

Міністерство освіти і науки України
Чорноморський національний університет імені Петра Могили

М. В. Донченко

**ТЕХНОЛОГІЇ
КОМП'ЮТЕРНОГО
ПРОЄКТУВАННЯ**

Навчальний посібник



Миколаїв – 2021

УДК 004.896(075.8)
Д 67

Рекомендовано до друку вченою радою Чорноморського національного університету імені Петра Могили (протокол № 4 від 13 травня 2021 року).

Рецензенти:

Атаманюк І. П., доктор технічних наук, професор, Миколаївський національний аграрний університет;

Казарєзов А. Я., доктор технічних наук, професор, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова.

Д 67

Донченко М. В. Технології комп'ютерного проектування : навч. посіб. / М. В. Донченко – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. – 364 с.

ISBN 978-966-336-430-8

У навчальному посібнику розглядаються теоретичні і практичні основи автоматизованого проектування. Викладено теоретичні основи систем автоматизованого проектування складних систем. На базі САПР середнього рівня Autodesk AutoCAD і Inventor детально розглянуто побудову моделей деталей і моделі вузла загалом, накладання залежностей і об'єднання деталей, створення креслення за моделлю. На прикладах проілюстровано можливі варіанти побудови моделей в Inventor та в AutoCAD.

Посібник може бути корисним для студентів комп'ютерного факультету, які вивчають курси «Технології комп'ютерного проектування», «CAD Systems», «Інженерна і комп'ютерна графіка», а також для студентів факультету медичних приладів та інституту другої освіти, для вивчення однойменних курсів.

УДК 004.896(075.8)

ISBN 978-966-336-430-8

© Донченко М. В., 2021

© ЧНУ ім. Петра Могили, 2021

Зміст

Вступ	18
Розділ 1. Життєвий цикл наукомістких об'єктів	20
1.1. Інформація щодо виробу і процесів його життєвого циклу	20
Розділ 2. Класифікація інформації щодо виробу на етапах ЖЦ	22
2.1. Єдина інтегрована модель виробу	23
2.2. Стратегія CALS	23
2.3. Автоматизовані системи на етапах життєвого циклу технічних об'єктів	25
2.4. Автоматизовані системи в наукомістких галузях	28
Розділ 3. Конструювання виробів у САПР	30
3.1. Проектування й конструювання	30
3.1.1. <i>Особливості етапу конструювання</i>	30
3.1.2. <i>Особливості проектування і конструювання</i>	31
3.1.3. <i>Етапи проектування</i>	32
3.2. Структура САПР	34
3.2.1. <i>Підсистеми, які проектують</i>	34
3.2.2. <i>Обслуговуючі підсистеми</i>	35
3.3. Види забезпечення САПР	35
3.4. Вимоги до сучасних САПР	36
3.5. Принципи організації САПР	37
3.6. Класифікаційні ознаки САПР	38
3.6.1. <i>Загальні характеристики</i>	38
3.6.2. <i>Програмні характеристики</i>	38

3.6.3. Технічні характеристики	39
3.6.4. Ергономічні характеристики	40
Розділ 4. Інструментальні підсистеми геометричного моделювання технічних об'єктів	48
4.1. Моделювання виробів за технологічними атрибутами	48
4.2. Підсистеми машинної графіки (МГ) і геометричного моделювання (ГМ).....	51
4.3. Підходи до побудови геометричних моделей	52
4.4. Параметризація	53
4.5. Історія конструювання виробу	54
4.6. Асоціативність	55
4.7. Стратегія конструювання й проєктування.....	56
Розділ 5. Програмно-інформаційне забезпечення САПР	57
5.1. Структура програмно-інформаційного забезпечення.....	57
5.1.1. Різновиди систем залежно від розв'язуваних завдань.....	57
5.2. Універсальні CAD/CAE/CAM системи	58
5.3. Інтеграція CAD/CAM/CAE/PDM систем	59
5.3.1. Підсистема інтеграції	59
5.3.2. Різновиди інтегрованих програмних середовищ	60
5.3.3. Гетерогенні (неоднорідні) системи CAD/CAE/CAM	61
5.4. Спеціалізовані програмні системи	62
5.4.1. Програми для графічного ядра системи	62
5.4.2. Системи для функціонального моделювання.....	63
5.4.3. Системи для підготовки керуючих програм.....	63
5.5. Інженерний аналіз у машинобудуванні. CAE-системи	64
5.5.1. Універсальні програми аналізу.....	65
5.5.2. Спеціалізовані програми аналізу.....	66
5.5.3. Програми аналізу систем керування	67
5.6. Програмно-технічні комплекси у виробництві	67

5.7. Аналіз великих складань	69
5.8. Оформлення конструкторської документації. Документообіг	70
5.8.1. <i>Етапи створення креслення</i>	71
5.9. Інформаційне забезпечення САПР. Структура й база даних	72
5.9.1. <i>Функції конструкторських баз даних</i>	73
5.9.2. <i>Структура бази даних</i>	74
5.9.3. <i>Асоціації й посилання</i>	75
5.10. Системи колективного ведення проєктів. PDM-системи	76
5.10.1. <i>Склад інформації в системах PDM</i>	79
5.11. Стандарти обміну геометричними даними	82
Розділ 6. Початок роботи над завданнями курсу	84
Розділ 7. Автоматизація обробки паперових джерел	86
Розділ 8. Групова робота над одним проєктом	90
8.1. Зовнішнє посилання в AutoCAD	90
8.1.1. <i>Вправка жмвліхльмгм нмнзйалля в AutoCAD</i>	91
8.2. Взаємодія зовнішніх посилань і шарів в AutoCAD	93
8.3. Виконання завдання 2	94
8.4. Створення блоків для елементів схеми	94
Розділ 9. Побудова тривимірних об'єктів в AutoCAD	97
9.1. Побудова моделей стандартних форм	98
9.1.1. <i>Побудова паралелепіпеда</i>	99
9.1.2. <i>Побудова циліндра</i>	99
9.1.3. <i>Побудова конуса</i>	101
9.1.4. <i>Побудова кулі</i>	101
9.1.5. <i>Побудова піраміди</i>	101
9.1.6. <i>Побудова клина</i>	101
9.1.7. <i>Побудова тора</i>	101

9.2. Побудова моделі способом видавлювання	101
9.3. Побудова моделі шляхом обертання.....	103
9.4. Побудова моделі шляхом зсуву	104
9.5. Побудова моделі за перерізами (Лофт).....	105
Розділ 10. Використання користувачької системи координат	107
10.1. Діалогове вікно «ПСК»	108
Розділ 11. Методика побудови моделей в AutoCAD	115
11.1. Приклад побудови моделі	117
Розділ 12. Створення проєкцій деталі за моделлю.....	123
12.1. Виставлення моделі в робоче положення	123
12.2. Перехід в робочий простір «Рисование и адаптация»	124
12.3. Перехід з простору моделі у простір листа	124
12.4. Дооформлення виглядів до робочого креслення.....	125
Розділ 13. Приклад виконання завдання.....	126
Розділ 14. Початок роботи з Inventor.....	131
Розділ 15. Створення моделі деталі в Inventor.....	133
15.1. Створення моделі деталі.....	133
Розділ 16. Інтерфейс Autodesk Inventor.....	125
16.1. Головне вікно Inventor.....	138
16.2. Особливості «Лента»	139
16.3. Браузер.....	141
16.4. Головне меню Inventor.....	143
16.5. Меню роботи з файлами.....	145
16.6. Панель навігації	146
16.6.1. Спеціалізовані команди навігації	146
16.6.2. Робота з панеллю навігації	147
16.7. Штурвали.....	149

16.8. Представлення штурвалів	150
16.9. Підказки для штурвалів, повідомлення про інструмент і текст поруч із курсором	150
16.10. Меню штурвала	151
16.11. Типи штурвалів навігації.....	151
16.12. Робота зі штурвалами	151
16.13. Відображення штурвала	151
16.14. Закриття штурвала	152
16.15. Зміна розміру штурвала.....	152
16.16. Суперштурвал	153
16.17. Виглядовий куб.....	153
16.18. Представлення виглядового куба	154
16.19. Вигляди в перспективі й ортогональні вигляди	154
16.20. Команда «Блокувати в текущий набір».....	155
16.21. Робота з виглядовим кубом.....	155
16.21.1. Відображення або приховування виглядового куба	156
16.21.2. Відображення або приховування компаса	156
16.21.3. Керування представленням виглядового куба	156
16.21.4. Налаштування режиму проєктування вигляду	156
16.21.5. Блокування одного вигляду або кількох обраних об'єктів	156
16.21.6. Зняття блокування вигляду.....	157
16.21.7. Зміна орієнтації вигляду.....	157
16.21.8. Зміна орієнтації поточного вигляду	157
16.21.9. Поворот вигляду грані	158
16.21.10. Перемикання на суміжну грань	159
16.21.11. Вигляд спереду	159
16.22. Автоматичне вписування моделі у вигляд.....	161
16.23. Відновлення вигляду спереду	161

16.24. Налаштування панелі «Быстрый доступ»	162
16.25. Додавання або видалення команд на панель швидкого доступу.....	162
Розділ 17. Створення й редагування ескізів.....	163
17.1. Побудова ескізу.....	164
17.2. Залежності в ескізі	166
17.3. Геометричні залежності	166
17.4. Накладення залежності суміщення	167
17.5. Розмірні залежності	168
17.6. Звичайні й контрольні розміри	169
17.7. Розмірний допуск і властивості	169
17.8. Ступені свободи	169
17.9. Поради під час роботи із залежностями в ескізі.....	170
17.10. Створення відрізків, дуг і згинів.....	170
17.10.1. Створення 2D-відрізків	171
17.10.2. Створення 3D-відрізків	172
17.10.3. Створення дуг за трьома точками або за початком координат	173
17.10.4. Створення дотичної дуги до існуючої геометрії в 2D-ескізі.....	173
17.10.5. Створення згину між відрізками у 3D-ескізі.....	174
17.10.6. Налаштування поведінки згину за замовчуванням	174
17.11. Створення й редагування сплайнів.....	175
17.11.1. Створення сплайнів з інтерполяцією	176
17.11.2. Створення сплайнів з керуючими вершинами.....	176
17.11.3. Зміна типу сплайну	176
17.11.4. Редагування сплайнів з інтерполяцією	177
17.11.5. Редагування сплайнів з керуючими вершинами	178
17.12. Створення 2D-геометрії за допомогою функції динамічного введення.....	179

