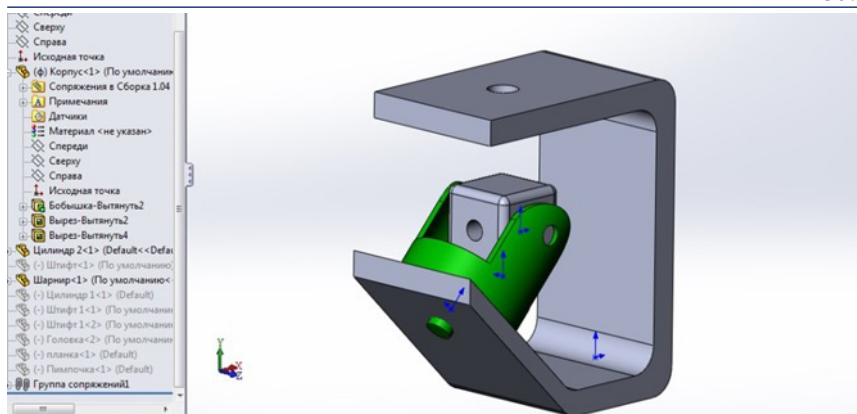


Рисунок 24.11

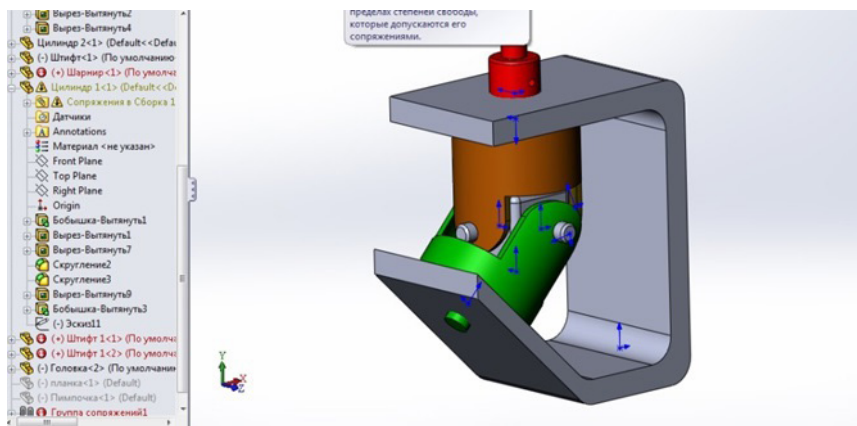


Рисунок 24.12

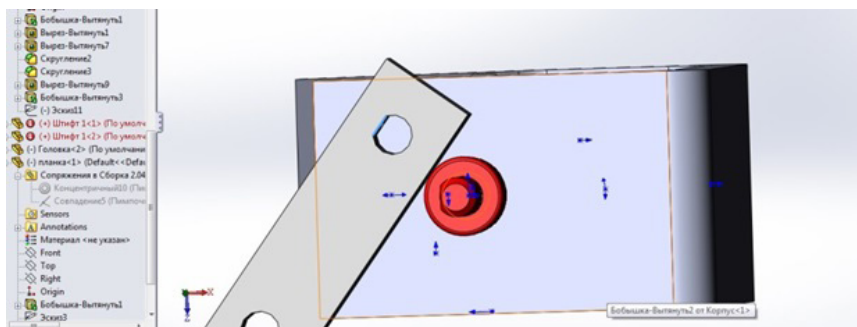


Рисунок 24.13

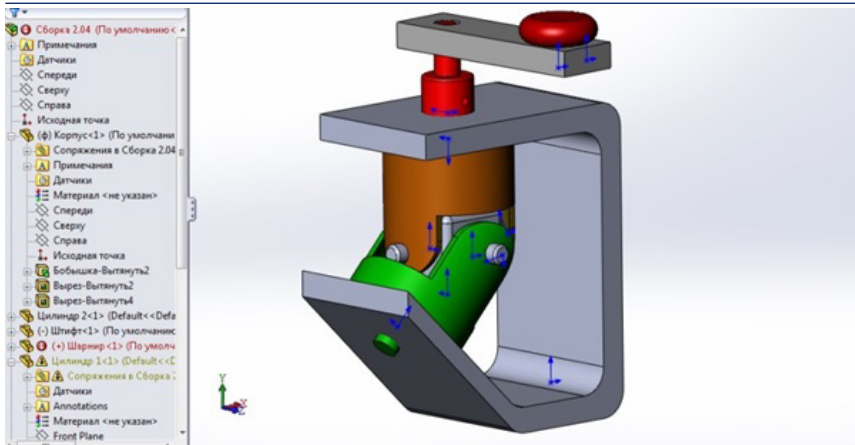


Рисунок 24.14

Після побудови спряжень всіх деталей (компонентів) складальне креслення набуде вигляду (рис. 24.14).

Питання для самоконтролю до двадцять першого розділу:

1. У чому особливості побудови складального креслення у SolidWorks?
2. Назвіть ключові етапи створення складальних креслень у програмі.
3. Які можливості надає для формування складальних вузлів інструмент «вставити спряження»?
4. Види спряжень на складальних кресленнях.

25 РОБОТА ІЗ SOLIDWORKS TOOLBOX

За допомогою додатку **SolidWorks Toolbox** в складальне креслення можна додавати готові стандартні вироби. В **Toolbox** представлені наступні групи стандартних деталей (рис. 25.1).

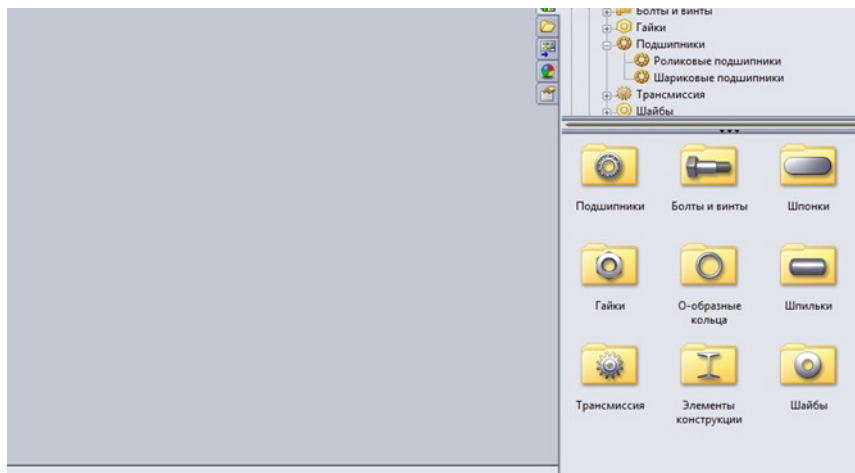


Рисунок 25.1

- болти і гвинти;
- підшипники;
- гайки;
- шайби;
- трансмісії;
- шпонки
- шпильки;
- елементи конструкцій;
- кільця.

Щоб активувати Toolbox слід увійти в **Інструменти, Додатки** і поставити галочки біля SolidWorks Toolbox, Браузер SolidWorks Toolbox і натиснути **ОК**.

Покажемо це на прикладі. Для цього створимо деталь майбутньої зборки. Створимо блок із розмірами 100x100x20мм і виконаємо у ньому два отвори діаметром 12 мм (рис. 25.2).

Створивши деталь – збережемо її під ім'ям **Плита sldprt**.

Після цього створимо складальне креслення (рис. 25.3), у яке додамо два елемента деталі **Плита sldprt**.

Змінимо колір однієї із плит для того, щоб розрізнити на складальному кресленні з'єднувальні деталі (рис. 25.4).