17.12.1. Включення динамічного введення.....	179
17.12.2. Створення 2D-геометрії за допомогою функції динамічного введення	180
17.12.3. Побудова точки за допомогою функції динамічного введення	181
17.13. Копіювання або імпорт даних AutoCAD в ескіз	181
17.13.1. Копіювання й вставка даних AutoCAD в ескіз Inventor	182
17.13.2. Імпорт файлів DWG або DXF в ескіз Inventor.....	183
17.14. Робота з ескізами.....	183
17.14.1. Пошук ескізу в браузері	183
17.14.2. Перемикання між геометрією ескізу і допоміжною геометрією	184
17.14.3. Перевизначення ескізу в іншу площину.....	184
17.15. Вимірювання властивостей області (2D-ескізи).....	184
17.16. Розрізування моделі (2D-ескізи).....	185
17.17. Додавання тексту (2D-ескізи)	186
17.18. Додавання зображень (2D-ескізи)	188
17.19. Робота з точками	188
17.19.1. Створення початку координат або точок ескізу.....	189
17.19.2. Побудова точок за даними таблиці Microsoft Excel	190
17.19.3. Практична допомога з імпорту точок.....	191
17.20. Створення 2D-геометрії форми	191
17.20.1. Створення кола	191
17.20.2. Створення еліпсів.....	192
17.20.3. Створення прямокутників	193
17.20.4. Створення назів	194
17.20.5. Створення багатокутників	195
17.20.6. Створення спряжень (закруглень)	196

17.20.7. Створення фасок	196
17.20.8. Побудова 3D-кривих.....	197
17.20.9. Побудова кривої силуету	199
17.20.10. Побудова кривої перетину.....	200
17.20.11. Створення каркасу із кривої перетину в складеному елементі	201
17.21. Робота з профілями ескізу	201
17.21.1. Створення ескізу профілю	202
17.21.2. Створення закритого профілю командою «Отрезок».....	203
17.21.3. Закриття відкритого профілю (замкнути контур)	203
17.21.4. Створення 2D-геометрії за допомогою точного введення.....	204
17.21.5. Перегляд або зміна властивостей геометрії	204
17.21.6. Копіювання, переміщення або поворот геометрії 2D-ескізу.....	204
17.21.7. Копіювання геометрії	205
17.21.8. Переміщення геометрії	206
17.21.9. Поворот геометрії	206
17.22. Зміна поведінки залежностей під час переміщення або повороту геометрії	206
17.23. Розтягування, масштабування або зсув геометрії 2D-ескізу	207
17.23.1. Розтягування геометрії	207
17.23.2. Масштабування геометрії.....	208
17.23.3. Зміна поведінки залежностей під час розтягування або масштабування геометрії.....	208
17.24. Зміщення геометрії	208
17.25. Створення й редагування блоків 2D-ескізів для повторного використання.....	209
17.25.1. Створення ескізних блоків.....	210

17.25.2. Редагування ескізних блоків	211
17.25.3. Зміна властивостей ескізних блоків.....	212
17.26. Розчленування ескізних блоків	212
17.27. Створення й редагування масивів в ескізах.....	213
17.27.1. Створення прямокутних масивів (2D-ескізи).....	213
17.27.2. Створення кругових масивів (2D-ескізи).....	214
17.27.3. Редагування прямокутних і кругових масивів.....	215
17.27.4. Створення дзеркальних масивів.....	215
17.28. Проєктування геометрії 2D-ескізу.....	216
17.29. Проєктування геометрії в 2D-ескізі.....	218
17.29.1. Проєктування ребер	219
17.29.2. Проєктування об'єднаних ребер.....	219
17.29.3. Проєктування розгортання (деталі з листового металу).....	220
17.29.4. Проєктування у 3D-ескізі	220
17.29.5. Проєктування геометрії DWG	220
17.29.6. Редагування спроектованої геометрії.....	221
17.30. Поділ, обрізування й подовження кривих	221
17.30.1. Поділ кривих	221
17.31. Обрізування кривих	222
17.32. Обрізування геометрії шляхом визначення границь (2D-ескізи).....	223
17.32.1. Динамічне обрізування кривих (2D-ескізи).....	223
17.33. Подовження кривих	224
17.33.1. Подовження геометрії шляхом визначення границь (2D-ескізи)	225
17.33.2. Динамічне подовження кривих (2D-ескізи).....	225
Розділ 18. Приклад створення ескізу.....	226
Розділ 19. Приклад побудови моделі	230

Розділ 20. Побудова креслення за моделлю	234
Розділ 21. Середовище моделювання складань.....	237
21.1. Відмінності між середовищем складання і середовищем деталі	237
21.1.1. Призначення складального середовища	238
Розділ 22. Прискорення й спрощення моделювання складання	239
22.1. Налаштування перегляду складання	239
22.2. Використання представлень для налаштування статусу компонента	240
22.3. Планування для підвищення ККД проєктування	241
22.4. Керування зв'язками в складанні	242
22.5. Пошук помилок у зв'язках	243
22.6. Організація файлів проєкту в структурі папок	243
Розділ 23. Визначення місця розташування і зв'язків компонентів.....	244
23.1. Огляд зв'язків у складаннях.....	244
23.2. Позиціонування компонентів: початок роботи	244
23.3. З'єднання складань	245
23.4. Залежності в складанні	246
23.5. Створення зв'язків у складанні	246
23.5.1. Команда «Соединение».....	246
23.5.2. Команда «Наложить зависимость».....	247
23.5.3. Команда «Сборка»	247
23.6. Накладення залежності суміщення або залежності типу «Заподлицо» у складаннях	248
23.7. Використання команди «Зависимость» для вставки залежності суміщення або залежності вирівнювання «Заподлицо»	248
23.8. Використання команди «Сборка» для вставки залежності суміщення або залежності вирівнювання «Заподлицо»	250

23.9. Перетягування компонента й накладення залежності суміщення	250
23.10. Накладення залежності типу «Угол» у складаннях	251
23.11. Використання залежностей для розміщення кутів.....	251
23.12. Використання «Сборка» для розміщення залежностей спрямованих кутів.....	253
23.13. Накладення залежності дотичності в складаннях	253
23.13.1. Використання «Зависимость» для накладення залежності дотичності	253
23.13.2. Використання команди «Сборка» для накладання залежностей дотичності	254
23.14. Накладення залежностей типу «Вставка» у складаннях	254
23.14.1. Використання команди «Зависимость» для накладення залежностей вставки	255
23.14.2. Використання команди «Сборка» для накладення залежностей вставки	255
23.15. Накладення залежності симетричності в складаннях	256
23.16. Створення залежностей складання з використанням команди «Сборка».....	257
23.16.1. Звичайний робочий процес	257
23.17. Накладення залежностей складання перетягуванням із утриманням клавіші «ALT».....	258
Розділ 24. Бібліотека компонентів	259
24.1. Інструменти «Бібліотека компонентів»	260
24.2. Конфігурація «Библиотеки компонентов»	261
24.3. Браузер бібліотека компонентів	261
24.4. Робота з фільтрами «Бібліотека компонентів».....	262
24.5. Вставка компонентів з бібліотека компонентів у складання	262
24.5.1. Стандартні й користувацькі деталі	263

24.6. Вставка деталі з «Бібліотека компонентів» ручним способом	264
24.7. Вставка деталі з бібліотека компонентів як стандартної деталі	265
24.8. Вставка деталі з «Бібліотека компонентів» як користувачької деталі	266
24.9. Вставка деталей за допомогою функції авторозміщення	266
24.10. Вставка болта в складання	268
24.10.1. Вставка болта в шаблонний отвір.....	269
24.10.2. Вставка гайки або шайби в складання.....	270
24.11. Вставка підшипника в складання	272
24.12. Вставка хомути в складання.....	273
24.13. Вставка кількох деталей у складання.....	274
24.14. Розміщення деталі на циліндричній поверхні	274
24.14.1. Вставка болта в шліц.....	275
24.15. Вставка підшипника	275
24.15.1. Обмеження деталі тільки циліндричною гранню	275
24.16. Довідник по функції авторозміщення	276
24.17. Панель інструментів авторозміщення.....	277
24.18. Редагування деталей, доданих з бібліотеки компонентів	278
24.19. Заміна деталі на деталь із бібліотеки компонентів	279
Розділ 25. Шаблони складань	280
25.1. Призначення властивостей.....	281
25.1.1. Завдання стандартного шаблону складання.....	281
Розділ 26. Створення шаблонів для складань	282
Розділ 27. Браузер для складань	283
27.1. Спрощення вмісту браузера	283
Розділ 28. Зміна вмісту браузера складання	286

Розділ 29. Браузер складання (довідка)	288
Розділ 30. Ієрархічна структура складання в браузері	290
30.1. Переміщення компонентів за ієрархічною структурою складання	290
30.2. Вплив реструктуризації складання на поведінку компонентів	291
Розділ 31. Створення креслення за моделлю в Inventor	292
31.1. Створення креслення	292
31.2. Використання середовища побудови креслень	293
31.3. Редагування деталі на кресленні	293
Розділ 32. Етапи роботи	295
32.1. Створення креслень	295
32.2. Адаптація креслень	295
32.3. Створення виглядів креслення	296
32.4. Робочий процес створення креслень	299
Розділ 33. Вигляди креслення	303
33.1. Стилі, застосовувані до вигляду креслення	304
33.2. Розташування базових виглядів за замовчуванням	305
33.3. Створення користувачького масштабу для вигляду	305
33.4. Спеціальні вигляди креслення	306
33.4.1. Рознесені вигляди	306
33.4.2. Слайни на виглядах креслення	306
33.4.3. Відновлені вигляди креслення	306
33.4.4. Завдання стилів виглядів креслень і анотацій вигляду	307
33.4.5. Редагування стилю вигляду	307
33.4.6. Редагування префіксу мітки	307
33.4.7. Редагування стилю анотації вигляду	308

Розділ 34. Створення базового й проєкційних виглядів	309
34.1. Створення основних виглядів і виглядів креслення з файлу моделі	309
34.1.1. Створення й редагування базового вигляду.....	309
34.1.2. Створення й редагування проєкційного вигляду.....	311
34.1.3. Створення виглядів креслень на основі файлу моделі	312
34.2. Робота з виглядами креслень	312
34.2.1. Редагування виглядів креслень	313
34.3. Відновлення виглядів і аркушів креслення	313
34.4. Налаштування положення вигляду на аркуші.....	314
34.5. Перевизначення площин XY у площині XZ.....	314
34.6. Вирівнювання й поворот виглядів креслення	316
34.7. Поворот вигляду креслення	317
34.8. Вирівнювання додаткового вигляду.....	318
34.9. Створення й редагування додаткового вигляду	318
34.10. Робота зі зразками штрихувань	319
34.10.1. Зміна стилю штрихування	320
34.10.2. Установка кутів повороту за замовчуванням для зразків штрихування в перетинах.....	321
34.10.3. Пропуск штрихування навколо анотацій	323
34.11. Вигляди перетину	324
34.11.1. Накладення залежностей і вирівнювання виглядів перетину.....	325
34.11.2. Штрихування у виглядах перетинів	325
34.11.3. Створення й редагування перетину	326
34.11.4. Створення перетину, визначеного геометрією ескізу або вирівняним виглядом.....	324
Розділ 35. Побудова моделі і креслення навчальної деталі	329
35.1. Аналіз форми деталі	330