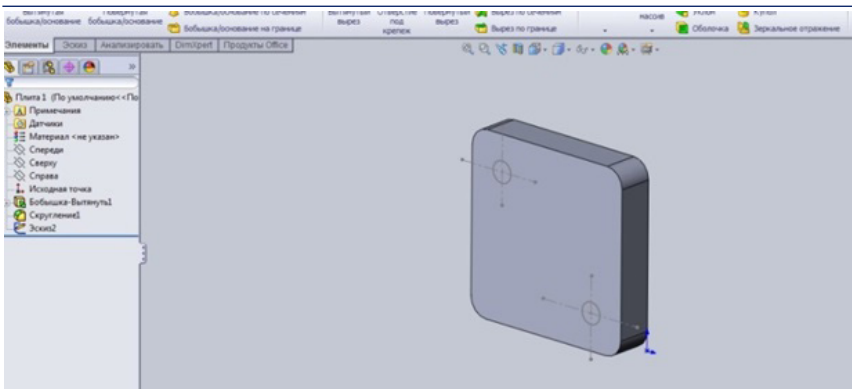


Рисунок 25.2

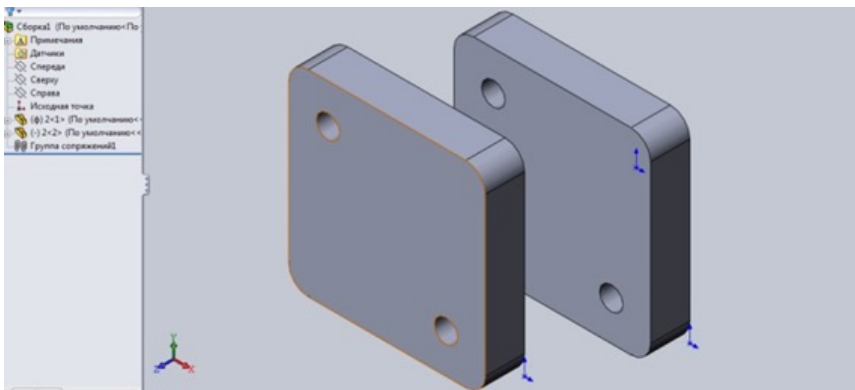


Рисунок 25.3

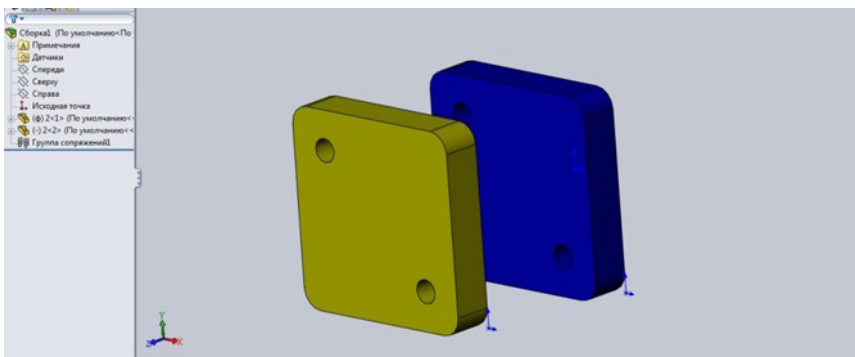


Рисунок 25.4

Вирівняємо деталі, додавши до них три умови спряження і збережемо складальне креслення як **СК_Плити sldasm** (рис. 25.5).



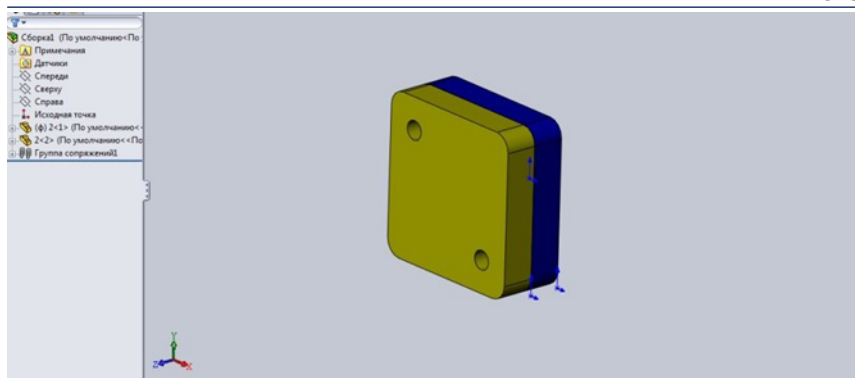


Рисунок 25.5

Тепер будемо додати до заданого складального кресленника стандартний болт із шестигранною головкою, який знаходиться у бібліотеці **SolidWorks Toolbox**. Вибираємо вкладку **Toolbox**, **стандарт ISO**, **болти і гвинти** (рис. 25.6).

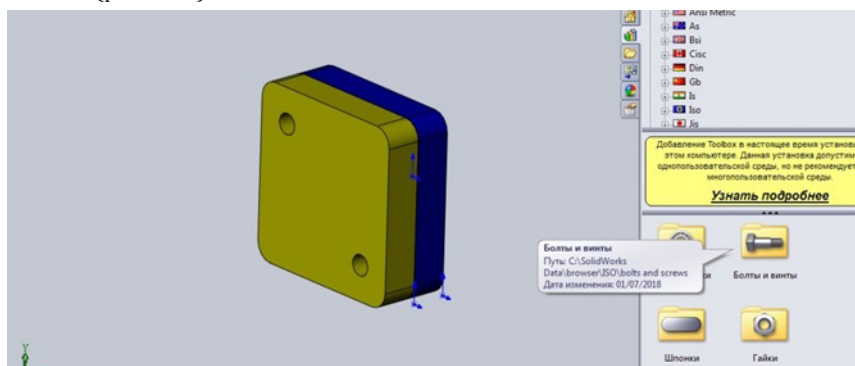


Рисунок 25.6

На вкладці **Toolbox** з'явиться попереднє зображення деталі, яку ми перетягуємо мишкою на поле складального кресленника (рис. 25.7).

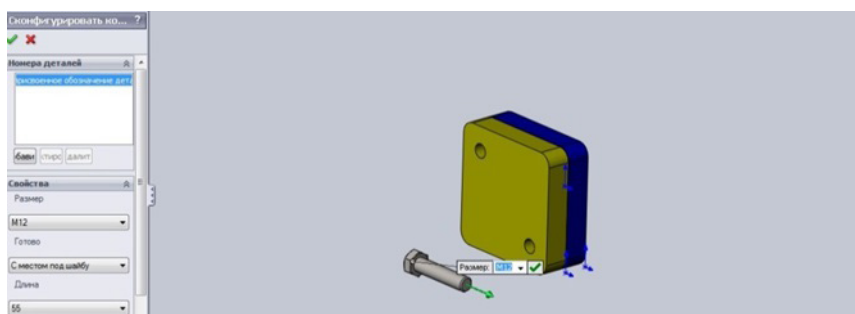


Рисунок 25.7

Паралельно можна відредагувати параметри вибраного болта. А за допомогою мишки розташовуємо болт у одному із отворів а потім у іншому (рис. 25.8).

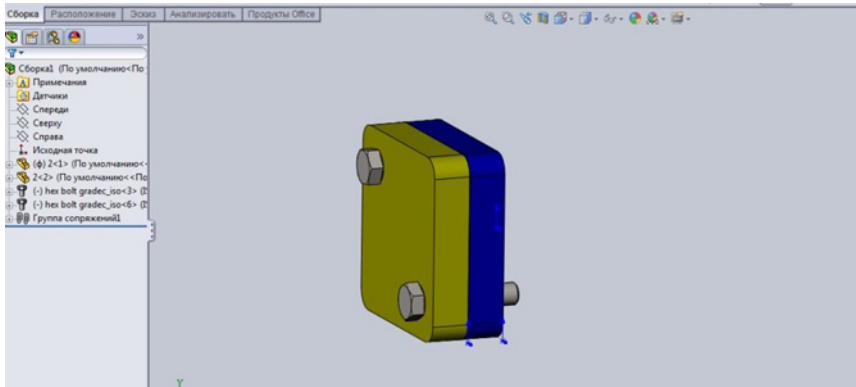


Рисунок 25.8

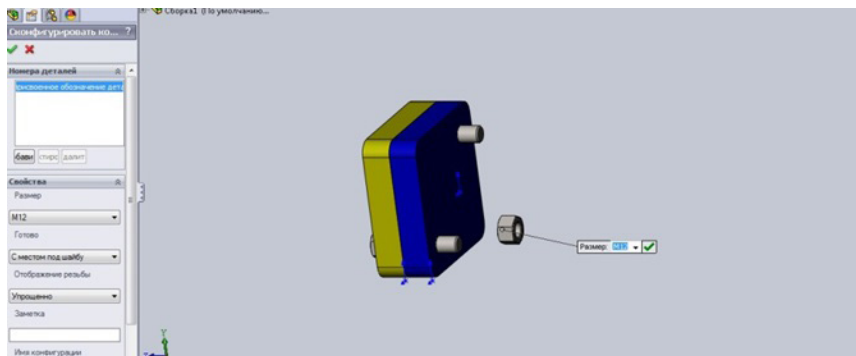


Рисунок 25.9

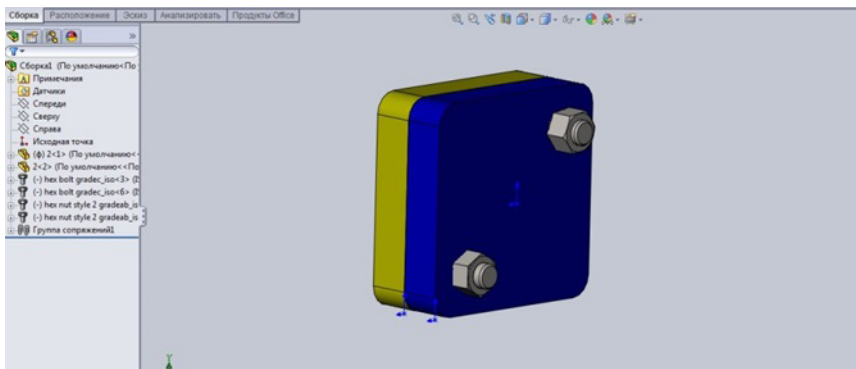


Рисунок 25.10

Повертаємо складальне креслення тильним боком і використовуємо бібліотеку **Toolbox** додаємо у збірку гайку, редагуючи на кресленні її параметри (рис. 25.9).

У такий же спосіб поміщаємо другу гайку на складальному кресленнику. Результат моделювання кріпильного виробу наведено на рис. 25.10.

Перебудовуємо отриманий кресленник і зберігаємо у потрібному форматі.

Слід зазначити, що у процесі моделювання можна коригувати ряд параметрів кріпильного виробу, використовуючи базове **Дерево конструювання** (наприклад – довжину болтів).

Питання для самоконтролю до двадцять п'ятого розділу:

1. Назвіть групи стандартних деталей у програмі SolidWorks.
2. Яким способом активується бібліотека проектування Toolbox?
3. Як корегувати параметри стандартних елементів бібліотеки Toolbox у SolidWorks?



26 ІМПОРТ ТА ЕКСПОРТ ДОКУМЕНТІВ В SOLIDWORKS

SolidWorks надає широкі можливості взаємодії із різними додатками двовимірного і тривимірного проектування. Доступні методи перетворення даних із різних додатків для документів SolidWorks представлені у таблиці 26.1.

Таблиця 26.1

Методи перетворення даних для документів SolidWorks						
Додатки	Деталі		Зборки		Креслення	
	Імпорт	Експорт	Імпорт	Експорт	Імпорт	Експорт
ACIS (*.sat)	+	+	+			
Autodesk Inventor (*.ipt)	+					
CADKEY(*.prt)	+		+			
Catia Graphics (*.cgr)	+	+	+	+		
DXF 3D (*.dxf)	+					
DXF/DWG (*.dxf, *.dwg)	+				+	+
eDrawing (*.eprt, *.easm, *.edrw)		+		+		+
HCG (*.hcg)		+		+		
HOOPS (*.hsf)		+		+		
IGES (*.igs, *.iges)	+	+	+	+		
JPEG (*.Jpg)		+		+		+
Mechanical Desktop (*.dxf, *.dwg)	+		+			
Pro/Engineer (*.prt, *.xpr, *.asm, *.xas)	+	+	+	+		
Solid Edge (*.par)	+					
STEP AP203/214(*.step, *.stp)	+	+	+	+		
STL(*.stl)		+		+		
TIFF(*.tif)	+	+	+	+		+



Unigraphics II (*.prt)	+		+			
VDAFS (*.vda)	+	+				
Viewpoint (*.mts)		+		+		
VRML(*.wrl)	+	+	+	+		
RealityWaveZGL(*.zgl)		+	+	+		

Порядок дій при імпорті документів із інших програм в SolidWorks схожий на порядок відкриття документа у цій програмі. Для прикладу імпортуємо документ у форматі AutoCAD (*.dwg).