35.2. Приклад виконання завдання «Створення моделі і креслення за нею».....	331
Розділ 36. Створення креслення за моделлю в Inventor	338
Розділ 37. Приклад побудови моделей деталей і вузла	345
Розділ 38. Об'єднання моделей деталей у вузол	350
Розділ 39. Виконання складального креслення і специфікації	356
Розділ 40. Виконання моделей і вузла в AutoCAD.....	359
Список використаних джерел	362

Вступ

Розробка нового проекту виробу починається з необхідності його мати. Необхідність виникає за технічної, виробничої, комерційної, військової потреби. Виникає проблема, розв'язання якої дозволить підняти ефективність використання нового виробу залежно від потреби. Рівень можливої ефективності визначається на першому етапі пошуку рішення залежно від умов, для яких виріб буде проектуватися, від рівня наукових розробок для створення такого типу виробів, від рівня виробництва та умов його експлуатації. Нескладно здогадатися, що на кожному з рівнів потрібно шукати оптимальне рішення – компроміс між можливостями і вимогами, вартістю та технічними рішеннями, людським фактором та надійністю... Пошук рішення, як правило, виконується в умовах невизначеності, яке можна знайти тільки шляхом підвищення інформативності.

Рівень складності і трудомісткості перерахованих задач достатньо великий, а, головне, може бути реалізованим протягом довгого часу, причому низка задач ручним способом практично не може бути реалізованою. Використання комп'ютерних технологій значно спрощує і прискорює виконання цих складних задач шляхом їх автоматизації. Технології комп'ютерного проектування (ТКП) бурхливо розвиваються і використовуються. Причому ТКП мають подвійне розуміння. По-перше, це технології автоматизованого проектування реальних технічних об'єктів, їх уже давно називають системами автоматизованого проектування (САПР). На сьогодні їх уже розроблено чимало для різних напрямів техніки, виробництва і управління. Але життя ставить нові проблеми і говорити що все, у цьому напрямі, уже зроблено ще рано. По-друге – це проектування самих САПР – розробка програмного забезпечення (ПЗ САПР), яке має свої особливості і складності. Обидва напрями тісно пов'язані і взаємозалежні. Щоб краще зрозуміти другий напрям розглянемо детальніше перший.

Як уже було відмічено раніше, процес проектування реальних технічних об'єктів – пошук цілої низки оптимальних рішень. Процес значно спрощується під час структурування проблеми – визначення і

розбиття процесу пошуку рішення на етапи та пошуку рішення на кожному з них, враховуючи зв'язки та впливи попередніх і наступних етапів.

Для виконання цього потрібно чітко уявляти весь процес існування виробу від його проєктування, виготовлення, використання і виведення з експлуатації. Розглянемо більш детально цей процес, який ще називається життєвим циклом виробу.

Розділ 1.

Життєвий цикл наукомістких об'єктів

1.1. Інформація щодо виробу і процесів його життєвого циклу

Основні стадії життєвого циклу (ЖЦ) складних технічних об'єктів:

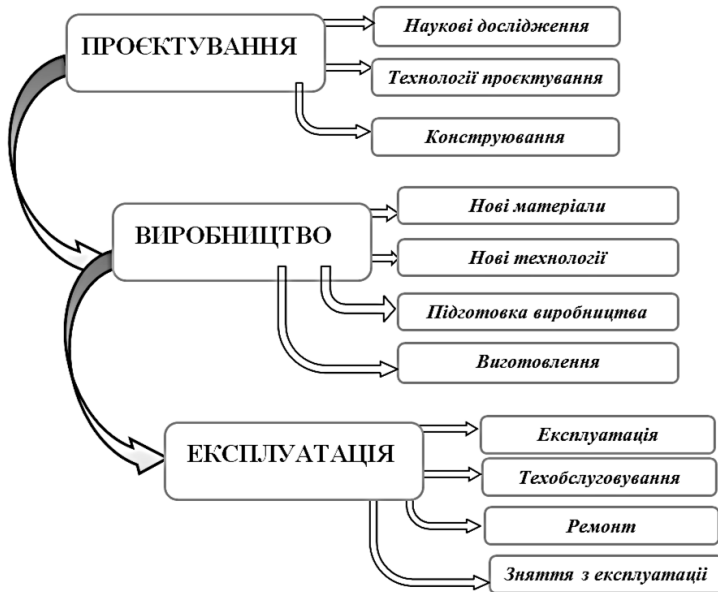


Рис. 1.1. Стадії життєвого циклу складних технічних об'єктів

ІНФОРМАЦІЯ ЩОДО ВИРОБУ – це набір даних, які породжуються й використовуються протягом всього його життєвого циклу (ЖЦ) і включають:

- інформацію щодо конфігурації й структури виробу;
- характеристики й властивості;
- організаційну інформацію (опис процесів, пов'язаних із зміною даних щодо виробу, необхідні ресурси – люди, матеріали, т. д.);
- інформацію стосовно проведення контрольних випробувань;
- документи, якими обростає виріб з моменту його проєктування до його продажу й подальшого обслуговування, і т. д.

Розділ 2.

Класифікація інформації щодо виробу на етапах ЖЦ

1. Конструкторська інформація стосовно виробу – сукупність інформаційних об'єктів, породжуваних у процесі проектування й розробки виробу, що містить відомості про:

- склад виробу;
- геометричні моделі виробу;
- його компоненти та їхні технічні характеристики;
- взаємовідносини компонентів у структурі виробу;
- результати розрахунків і моделювання;
- допуски на виготовлення деталей і т. д.

2. Технологічна характеристика – сукупність інформаційних об'єктів, породжуваних на стадії технологічної підготовки виробництва й асоційованих з інформаційними об'єктами, що описують виріб і його компоненти. Містить відомості про:

- способи виготовлення й контролю виробу;
- опис маршрутних і операційних технологій;
- норми часу й витрати матеріалів;
- керуючі програми для верстатів з ЧПУ;
- відомості для проектування оснащення.

3. Виробнича інформація – містить відомості про статус конкретних екземплярів виробу і його компонентів у виробничому циклі.

4. Відомості щодо якості виробу – сукупність інформаційних об'єктів, породжуваних у процесі виконання усіх видів контролю. Містять відомості про ступінь відповідності виробу заданим технічним вимогам, ТУ, стандартам та ін.

5. Логістична інформація – породжується в процесі проектування й розробки, містить відомості про просторово-тимчасове пов'язування, планування взаємодій усіх суб'єктів і для підтримки виробу на післявиробничих стадіях ЖЦ.

6. Експлуатаційна інформація – породжується в процесі проєктування й розробки, містить технології використання і посібник з експлуатації, відомості для організації обслуговування, ремонту чи інших дій, які забезпечують працездатність виробу.

2.1. Єдина інтегрована модель виробу

Містить усю інформацію про виріб (його властивості, знання про нього і його виробництво), необхідну на кожному з етапів ЖЦ;

- супроводжує виріб протягом його ЖЦ від задуму до утилізації;
- під час побудови кожного модуля моделі повинні використовуватися єдині засоби й методи побудови моделей і забезпечення цілісності всієї моделі, яка описує виріб. Загальна спрощена структура інтегрованої моделі.

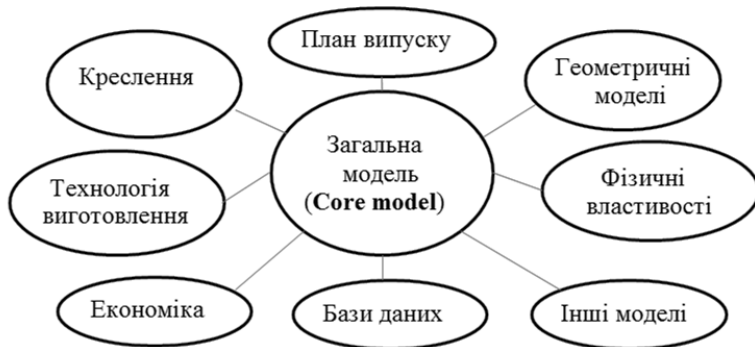


Рис. 2.1. Інтегрована модель виробу

2.2. Стратегія CALS

Для забезпечення погодженої роботи всіх підприємств, які брали участь у проєктуванні, виробництві, реалізації й експлуатації складної техніки, використовується відповідна інформаційна підтримка етапів життєвого циклу промислових виробів. З огляду на розвиток інформаційних технологій інтерпретація абревіатури CALS змінювалася, відображаючи їх поступову еволюцію:

1985 – Computer-Aided of Logistics Support;
1988 – Computer Acquisition and Logistics Support;
1993 – Continuous Acquisition and Lifecycle Support;
1995 – Commerce At Light Speed.

CALS (Continuous Acquisition and Lifecycle Support – (безперервна інформаційна підтримка життєвого циклу продукту) – це стратегія систематичного впровадження сучасних методів інформаційної взаємодії учасників життєвого циклу продукту.

Міжнародне визначення CALS – це стратегія промисловості й уряду, спрямована на ефективне створення, обмін, керування й використання електронних даних, що підтримують повний життєвий цикл виробу за допомогою міжнародних стандартів, реорганізацію бізнес-процесів і передових технологій.

Ціль реалізації CALS-стратегії – якісне підвищення ефективності діяльності за рахунок прискорення процесів дослідження, розробки й модернізації продукції.

CALS – це не конкретний програмний продукт і не набір правил, а саме концепція. Сутність концепції CALS – у створенні єдиної інтегрованої моделі виробу.

Концепція CALS реалізується у вигляді відповідних CALS-технологій і визначає набір правил, регламентів, стандартів, взаємодії учасників процесів проектування, виробництва, випробувань тощо. Призначення CALS-технологій – забезпечувати надання необхідної інформації там, де це потрібно, у конкретному місці кожному з учасників життєвого циклу промислових виробів.

Побудова відкритих розподілених автоматизованих систем (АС) для проектування й керування в промисловості становить основу сучасної CALS-технології. Головна проблема їх побудови – забезпечення однакового опису й інтерпретації даних, незалежно від місця й часу їх отримання в загальній системі, що має масштаби аж до глобальних. Структура проектної, технологічної й експлуатаційної документації, мови її представлення повинні бути стандартизованими. Тоді стає реальною успішна робота над загальним проектом різних колективів, розділених у часі й просторі, які використовують різні CAE/CAD/CAM-системи. Та сама проектна документація може бути використана багаторазово в різних проектах, а та сама технологічна документація – у різних виробничих умовах, що суттєво скоротить і здешевить загальний цикл проектування й виробництва. Спрощується експлуатація систем.