Для цього відкриємо потрібний документ формату (*.dwg) (рис. 26.1).

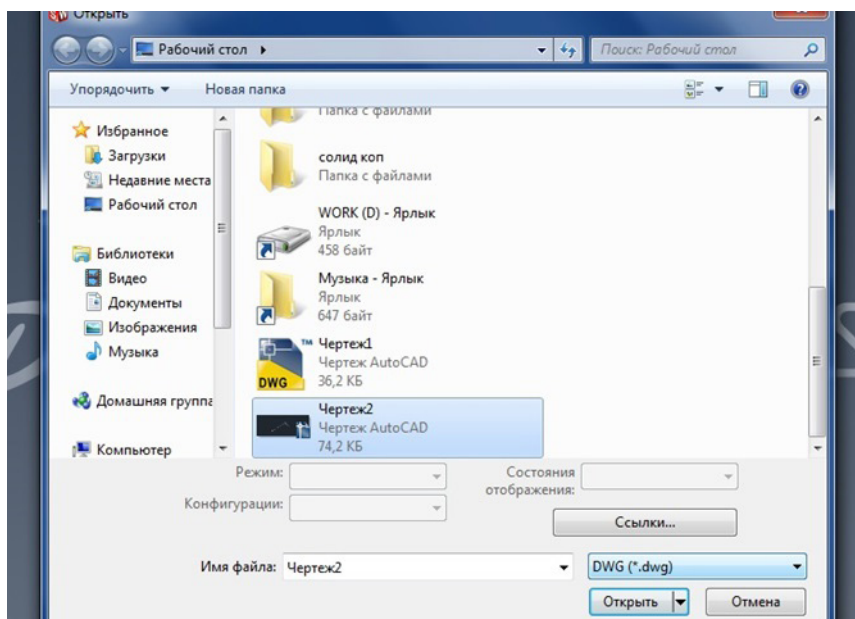


Рисунок 26.1

Перед нами з'явиться вікно імпорту файлів DWG/DXF (рис. 26.2), яке дозволяє вибрати метод відкриття файлу. У вікні, що відкрилося можна вибрати **Створити нове креслення, перетворити в об'єкти SolidWorks** і натиснути **Далі**.

У наступному вікні можна вибрати потрібні слої кресленника (рис. 26.3), далі встановити необхідні параметри кресленника (рис. 26.4) і натиснути **Готово**.

SolidWorks відкриє потрібний документ (рис. 26.5), із яким далі можна працювати як зі звичайним документом цієї програми.

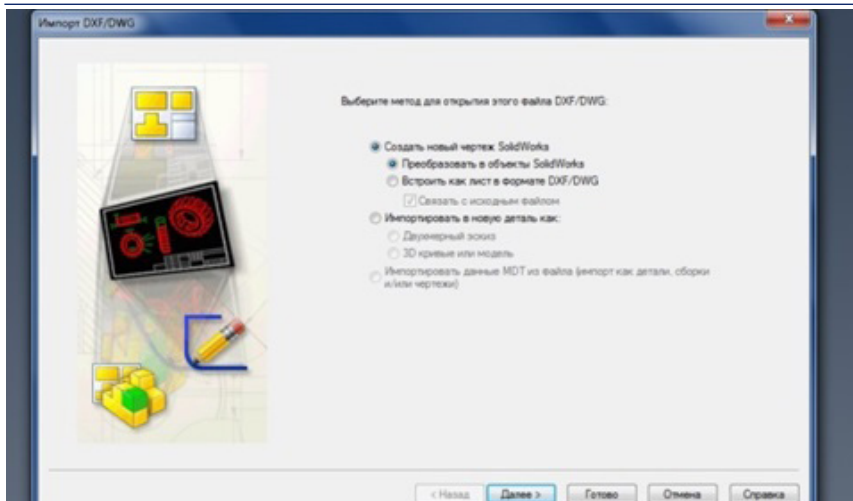


Рисунок 26.2

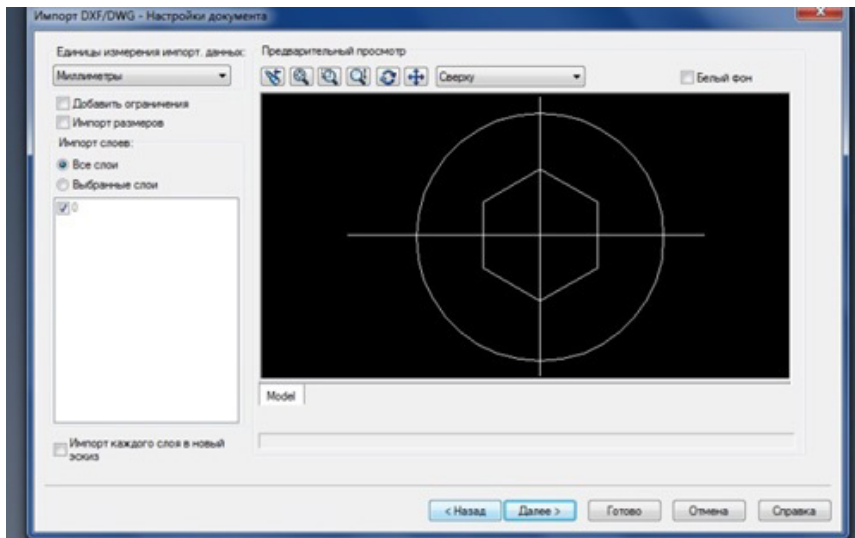


Рисунок 26.3

Порядок дій при експорті документів SolidWorks в інші формати схожий на процедуру збереження документа у цій програмі.

У якості прикладу збережемо документ імпортований із **AutoCAD** і відредагований у SolidWorks (рис. 26.6) назад у формат **DWG**. Для цього тиснемо **Зберегти як** і вибираємо формат (*.dwg) (рис. 26.7).