Ключові області CALS:

- сучасні інформаційні технології;

- інформаційна інтеграція процесів ЖЦ виробів;
- реінжиніринг бізнес-процесів і керування проектами;
- паралельне проектування;
- віртуальне підприємство;
- електронний обмін даними;
- розподілені системи підтримки прийняття рішень;
- інтегрована логістична підтримка;
- багатокористувацькі бази даних;
- метаопис систем понять і їх зберігання;
- метаопис предметних областей;
- міжнародні стандарти.

2.3. Автоматизовані системи на етапах життєвого циклу технічних об'єктів

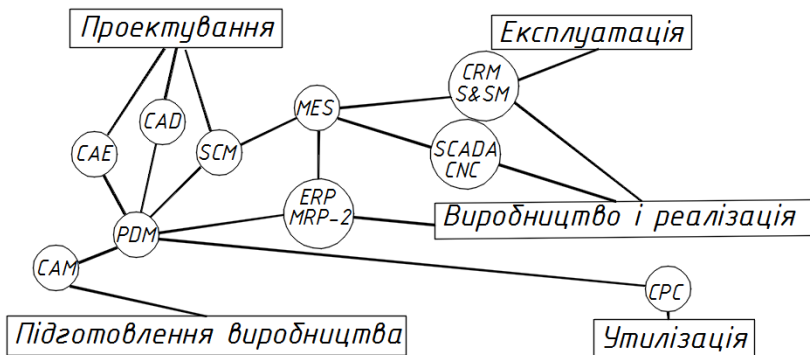


Рис. 2.2. Етапи життєвого циклу промислових виробів і системи для їх автоматизації

На рисунку:

CAD – Computer Aided Design (автоматизоване проектування);

CAM – Computer Aided Manufacturing (автоматизована технологічна підготовка виробництва);

CAE – Computer Aided Engineering (автоматизовані розрахунки й аналіз);

PDM – Product Data Management (керування проєктними даними);

ERP – Enterprise Resource Planning; (планування й керування підприємством);

MRP–2 – Manufacturing (Material) Requirement Planning (планування виробництва);

MES – Manufacturing Execution System (виробнича виконавча система);

SCM – Supply Chain Management (керування ланцюжками поставок);

CRM – Customer Relationship Management (керування взаєминами із замовниками);

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition (диспетчерське керування виробничими процесами);

CNC – Computer Numerical Control (комп'ютерне числове керування);

S&SM – Sales and Service Management (керування продажами й обслуговуванням);

CPC – Collaborative Product Commerce (спільний електронний бізнес).

Розглянемо детальніше кожен з наведених систем автоматизації.

Конструювання. Сучасні системи автоматизованого проектування (САПР або системи CAE/CAD), які забезпечують наскрізне проектування складних виробів або, принаймні такі, які виконують більшість проектних процедур, мають багатомодульну структуру. Модулі різняться своєю орієнтацією на ті або інші проектні завдання стосовно до тих або інших типів пристроїв і конструкцій. Проте виникають природні проблеми, пов'язані з побудовою загальних баз даних, з вибором протоколів, форматів та інтерфейсів різнорідних підсистем, з організацією спільного використання модулів під час групової роботи.

Для вирішення проблем спільного функціонування компонентів САПР різного призначення розробляються системи керування проектними даними – системи PDM. Вони або входять до складу модулів конкретної САПР, або мають самостійне значення й можуть працювати разом з різними САПР.

Уже на етапі проектування потрібні послуги системи керування поставками комплектуючих SCM (Component Supplier Management), яка на етапі виробництва забезпечує доставку необхідних матеріалів і комплектуючих.

Виробництво. АСТПВ системи, які становлять основу САМ, виконують синтез технологічних процесів і програм для устаткування з числовим програмним управлінням (ЧПУ), вибір технологічного устаткування, інструменту, оснащення, розрахунків норм часу тощо. Модулі системи САМ зазвичай входять до складу розвинених САПР і тому інтегровані САПР часто називають системами CAE/CAD/CAM/PDM.

Керування підприємством. Функції керування на промислових підприємствах виконуються автоматизованими системами на кількох ієрархічних рівнях.

Автоматизацію керування на верхніх рівнях від корпорації (виробничих об'єднань підприємств) до цеху здійснюють АСУП, які класифікуються як системи ERP або MRP-2.

Найбільш розвинені системи ERP виконують різні бізнес-функції, пов'язані із плануванням виробництва, закупівлями, збутом продукції, аналізом перспектив маркетингу, керуванням фінансами, персоналом, складським господарством, обліком основних фондів тощо. Системи MRP-2 орієнтовані головним чином на бізнес-функції, безпосередньо пов'язані з виробництвом.

АСУ-ТП контролюють і використовують відомості, які характеризують стан технологічного устаткування й протікання технологічних процесів. Саме їх найчастіше називають системами промислової автоматизації.

Для виконання диспетчерських функцій (збору й обробки інформації щодо стану устаткування й технологічних процесів) і розробки програмного забезпечення для вбудованого устаткування до складу АСУ-ТП вводять систему SCADA. Для безпосереднього програмного керування технологічним устаткуванням використовують системи CNC на базі контролерів (спеціалізованих комп'ютерів, тобто промислових), вбудованих у технологічне устаткування.

Реалізація продукції. На етапі реалізації продукції виконуються функції керування відносинами із замовниками й покупцями, проводиться аналіз ринкової ситуації, визначаються перспективи попиту на заплановані до випуску вироби. Ці завдання вирішуються за допомогою системи CRM. Маркетингові функції іноді покладають на систему S&SM, яка, крім того, служить і для вирішення проблем обслуговування.

Експлуатація. На етапі експлуатації застосовуються спеціалізовані комп'ютерні системи, що відповідають за питання ремонту, контролю, діагностики експлуатованих систем. Обслуговуючий персонал використовує інтерактивні навчальні посібники й технічну інструкцію, а також засоби для дистанційного консультування під час пошуку несправностей, програми для автоматизованого замовлення деталей замість тих, що стали непридатними.

Перекриття функцій в автоматизованих системах. Варто зазначити, що функції деяких автоматизованих систем часто перекриваються. Зокрема, це відноситься до систем ERP і MRP-2.

Керування маркетингом може бути доручене як системі ERP, так і системі CRM або S&SM.

На розв'язання оперативних завдань керування проєктуванням, виробництвом і маркетингом орієнтовані системи MES. Вони близькі за деякими виконуваними функціями до систем ERP, PDM, SCM, S&SM і відрізняються від них саме оперативністю, прийняттям рішень у реальному часі, причому важливе значення надається оптимізації цих рішень з урахуванням поточної інформації щодо стану устаткування та процесів.

Перераховані автоматизовані системи можуть працювати автономно. Однак ефективність автоматизації буде помітно вищою, якщо інформація, яка генерується в одній із систем, буде доступною в інших системах, оскільки прийняті в ній рішення стануть більш обґрунтованими.

Щоб досягти потрібного рівня взаємодії промислових автоматизованих систем, потрібне створення єдиного інформаційного простору не тільки на окремих підприємствах, але й, що більш важливо, в рамках об'єднання підприємств. Єдиний інформаційний простір забезпечується завдяки уніфікації як форми, так і змісту інформації про конкретні вироби на різних етапах їх життєвого циклу.

Уніфікація в автоматизованих системах. Уніфікація форми – досягається використанням стандартних форматів і мов представлення інформації в міжпрограмах обмінах і під час документування.

Уніфікація змісту – однозначна правильна інтерпретація інформації щодо конкретного виробу на всіх етапах його життєвого циклу; забезпечується розробкою онтології (метаопису) додатків, що закріплюються в прикладних CALS-протоколах.

Уніфікація термінології – переліків і найменувань сутностей, атрибутів і відносин у певних предметних областях є основою для єдиного електронного опису виробу в CALS-просторі.

2.4. Автоматизовані системи в наукомістких галузях

АСНД – автоматизовані системи наукових досліджень – являють собою системи автоматизованого моделювання в рамках яких досліджуються концептуальні моделі розв'язання поставлених науково-технічних завдань, проводяться експериментальні дослідження, пошук нових варіантів рішень.

ЕС (СППР) – експертні системи підтримки прийняття рішення системи нагромадження, інтерпретації знань у предметній області АКТ із метою генерації конструкторсько-технологічних рішень.

САПР – автоматизованого проектування різного профілю.

САПР-П – автоматизованої розробки ескізних проєктів – дозволяє проводити дослідницькі конструкторські роботи з використанням графічних систем.

САПР-К – системи автоматизованого проектування конструкцій – включає програмно-апаратні засоби машинної графіки для виконання повного циклу робіт зі створення геометричних моделей виробу й випуску конструкторської документації на виробі, агрегати, вузли та деталі, які підтримують конструкторські бази даних.

САПР-ТП – системи автоматизованого проектування технологічних процесів, у тому числі керуючих програм для устаткування із ЧПУ (більш широке й розповсюджене АСТПВ).

АСТПВ – автоматизовані системи технологічної підготовки виробництва – це програмно-апаратні комплекси на базі обчислювальної техніки, що забезпечують системне застосування засобів автоматизації інженерно-технічних робіт, оптимальну взаємодію людей, машинних програм і технічних засобів автоматизації під час виконання функцій технологічної підготовки виробництва.

АСУ – автоматизовані системи управління різного профілю.

АСУ-ТП – автоматизовані системи керування технологічними процесами – призначені для оперативного планування й диспетчерського керування й відстеження програми виробництва. Більш широкий розвиток – АСУВ – автоматизовані системи керування виробництвом.

САУ, САР, САК – локальні системи автоматичного управління, регулювання та контролю – призначені для відпрацювання програмно-апаратного забезпечення автоматизованого управління виробничим устаткуванням.

Розділ 3.

Конструювання виробів у САПР

3.1. Проектування й конструювання

3.1.1. Особливості етапу конструювання

Етап конструювання – один з найбільш важливих етапів проектування виробів.

Значимість конструювання визначається аспектами:

- формується концептуальний вигляд майбутнього виробу;
- створюються математично точні геометричні моделі як окремих деталей, так і всього виробу, які будуть відігравати визначальну роль на всіх наступних етапах життєвого циклу виробу.

Конструкторська підготовка виробництва (КПВ) – сукупність взаємозалежних процесів спрямованих на конструювання виробу із заданими технічними характеристиками й розробку технічної документації, необхідної для його виготовлення й експлуатації. КПВ спрямована на проектування нових і вдосконалювання об'єктів, що випускаються.