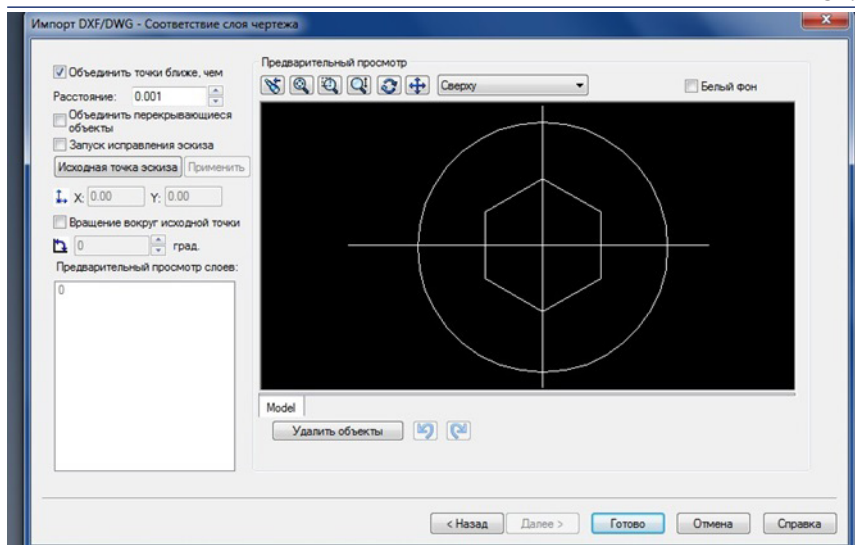


Рисунок 26.4

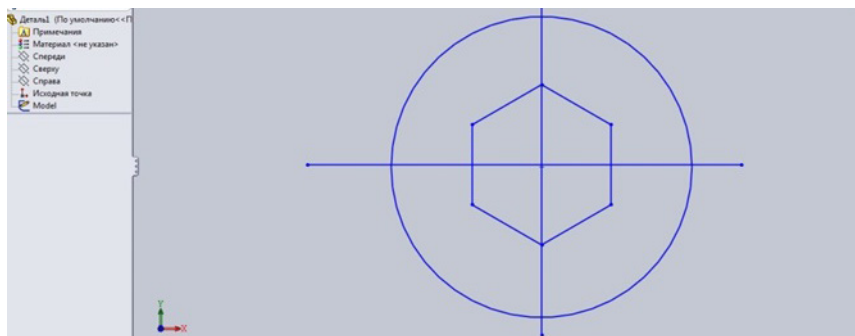


Рисунок 26.5

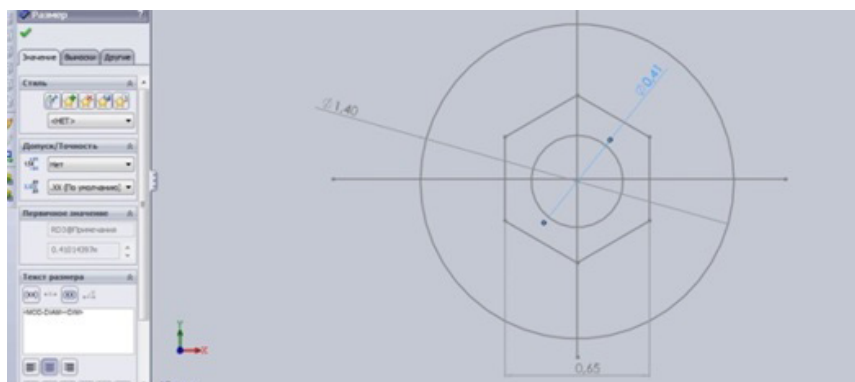


Рисунок 26.6

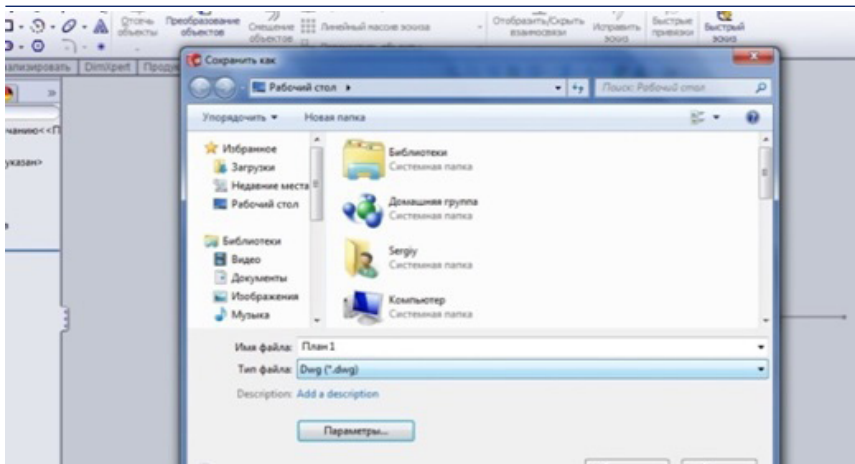


Рисунок 26.7

З'явиться вікно **Параметри експорту** (рис. 26.8), яке дозволяє вибрати:

- версію AutoCAD, для якої буде експортуватися документ;
- шрифти (TrueType Windows або стандартні для AutoCAD);
- типи ліній (Стандартні стилі AutoCAD або налаштування Solidworks);
- кількість листів.

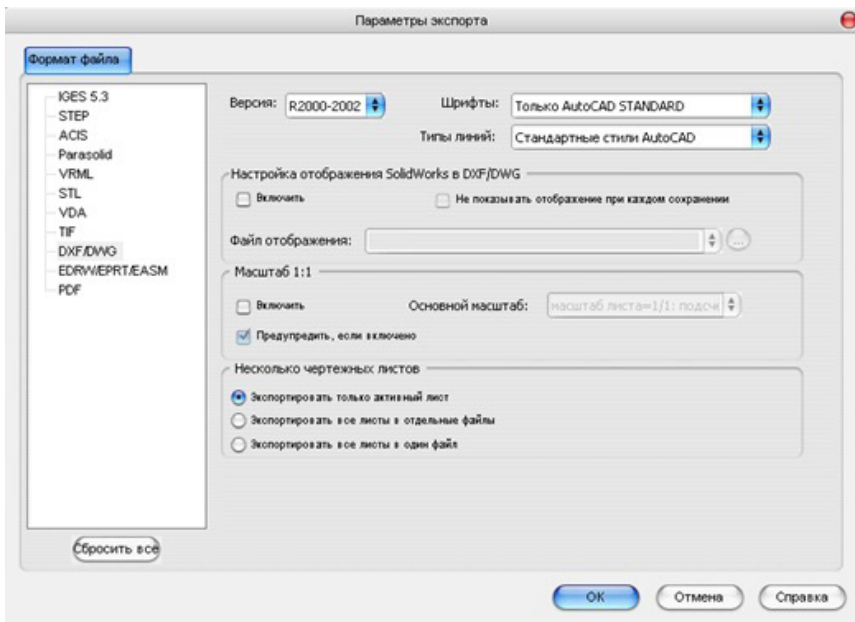


Рисунок 26.8

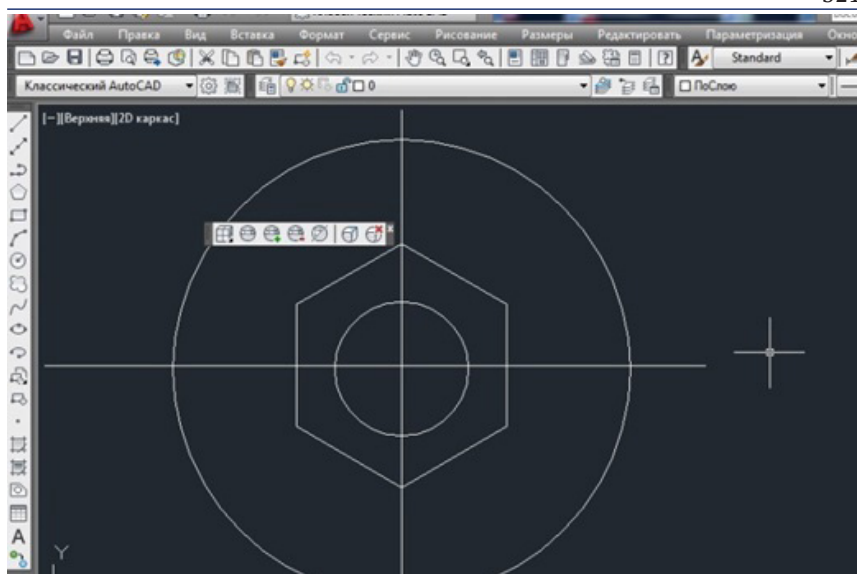


Рисунок 26.9

Після закінчення редагування параметрів експорту тиснемо **Ок, Зберегти**. Далі документ вільно відкривається в **AutoCAD** (рис. 26.9) із можливостями наступного редагування.