Результатом конструкторської підготовки виробництва є комплект конструкторської документації згідно з номенклатурою й вимогами єдиної системи конструкторської документації – ЄСКД.

Основними напрямками КПВ є:

- стандартизація вузлів, деталей, конструктивних елементів, матеріалів;
- установлення типів і розмірів деталей на основі створення параметричних рядів;
- взаємозамінність груп і вузлів деталей;
- обмеження конструктивних елементів необхідним мінімумом;
- установлення оптимальних показників роботи виробів (якість, надійність, довговічність);
- оптимізація витрат матеріалів, собівартості тощо.

3.1.2. Особливості проєктування і конструювання

Проєктування виробу (або системи) варто розуміти, як процес розробки технічної документації, яка забезпечує можливість промислового виготовлення нової установки, яка відповідає заданим вимогам, і дозволяє здійснити його надійну експлуатацію в заданих умовах.

Проєктування – складний творчий процес, який є невід'ємною складовою частиною інженерної діяльності і він не зводиться до розробки креслень, а розглядається як початковий етап створення нового виробу. Розробка нового об'єкта здійснюється не тільки шляхом проєктування, але й шляхом конструювання. Проєктування й конструювання є взаємозалежними процесами, що доповнюють одне одного. Проєктування прийнято розглядати як процес побудови загальної схеми пристрою, двигуна, їх вузлів і систем, а конструювання – як більш детальне пророблення цієї схеми з урахуванням технології виготовлення.

Конструкційна форма об'єкта уточнюється шляхом застосування методів проєктування – результатом розрахунків параметрів, міцності, оптимізації та ін.

Стосовно до об'єктів техніки конструкція – це пристрій, взаємне розташування частин і елементів пристрою (двигуна), якого визначається його призначенням. Конструкція передбачає: організацію функціонування, спосіб з'єднання, взаємодію частин, а також матеріал, з якого мають бути виготовлені окремі частини (елементи).

Насамперед проєктування можливе тільки у процесі попередньо прийнятих варіантах конструкційного виконання. Воно передуює конструюванню і являє собою пошук науково обґрунтованих, технічно здійсненних і економічно доцільних інженерних рішень. Його результатом є проєкт розроблювального пристрою (двигуна).

Унаслідок конструювання створюється конкретна, однозначна конструкція виробу.

У процесі конструювання виконується:

- формування технічних вимог до виробу і його частин;
- створення моделей, зображень, видів виробу;
- розрахунки комплексу розмірів з допусками;
- формування вимог до поверхонь;
- створення технічної документації.

Конструювання опирається на результати проєктування й уточнює всі інженерні рішення, прийняті під час проєктування. Створювана в процесі конструювання технічна документація повинна забезпечити

перенос усієї конструкторської інформації на процес виготовлення виробу і його раціональну експлуатацію.

Ціль проектування й конструювання – розробка нового виробу, який не існує або існує в іншій формі і має інші розміри й параметри (у вигляді прототипу).

Проектування й конструювання – види інтелектуальної діяльності, у ході якої у розробника формується конкретний образ, технічне рішення, яке зазнає змін в уяві конструктора, ефект внесення якого всебічно оцінюється, оптимізується і згодом ухвалюється остаточно, у технічно обґрунтованому вигляді.

У технічній літературі часто використовується термін «розробка». Насправді – це більш широке поняття, ніж проектування й конструювання. У розробку входять не тільки ці два види інженерної творчості, але й ведення науково-дослідних і проектно-конструкторських робіт.

Розробка проекту вимагає інтеграції знань в області фізики, математики, газової динаміки, управління в технічних системах, технології й матеріалознавства, конструювання й інженерної графіки та інших прикладних і фундаментальних наук.

3.1.3. Етапи проектування

Складний процес інженерного проектування може бути представлений у вигляді логічно пов'язаної структури, що включає в себе етапи й методи.

На самому початку має бути концептуально усвідомлена й сформульована суспільна або технічна потреба у новому об'єкті і бажаній його відмінності від попереднього (якщо такий є). Щоб кількісно зіставити варіанти проекту, необхідно перевести концептуальні вимоги до об'єкта проектування в кількісну форму оцінки за різними критеріями. За результатами оцінки приймається рішення щодо концепції нового об'єкта. Відповідно до концепції приймаються рішення на всіх наступних етапах конкретизації.

Технічне завдання (ТЗ) є первинним і основним документом, яким керуються приступаючи до розробки нового виробу. ТЗ відображає технічні, техніко-економічні характеристики майбутнього виробу, визначає основні характеристики конструкції й принципи роботи. Вимоги ТЗ ґрунтуються на сучасних досягненнях науки й техніки, на виконаних науково-дослідних і експериментальних роботах.

Технічна пропозиція – початковий етап проектування. Основне завдання цього етапу – перевірка сумісності вимог ТЗ із можливостями

реалізації технічних рішень. Технічна пропозиція містить аналіз можливих варіантів технічних рішень і обґрунтування пропонованого варіанта рішення. Технічна пропозиція є, фактично, відповідю потенційного виконавця на запит у вигляді ТЗ. Замовник розсилає запит кільком потенційним виконавцям, яких він вибрав. Остаточний вибір виконавця здійснюється шляхом аналізу технічних пропозицій конкурентів.

Ескізний проєкт – конструкторське розроблення оптимального варіанта виробу до рівня принципів конструкторських рішень, які дають загальну уяву про пристрій і принцип його роботи. У ескізному проєкті закладаються основи застосування типових, стандартизованих і уніфікованих складових частин розробки, формулюються вимоги до спеціальних комплектуючих.

Наприклад, під час проєктування двигунів різних типів на етапі ескізного проєктування виконують у самому загальному виді наступний обсяг робіт:

- вибір принципової схеми пристрою, що відповідає запропонованим техніко-економічним вимогам, закладеним у технічному завданні;
- вибір параметрів робочого тіла в циклі, що дозволяють задовольнити техніко-економічні вимоги до проєктованого виробу. Передусім вибираються температура робочого тіла перед турбіною й загальний ступінь підвищення тиску в циклі;
- розробка технічних вимог до вузлів (компресорів, турбін, камер згоряння, теплообмінних апаратів), вибір типу й конструкції основних вузлів двигуна. Технічні вимоги повинні забезпечити одержання проєктних показників (КПД, питомої потужності тощо) мають враховувати сучасний рівень, тенденції розвитку конструкцій, технології вузлів двигуна та їх деталей.

Технічний проєкт виконують на основі погодженого й затвердженого ескізу, а в тих випадках, коли останній не розробляється, – на основі погодженого й затвердженого технічного завдання (затвердженої технічної пропозиції). Технічний проєкт повинен повністю визначати його конструкцію й містити остаточні техніко-економічні розрахунки. Він містить технічні рішення й відомості, достатні для повного представлення про пристрій і принципи роботи двигуна. У технічному проєкті мають бути вирішені всі питання, що забезпечують високий технічний рівень нового виробу як у процесі виготовлення, складання, випробування, так і в процесі експлуатації. Усі його розрахунки виконуються в остаточному вигляді, який вже не вимагає перевірки або уточнення на етапі розробки робочої документації.

Розробка робочої документації становить заключний етап проектування, завданням якого є повна деталізація рішень, яка забезпечує можливість здійснення всіх виробничих операцій, пов'язаних з їх реалізацією і створенням виробу. Робоча конструкторська документація розробляється для виготовлення дослідного зразка й подальшого виробництва виробу. На цьому етапі виконуються не принципові конструкторські розробки (вони остаточно розроблені на проєктних етапах), а конструкторсько-технологічні розробки оригінальних деталей.

На етапі розробки робочої конструкторської документації завершується відпрацювання конструкції на технологічність, забезпечуються показники якості, техніко-економічні показники та ін.

Розробка конструкторської документації безпосередньо пов'язана з технічною підготовкою виробництва.

На всіх етапах проектування й конструювання, навіть під час створення нових установок, що раніше не існували, інженер-розробник шукає оптимальні рішення, використовує накопичений досвід попередніх розробок аналогічних об'єктів чи створюючи оригінальні об'єкти з подальшим дослідженням їхньої придатності. Накопичений досвід представляється у вигляді технічної документації, створеної у процесі розробки об'єктів, у вигляді результатів їх експлуатації, опублікованих у різних літературних джерелах, у вигляді патентно-інформаційних матеріалів.

3.2. Структура САПР

3.2.1. Підсистеми, які проєктують

Підсистеми, які безпосередньо виконують проєктні процедури:

- геометричного моделювання об'єктів (ГМ);
- машинної графіки (МГ) для візуалізації геометричних моделей;
- виготовлення конструкторської документації;
- кінематичного аналізу;
- схемотехнічного аналізу, трасування, розрахунків міцності тощо.

3.2.2. Обслуговуючі підсистеми

Підсистеми, які забезпечують функціонування підсистем, що проєктують (системне середовище або оболонка САПР):

- підсистеми керування проєктними відомостями;
- підсистеми розробки й супроводу програмного забезпечення CASE (Computer Aided Software Engineering);
- навчальні підсистеми для освоєння користувачами технологій САПР.

Структурування САПР за різними категоріями обумовлює появу *видів забезпечення САПР*.

3.3. Види забезпечення САПР

Математичне забезпечення – формульні моделі, отримані на основі аналізу закономірностей предметної області:

- методи;
- алгоритми;
- математичні моделі.

Лінгвістичне забезпечення – мови опису й обміну інформацією. Розробляється на основі математичного забезпечення й включає:

- мови розробки систем (найчастіше, це мови програмування та інструментальних засобів);
- мови проєктування, призначені для запису моделей предметної області, формування вихідних даних, діагностики процесів й представлення результатів проєктування.

Інформаційне забезпечення – складається з баз даних і СКБД, які називають інформаційним фондом САПР. Містить:

- інформацію представлену в традиційній формі (паперові носії);
- інформацію в електронній формі.

Інформаційна модель відображає взаємозв'язки елементів АСТПВ, що виникають у процесі виконання її функцій. Їх представляють за допомогою мов специфікацій інформаційних моделей. Найбільш часто використовують універсальну інформаційну мову моделей даних «сутність-зв'язок». На їх підставі визначають вимоги до інформаційної бази АСТПВ (за обсягом збереженої інформації, форми та введення й виведення) і способам її обробки.

Програмне забезпечення:

- загальносистемне програмне забезпечення;
- інваріантні інформаційні, тестові й графічні системи різних систем керування, бази даних;
- програмне забезпечення користувачів, яке включає програмно-методичні комплекси й програми користувачів.

Технічне забезпечення – необхідні апаратні засоби, периферійні пристрої, телекомунікації.

Методичне забезпечення – стандарти, нормативи та інші документи:

- документи, що визначають порядок створення, адаптації, розвитку підсистем, засобів забезпечення і їх компонентів;
- документи, що визначають правила експлуатації основних підсистем.

Організаційне забезпечення – раціональний розподіл праці:

- документи, з організації роботи зі створення й експлуатації підсистем;
- техніко-економічні документи створення й експлуатації об'єкта.

3.4. Вимоги до сучасних САПР

САПР – це людино-машинна система, у якій ЕОМ зберігає й обробляє інформацію, а людина аналізує й оцінює результати обробки, ухвалює рішення про:

- подальший шлях проектування;
 - застосування тих або інших методик і моделей;
 - достатність досягнутої точності;
 - повторення етапу проектування з новими значеннями вихідних і керованих величин;
 - врахування низки факторів або про нехтування ними тощо.
- Тому інформаційне забезпечення САПР повинне дозволяти проектування на будь-якому етапі;
- зручність і оперативність перегляду інформації про проект;
 - корегування інформації;
 - поповнювання інформаційної бази додатковими відомостями тощо.

САПР – це відкрита система, у яку можуть додаватися нові компоненти програмного, інформаційного та інших видів забезпечення.

Бажано мати таку побудову САПР, за якої відомості й програми їх обробки були б незалежними, тобто зміни в прикладній програмі не викликали необхідності перебудування інформаційної бази САПР і навпаки. Однак повна незалежність програм і даних практично недосяжна, оскільки значно збільшує час роботи прикладної програми або час відгуку системи на запит.

САПР – система, що базується на великих банках даних.

Необхідність обробки великого об'єму взаємозалежної (структурованої) інформації в автоматизованих системах різного призначення (АСУ, АСУТБ, САПР) призвела до появи концепції банків даних – комплексів, що містять у своєму складі:

- спеціальні структури організації інформації;
- алгоритми;

- спеціальні мови;
- програмні і технічні засоби.

Ця сукупність повинна забезпечувати створення й експлуатацію ефективних систем накопичення інформації, що надходить від декількох джерел, її відновлення, корегування й використання в інтересах низки систем, а також прямий зв'язок з користувачем для одержання відповідей на довільні, у тому числі і незаплановані, питання. Основними складовими банку даних є база (або кілька баз) даних і система її керування (СКБД).

3.5. Принципи організації САПР

Під час створення й розвитку САПР рекомендується застосовувати низку принципів, які забезпечують високу ефективність створюваної САПР. До них відносяться:

- **єдність інформаційної моделі проєкту**, як організуючого фактора на всіх етапах процесу розробки виробу;
- **принцип сумісності**, який полягає у тому, що мови, символи, коди, інформаційні й технічні характеристики структурних зв'язків між підсистемами, засобами забезпечення й компонентами САПР повинні забезпечувати спільне функціонування підсистем і зберігати відкриту структуру системи;
- **принцип автономності підсистем**, означає запровадження в дію й функціонування кожної підсистеми незалежно від інших підсистем;
- **принцип системної єдності** полягає у тому, що на всіх етапах створення, функціонування й розвитку САПР зв'язки між підсистемами САПР мають забезпечувати цілісність системи;
- **принцип розвитку** вимагає, щоб САПР розроблялася й функціонувала як система, яка розбудовується і у якій можливе поповнення, удосконалювання чи відновлення підсистем і компонентів;
- **адаптивність САПР** – це орієнтація на передові методи проєктування;
- **принцип стандартизації** полягає у проведенні уніфікації, типізації й стандартизації підсистем і компонентів, інваріантних до проєктованих об'єктів, і галузевої специфіки, а також у встановленні правил з метою упорядкування діяльності в області створення й розвитку САПР;
- **можливість проведення математичного експерименту** з моделлю проєктованого об'єкта, як основу прийняття рішень.

3.6. Класифікаційні ознаки САПР

САПР необхідно розглядати як систему «користувач-технічні засоби-ПЗ проектування». Керуючись цим принципом, основні класифікаційні характеристики систем розподіляються на групи.

3.6.1. Загальні характеристики

Визначають функціонування САПР як єдиного цілого, водночас їх розподіляють:

За призначенням:

- машинобудівні САПР;
- САПР радіоелектроніки;
- САПР архітектури й будівництва;
- САПР суднобудування;
- геоінформаційні САПР.

За способом організації інформаційних потоків:

- індивідуальне АРМ;
- розподілена однорівнева система;
- розподілена багаторівнева система;
- інтегрована багаторівнева система;
- інтегрована система керування підприємством.

3.6.2. Програмні характеристики

Розділяють системи за окремими особливостями програмних рішень. Серед них:

За спеціалізацією програмних засобів:

- спеціалізовані;
- універсальні;
- комплексні.

За характером базової системи:

- САПР на базі підсистем машинної графіки й геометричного моделювання (графічне ядро);
- САПР на базі СКБД;
- САПР на базі конкретного прикладного пакета;
- комплексні (інтегровані) САПР.

За способом організації внутрішньої структури САПР:

- нерозширювані системи;
- масштабовані модульні системи (навколо ядра).

За можливостями функціонального розширення:

- закриті системи;
- системи з інтерфейсом, що налаштовується користувачем;
- системи з пакетною обробкою команд (сценарії у текстовому файлі);
- системи із вбудованою макромовою й бібліотекою функцій;
- системи з можливістю підключення зовнішніх модулів;
- інструменти розроблювача САПР (розробка модулів і додатків).

За можливостями обміну інформацією:

- замкнені системи;
- системи з текстовими файлами обміну інформацією;
- системи зі стандартними засобами обміну інформацією.

За способом створення змінюваних прототипів:

- незмінні готові блоки;
- елементи, програмно формовані в зовнішніх модулях;
- параметричні елементи, що задаються;
- адаптивно-змінювані елементи;
- комбіновані методи;

За методами моделювання функціонування виробів:

- без спеціальних методів;
- перевірочні розрахунки з використанням МКЕ;
- спеціалізовані підсистеми моделювання.

3.6.3. Технічні характеристики

Визначають особливості використовуваних у САПР засобів обчислювальної техніки й периферійного устаткування. САПР можна поділити:

За використовуваними засобами обчислювальної техніки:

- персональні комп'ютери;
- робочі станції.

За способом об'єднання технічних засобів:

- автономні робочі станції;
- багатотермінальні ЕОМ;
- однорангові локальні мережі;
- локальні мережі з виділеним сервером;
- гетерогенні мережі зі складною структурою.

За використовуваним периферійним устаткуванням:

- САПР мінімальної конфігурації;
- технічно розвинені САПР.

3.6.4. Ергономічні характеристики

Оцінюють ефективність взаємодії користувача із програмно-технічними засобами. САПР поділяються:

За способом організації користувацького інтерфейсу:

- з командним рядком;
- з системою ієрархічних меню й діалогових вікон з контекстною допомогою: у вигляді текстових рядків або у вигляді умовних піктограм;
- з об'єктно-орієнтованим інтерфейсом і мультимедійною системою допомоги.

За зручністю діалогу системи з користувачем:

- з інтуїтивно зрозумілим і зручним користувацьким інтерфейсом;
- з користувацьким інтерфейсом, який вимагає тривалого навчання.

За підтримкою візуалізації:

- двовимірні системи;
- тривимірні каркасні;
- тривимірні з видаленням схованих ліній;
- тривимірні зі світлотіньовим розфарбуванням;
- тривимірні з фотореалістичним відображенням.

Розглянемо більш детально деякі з перерахованих вище систем.

Машинобудівні САПР (MCAD, Mechanical CAD, Inventor) – розроблені для застосування в галузях машинобудування (розробка найширшого спектра виробів: від створення аерокосмічних систем до проектування кавоварок і кухонних комбайнів).

САПР літальних апаратів – розроблені з урахуванням специфіки проектування сучасних літаків і ракет;

САПР морських суден – розроблені з урахуванням специфіки проектування сучасних кораблів і морських суден;

САПР устаткування промислових виробів і споруджень – використовуються для створення принципових схем виробів, просторового розведення трубопроводів і кабельних трас, проектування систем опалення, водопостачання, каналізації, електропостачання, вентиляції й кондиціонування, ведення баз даних устаткування, трубопровідної арматури, готових електротехнічних виробів.

САПР радіоелектроніки (ECAD – Electronic CAD або EDA – Electronic Design Automation) використовуються для створення виробів мікроелектроніки – проектування принципових і монтажних схем, друкованих плат, автоматичне розміщення елементів виробів, автотрасування.

Електротехнічні САПР – для розробки принципових схем і схем підключення електротехнічного устаткування, його просторового компонування, ведення баз даних готових виробів.

САПР архітектури й будівництва – дозволяють виконувати тривимірне проєктування архітектурно-будівельних конструкцій, ведення розрахунків спеціальних конструкцій типу дахів, типових статичних розрахунків будівельних конструкцій, ведення баз даних стандартних елементів, планування територій під будівництво.

Геоінформаційні САПР – дозволяють розробляти просторові інформаційні системи, на базі яких може виконуватися пошук оптимального рішення в просторових системах, оцифрування інформації польових зйомок, аналіз геодезичних мереж, побудова цифрових моделей рельєфу, створення карт і планової основи у векторній формі, ведення земельного й міського кадастрів, електронного картографічного архіву.

Ефективність використання САПР дуже залежить від рівня організації роботи, а особливо від організації інформаційних потоків.

Індивідуальні автоматизовані робочі місця (АРМ) – системи подібного класу створюються на базі окремих робочих станцій або ПК із відповідним ПЗ. Як правило, це використовується в невеликих підприємствах.

Розподілені однорівневі системи – об'єднані в локальну мережу з кількома потужними ПК; функціональні можливості ПЗ в цьому випадку більше залежать від технічних параметрів використовуваних засобів обчислювальної техніки й можуть виконувати рівноправні проєктно-конструкторські функції; базою для створення подібної мережі може послужити, наприклад, система Pro/ENGINEER фірми PTC, яка має, порівняно з ціною й можливостями, функціональні аналоги САПР для робочих станцій і ПК.

Розподілені багаторівневі системи – об'єднані в локальну мережу з однієї або декількома робочими станціями й ПК; функціональні можливості ПЗ в цьому випадку відрізняються: на високопродуктивних робочих станціях установлюються потужні й досить дорогі САПР, а на ПК – їх більш дешеві, трохи скорочені функціональні аналоги; у цьому випадку на робочих станціях здійснюється укрупнення й складання деталей і вузлів, сконструйованих на ПК; прикладом подібної організації робіт може служити програмний тандем, утворений системами Euclid і Prelude фірми MATRA Datavision.