Питання для самоконтролю до двадцять шостого розділу:

1. Особливості імпорту та експорту об'єктів у SolidWorks.
2. Вибір слоїв у SolidWorks для імпорту/експорту.
3. Назвіть основні формати для перетворення об'єктів у SolidWorks.



ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ванін В.В., Перевертун В.В., Надкернична Т.М., Власик Г.Г. Інженерна графіка – К.: Видавнича група ВНУ, 2009. – 400 с.
2. Головчук А. Ф., Кепко О. І., Чумак Н. М. Інженерна та комп'ютерна графіка: Навч. посіб. – К.: Центр учбової літератури, 2010 – 160 с.
3. Інженерна графіка. Навчальний посібник для самостійної роботи студентів всіх форм навчання: Навчальний посібник / А.В. Шевченко, С.І. Сухоруков, О.В.Ткаченко. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 174с.
4. Михайленко В.Є., Ванін В.В., Ковальов С.М. Інженерна графіка: Підручник / За ред. В.Є.Михайленка – К.: Каравела, 4-ге вид., 2012. – 272с.
5. Пустюльга С.І., Клак Ю.В. Нарисна геометрія Навчальний посібник. Луцьк: Редакційно-видавничий відділ Луцького НТУ, 2010 – 112 с.
6. Пустюльга С.І., Самостян В.Р. Нарисна геометрія та основи інженерної графіки. Навчальний посібник. Луцьк: Друк - відділ іміджу та промоції Луцького НТУ, 2014. – 259 с.
7. Пустюльга С.І., Самостян В.Р. Машинобудівне креслення: Навчальний посібник. / – Луцьк, Видавництво Вежа-друк, 2015. - 275 с.
8. Пустюльга С.І., Гандзюк М.О., Булік Ю.В. Основи проектування в Pro/ENGINEER: Навчальний посібник. – Луцьк: Редакційно-видавничий відділ ЛНТУ, 2012. – 282с.
9. Пустюльга С.І., Самостян В.Р. Нарисна геометрія та основи архітектурної графіки. Навчальний посібник. Луцьк: Друк - відділ іміджу та промоції Луцького НТУ, 2020. – 356 с.
10. Пустюльга С.І., Самостян В.Р., Клак Ю.В. Навчальний посібник. Інженерна графіка в SolidWorks. - Луцьк, Видавництво Вежа-друк, 2018. – 135 с.
11. Пустюльга С.І., Самостян В.Р., Клак Ю.В. Навчальний посібник. Збірник індивідуальних завдань з інженерної та комп'ютерної графіки. - Луцьк, Видавництво Вежа-друк, 2019. – 470 с.

12. Пустюльга С.І., Самостян В.Р., Клак Ю.В. Навчальний посібник Комп'ютерна графіка в середовищі AutoCAD. Луцьк: Видавництво Вежа-друк, 2016. – 347 с.

13. Електронний навчальний посібник з дисципліни: «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка» Пустюльга С.І. та інші. (Розділ «Нарисна геометрія») для студентів денної та заочної форм навчання. Луцьк 2019.

14. Електронний навчальний посібник з дисципліни: «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка» Пустюльга С.І. та інші. (Розділ «Інженерна графіка») для студентів денної та заочної форм навчання. Луцьк 2020.

15. Електронний навчальний посібник з дисципліни: «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка» Пустюльга С.І. та інші. (Розділ «Рознімні з'єднання») для студентів денної та заочної форм навчання. Луцьк 2021.

Навчальне видання

П-89 Пустюльга С.І., Самчук В.П., Воробчук М.С. Інженерна та комп'ютерна графіка: Навчальний посібник. 1 частина – Луцьк: Просто Друк, 2024. – 324 с.

Навчальний посібник є теоретичним підґрунтям та довідковою базою із вивчення основної дисципліни графічної підготовки студентів машинобудівних спеціальностей ЗВО - «Інженерна та комп'ютерна графіка». Посібник включає матеріал трьох окремих і разом із тим пов'язаних складових: «Нарисна геометрія», «Інженерна графіка та основи машинобудівного креслення» і «Комп'ютерна графіка». Особливістю посібника є те, що весь теоретичний матеріал базується на його паралельному засвоєнні із принципами проектування та аналізу образів чи об'єктів у програмному комплексі SolidWorks.

Комп'ютерний набір та верстка: С. ПУСТЮЛЬГА, М. ВОРОБЧУК

Дизайн обкладинки: Ю. САМЧУК

Редактор: С. ПУСТЮЛЬГА

Підп. До друку _____2023 р. Формат 60x84/16.

Папір офс. Гарн. Таймс. Ум. друк. арк. __. Обл.-вид. арк. __

Тираж 50 прим. Зам. __

Відділ іміджу та промоції

Луцького національного технічного університету

43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75

Друк – відділ іміджу та промоції ЛНТУ