Інтегровані багаторівневі системи – призначені для проєктування й підготовки виробництва складних виробів, як правило, мають і досить складну внутрішню ієрархію інформаційних потоків, накладену

на складну структуру технічних і програмних засобів; сучасні високорівневі САПР мають усі засоби для організації паралельно-агрегатного інжинірингу, що дозволяє управляти роботою як окремих виконавців, які працюють у рамках одного проєкту, так і роботою цілих конструкторських відділів, які вирішують зовсім різні завдання.

Інтегровані системи керування підприємством – керують усім комплексом завдань функціонування підприємства як єдиного цілого. САПР/АСТПП у цьому випадку входять як окремі структурні елементи автоматизованої системи управління підприємством.

Спеціалізовані системи – дозволяють автоматизувати комплекс завдань, пов'язаних з досить вузькою областю проєктування або підготовки виробництва; як приклад, можна навести системи проєктування гнутих листових деталей, оснащення для холодного штампування, підготовки керуючих програм для верстатів із ЧПУ, контрольно-вимірювальні системи тощо.

Універсальні системи – дозволяють створювати вироби самого широкого профілю; більшість машинобудівних САПР можна віднести саме до універсальних.

Комплексні системи – призначені для вирішення проблем проєктування й підготовки виробництва спеціальних надскладних виробів; наприклад, спеціалізовані суднобудівні системи типу Tribon фірми Kockums Computer Systems, або FORAN фірми Senermar, що дозволяють автоматизувати практично весь цикл проєктування судна: від визначення форми корпусу судна, його основних розмірів і розташування основних відсіків і приміщень до створення робочих креслень блоків і секцій корпусу, численних трубопровідних систем, кабельних трас, а також підготовки керуючих програм для теплового різання деталей.

САПР на базі підсистеми машинної графіки й геометричного моделювання орієнтовані на додатки, де основною процедурою проєктування є конструювання, тобто визначення просторових форм і взаємного розташування об'єктів. До цієї групи відноситься більшість САПР машинобудування, побудованих на базі графічних ядер.

ЯДРО – це бібліотека основних математичних функцій САД-системи, яка визначає й зберігає 3D-форми очікуючи команди користувача. Наразі існують три типи ядер геометричного моделювання: ліцензовані, окремі й доступні у вихідному коді.

У наш час широко використовуються уніфіковані ліцензовані графічні ядра, які застосовуються більш ніж в одній САПР: **Parasolid** фірми EDS Unigraphics та **ACIS** фірми Intergraph.

Parasolid – це найшвидше ядро, доступне для ліцензування, розроблене UGS. Parasolid забезпечує технологію для твердотільного моделювання, узагальненого ніздрюватого моделювання, інтегровані поверхні довільної форми й листове моделювання. Parasolid дозволяє розроблювачам швидко створювати конкурентоспроможні продукти використовуючи ці технології. На цьому ядрі розроблено багато CAD/CAM/CAE систем високого й середнього рівня, наприклад, Solidworks, Delmia, Pro/DESKTOP, FEMAP. Останні версії Parasolid сфокусовані на розширенні екстремального моделювання в найбільш технічно-складних областях. Вони були піонерами прямого моделювання, яке дозволяє користувачам інтуїтивно модифікувати непараметризовані моделі, начебто вони мають параметри.

ACIS це об'єктно-орієнтована C++ геометрична бібліотека яка складається з більш ніж 50Dll-файлів і включає каркасні структури, поверхні і твердотільне моделювання. Воно дає розроблювачам програм багатий вибір геометричних операцій для конструювання й маніпулювання складними моделями і так само повний набір бульових операцій. Його математичний інтерфейс Laws Symbolic і методика, заснована на NURBS деформаціях, дозволяють інтегрувати поверхневе й твердотільне моделювання. Ядро ACIS здійснює виведення у формат файлів SAT, який будь-яка підтримуюча ACIS програма, може відразу читати.

Приватні ядра геометричного моделювання розробляються й підтримуються розроблювачами CAD-систем для використання винятково у своїх додатках. Перевагою приватних ядер є більш глибока інтеграція з інтерфейсом CAD-дodatка. Як результат цього – більші можливості керування системою користувачем, наприклад, необмежені undo і redo. Два представлені ядра поєднують просторове й твердотільне моделювання в одному додатку.

Ядра, доступні у вихідному коді, подібні ліцензованим ядрам. Вони також розробляються й підтримуються однією компанією, а потім ліцензуються іншими компаніями для використання в CAD-дodatках. Відмінність у тому, що розроблювачі забезпечують вихідний код ядра. Для користувачів які мають групи розробки й прагнуть самі набувати ядро системи дуже зручно мати можливість налаштування, оскільки вихідний код доступний.

САПР на базі СКБД орієнтовані на додатки, у яких, під час порівняно не складних математичних розрахунках, переробляється великий обсяг інформації. Такі САПР переважно використовуються в техніко-економічних додатках, наприклад, у процесі проєктування бізнес-планів, а також у системах керування й автоматизації.

Автономно використовувані прикладні програмно-математичні комплекси, наприклад, імітаційного моделювання виробничих процесів, розрахунків на міцність по МКС, синтезу й аналізу систем автоматичного керування тощо. Часто такі САПР відносять до систем САЕ.

Комплексні (інтегровані) САПР складаються із сукупності підсистем попередніх видів. Характерним прикладом інтегрованих САПР є CAD/CAM/CAE/PDM – системи в машинобудуванні.

Нерозширювані системи – використовують стандартний набір взаємозалежних модулів, які реалізують усі основні функції системи. Зміна функціональних можливостей системи вимагає, як правило, модифікації вихідного програмного коду й перекомпіляції системи (такий підхід застосовувався на перших етапах створення САПР).

Масштабовані модульні системи – формовані навколо базового ядра. Воно містить всі необхідні базові засоби побудови двовимірної й тривимірної графіки, засоби діалогу з користувачем, базу даних графічної інформації та дозволяє компонувати спеціалізовані системи на базі модулів, що легко підключаються, ураховують специфіку робіт користувача (наприклад, модулі розкрою листового матеріалу або розгорнення трубних з'єднань); більшість сучасних систем побудовані саме за цим принципом, тобто горизонтально розширювані системи.

Інтегруючим ядром таких систем є диспетчер користувацького середовища, який організує доступ до зовнішніх додатків і обмін інформацією із зовнішніми системами. Об'єктно-орієнтована структура бази даних і стандартизований її обмін між додатками дозволяє максимально децентралізувати процес проектування і спростити підключення спеціалізованих модулів; такий підхід, наприклад, успішно реалізований у системі Euclid Quantum фірми MATRA Datavision і вважається одним з найбільш перспективних.

Закриті системи – не мають засобів індивідуального налаштування й можливості розширення системи користувачем.

Системи з інтерфейсом, що налаштовуються користувачем – мають можливість налагоджування системи меню, створення діалогових вікон, зручних для користувача.

Системи з пакетною обробкою команд – мають можливість виконання послідовності команд САПР, сформованих у текстовому пакетному файлі, створеному зовнішньою програмою; прикладом можуть служити script-файли системи AutoCAD фірми Autodesk, що дозволяють задавати послідовність команд побудови графічних примітивів з відповідними числовими параметрами.

Системи із вбудованою макромовою і бібліотекою функцій – мають засоби для запису макрокоманд або формування нових функцій

користувача, що дозволяють автоматизувати специфічні конструкторські операції; система AutoCAD, наприклад, має вбудовану мову Autolisp, а в пакет SolidWorks фірми SolidWorks Corporation включено підмножину мови Basic, аналогічну мові Basic for Application фірми Microsoft.

Системи з можливістю підключення зовнішніх модулів – дозволяють підключати модулі користувача, написані на мовах високого рівня типу C++, що значно збільшує потенційні можливості розширення системи; більшість сучасних САПР високого рівня мають подібну можливість.

Інструменти розроблювача САПР – дають можливість, використовуючи набір стандартних бібліотек функцій, створювати свої власні додатки для САПР або навіть власні САПР; інструменти можуть включати як окремі бібліотеки функцій типу Opengl для роботи із графічними об'єктами, так і цілі інтегровані об'єктно-орієнтовані інструментальні «виробництва».

Сучасні САПР у тому або іншому вигляді включають практично весь набір (за винятком інструментів розроблювача) засобів індивідуального налаштування й можливості розширення систем користувачем.

Замкнені системи – зберігають інформацію у своєму власному внутрішньому форматі, не дозволяють обмінюватися нею з іншими системами.

Системи з текстовими файлами обміну інформацією – зберігають і зчитують інформацію про окремі геометричні примітиви у вигляді масивів цифр, розділених пробілами або комами.

Системи зі стандартними засобами обміну інформацією – дозволяють зберегти й зчитувати повну інформацію щодо створення моделі виробів у спеціальному текстовому або двійковому форматі, що описує всі об'єкти моделі в спеціальних термінах опису графічних примітивів з відповідними їм числовими значеннями; як приклад, можна привести файл обміну інформацією (Data Exchange Format) *.DXF системи AutoCAD, що став стандартом de facto для ПК; а також найпоширеніші стандарти обміну інформацією: STEP, IGES, CADL, AME і деякі інші.

Незмінні готові блоки – вставляються в модель або креслення у вигляді готових елементів, попередньо збережених на жорсткому диску.

Елементи, програмно сформовані в зовнішніх модулях – створюються спеціальними програмами у вигляді текстових пакетних файлів з послідовністю команд побудови об'єкта або стандартних файлів обміну.

Параметричні елементи – являють собою графічні об’єкти, розміри яких пов’язані між собою у вигляді взаємозалежних ланцюжків параметрів; зміна одного з них або залежності, яка визначає взаємозв’язок декількох параметрів, призводить до відповідного перерахування усього залежного ланцюжка розмірів у відповідному до зміни геометрії об’єкта, що модифікується.

Адаптивно-змінювані елементи – дають можливість більш простого корегування об’єктів. Вказуючи курсором миші на елементи, що модифікуються, в геометрії об’єкта можна змінити форму його контурів або задати в діалоговому вікні нову величину визначального параметра.

Комбіновані методи – поєднують адаптивну технологію швидкого корегування вільних і параметричну технологію зміни взаємозалежних розмірів; це напрям, у якому рухаються більшість розроблювачів САПР.

Моделювання функціонування виробів може бути без спеціальних методів – у цьому випадку основні параметри проєктованих конструкцій визначаються поза системою традиційними методами.

Перевірочні розрахунки з використанням методу кінцевих елементів – дозволяють проводити широкий комплекс робіт з визначення основних характеристик міцності виробу, величин напруження і деформацій залежно від різних схем навантаження й параметрів матеріалу.

Спеціалізовані підсистеми моделювання – дають можливість аналізувати поведінку досить специфічних матеріалів у не менш особливих умовах: наприклад, досліджувати поведінку пластмас у процесі штампування в термопластавтоматах або прогнозувати виникнення тріщин у металі під час зварювання з урахуванням пластичних деформацій матеріалу.

Для роботи САПР потрібні засоби обчислювальної техніки. Останнім часом все більше використовують персональні комп’ютери на базі процесорів Intel Pentium. Поступово здають позиції робочі станції на базі різноманітних архітектур (RISC, SPARC, MIPS, Powerpc, Pentium Pro тощо) різних виробників (SUN, Silicon Graphics, Digital, Hewlett-Packard, IBM і т. ін.);

На невеликих підприємствах працюють на автономних робочих станціях, а на середніх і великих використовують об’єднання технічних засобів, це:

- багатотермінальні ЕОМ;
- однорангова локальна мережа;
- локальна мережа з виділеним сервером;
- гетерогенна мережа зі складною структурою.

САПР мінімального нижчого рівня має таку конфігурацію – монітор, пристрої введення інформації і позиціонування курсору (клавіатура, миша), пристрій виведення інформації (принтери А4; плотер формату А1), пристрій її зберігання (стрімер для резервного копіювання).

Технічно розвинені САПР мають один або кілька моніторів, пристрій введення інформації і позиціонування курсору (клавіатура, миша); сканер формату А1–А0; пристрій її виведення (струменевий або лазерний (світлодіодний) принтер формату А3–А4; один або декілька плотерів формату А1–А0 (струменевий, лазерний або світлодіодний); пристрій зберігання інформації (магнітооптичні диски, RAID масиви, перезаписувальні оптичні диски, стрімери).

Розділ 4.

Інструментальні підсистеми геометричного моделювання технічних об'єктів

4.1. Моделювання виробів за технологічними атрибутами

Геометричний опис об'єкта виробництва – основа інформаційного, електронного супроводу виробу на всіх стадіях його життєвого циклу. Носіями геометричної інформації є, наприклад, креслення деталі або заготовки, операційний ескіз тощо.

На кресленнях і ескізах геометрична інформація, представляючи конструктивні параметри деталі, є носієм технологічної інформації. Фахівець-технолог, вивчаючи креслення деталі і асоціативно сприймаючи геометричну й технологічну інформацію, може подумки змінювати положення деталі в просторі, додаючи або вилучаючи із зображення деталі необхідні комплекси поверхонь.

Прийняття будь-якого технологічного рішення пов'язане з переробкою геометричної інформації у функції, що супроводжують виконання усіх завдань ТПВ.

Під час створення АСТПВ усі зазначені дії повинні виконуватися в автоматизованому режимі, що вимагає створення системи геометричного й технологічного опису об'єкта (деталі, заготовки, складальної одиниці тощо).

Розробка системи геометричного опису об'єкта має ґрунтуватися на застосуванні обчислювальних засобів, які забезпечують створення тривимірних моделей геометричних об'єктів, у комбінації з ефективними методами технологічного атрибутування геометричних моделей.

Технологічні атрибути – це технологічні параметри об'єкта (точність розмірів, форми, взаємного розташування, шорсткість поверхонь тощо). Особливу складність викликає значне число й специфічність технологічних атрибутів, які можуть відноситися до кожної з поверхонь або до будь-якого її комплексу.

Методи геометричного опису об'єкта:

- плоске геометричне моделювання;
- об'ємне геометричне моделювання;
- структурно-параметричне моделювання.

Структурне моделювання – це завдання, яке складно формалізується, тому виконується людиною. Включає структурний аналіз (аналіз структури наявного об'єкта), структурний синтез (синтез нового об'єкта і його структури).

Параметричне моделювання – відпрацьований метод, заснований на обчислювальній математиці. Водночас задаються варіантні значення параметрів, які характеризують структурні елементи об'єкта.

Основні функції параметричного моделювання:

- визначення значень параметрів;
- оптимізація значень параметрів.

До моделей параметричного проєктування можна віднести прототип виробу деякого сімейства (безлічі). Як відомо, близько 80 % поверхонь усіх деталей повторюються, і, для певного набору деталей, можна розробити єдину параметризовану модель, у результаті чого, шляхом модифікації набору заданих параметрів можна одержати будь-яку деталь цього сімейства (множини). Такий підхід дозволяє суттєво скоротити обсяг рутинних робіт із креслення ескізів виробів і їх аналізу за заданими критеріями.

Вибір базової конструкції

Одним з вирішальних моментів конструкторської підготовки виробництва (КПВ) є вибір базової конструкції об'єкта, який виготовляється.

Базова конструкція – це деталь (машина або прилад), що володіє найбільшим числом загальних ознак, властивих усім видам того самого призначення. Вибір базової конструкції – базова ланка конструкторської підготовки виробництва.

Модифікаціями базової конструкції є всі інші конструкції цього виду.

Формування комплексної деталі

В умовах серійного й дрібносерійного виробництва найбільше поширення одержав метод групування деталей щодо застосовуваного для обробки типового устаткування, єдності технологічного оснащення,

спільності налаштування верстата з використанням комплексної деталі. Після уточнення складу групи створюють її представника – комплексну деталь.

Комплексна деталь – є основою під час розробки групового технологічного процесу й інструментальних групових налагоджень. Вона створюється шляхом додавання до моделі надскладної деталі нових конструктивних елементів, поверхонь, наявних на інших деталях групи.

Групування охоплює все, що значиться в номенклатурі випуску певної конструкції деталі, а також комплексні штучно створені (умовні), які мають усі геометричні елементи деталей цієї групи.

Комплексна деталь може бути і реальною, якщо вона є надскладною у цій групі, та має всі елементи комплексної.

Комплексна деталь – це реальна або умовна (штучно створена) деталь, що містить у своїй конструкції всі основні елементи (поверхні), характерні для групи, яка і є її конструктивно-технологічним представником.

Основні конструктивні елементи і поверхні комплексної деталі: поверхні визначальні за конфігурацію деталі та технологічні завдання, розв'язувані в процесі обробки.

Комплексна деталь – характерний представник групи і є основою під час розробки групового процесу та групового оснащення. У процесі побудови групових процесів механічної обробки за основу береться комплексна деталь.

Приклад формування комплексної деталі

Для тіл обертання, комплексна деталь, наприклад складається із зовнішніх і внутрішніх проточок, різьби, фасок тощо. На рис. 4.1 буквою А позначена комплексна деталь, що складається з низки елементарних поверхонь (1–18). Буквами Б, В, Г тощо позначений ряд конкретних деталей, що складаються з таких самих геометричних елементів, але в різній їхній комбінації.

Переглядаючи креслення деталей групи, технолог методом накладення з низки подібних деталей вибирає одну, найбільш характерну і її викреслює. Потім розглядаються деталі, що відрізняються від першої наявністю інших геометричних поверхонь. Нові поверхні наносяться на креслення першої деталі, і створюється умовна комплексна деталь, що містить усі елементи деталей групи.

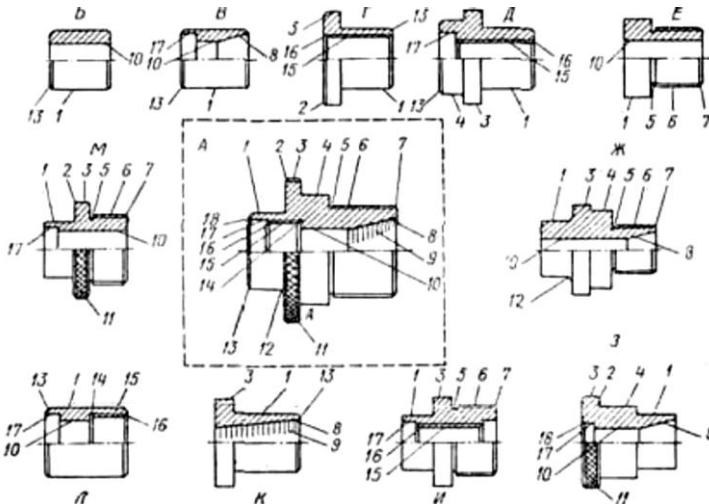


Рис. 4.1. Деталі групи і комплексна деталь

Групування деталей на основі комплексу ознак

У деяких випадках створюється не комплексна деталь, а визначаються основні характерні ознаки, які дозволяють об'єднати різні деталі в одну класифікаційну групу.

Це відноситься до деталей складної форми, у яких обробляються окремі поверхні. Для деталей, оброблюваних на металорізальних верстатах, цими ознаками є не тільки розташування оброблюваних поверхонь, але й схеми базування кожної деталі.

Взаємне розташування оброблюваних поверхонь дозволяє визначити не комплексну деталь, а комплексну комбінацію елементів поверхні, скласти груповий технологічний процес, вибрати схему групового оснащення й необхідний різальний інструмент. Загальні (подібні) схеми базування кожної деталі дають можливість вибрати необхідне групове пристосування, що забезпечує встановлення й закріплення кожної деталі цієї групи.

4.2. Підсистеми машинної графіки (МГ) і геометричного моделювання (ГМ)

Підсистеми МГ і ГМ – займають головне місце в САПР машинобудування.

Геометрична модель – математичний об’єкт, що відображає форму деталей, вміст складальних вузлів і додаткові параметри (маса, момент інерції, колір тощо). У пам’яті ЕОМ моделі зазвичай зберігаються у векторній формі, тобто у вигляді координат сукупності точок, що задають елементи моделі.

Процедури в підсистемах МГ і ГМ:

- одержання проектного рішення (концепція);
- представлення рішення у вигляді геометричної моделі;
- візуалізація;
- корегування (за необхідності).

Різновиди математичного забезпечення МГ і ГМ

2D-моделювання:

- креслярська документація;
- технологічні схеми.

3D-моделювання:

- синтез конструкції;
- представлення кінематики;
- інженерний аналіз (міцність, твердість тощо).

Види 3D-моделей

Каркасна модель – представляє форму деталей у вигляді кінцевої безлічі ліній. Для кожної лінії відомі координати кінцевих точок чи її функція (використовується рідко в спеціальних завданнях).

Модель поверхні – представляє форму деталей за допомогою обмежувачих її поверхонь (інформація про грані, вершини, ребра, функції поверхні), (особливе місце – у моделюванні транспорту, корпусу аеродинамічних поверхонь, лопатки, обшивки фюзеляжу тощо).

Об’ємні моделі – додатково містять у явній формі відомості щодо належності елементів внутрішньому або зовнішньому, стосовно деталі, простору.

4.3. Підходи до побудови геометричних моделей

1. Завдання граничних елементів – граней, ребер, вершин.
2. Позиційний підхід – розглянутий простір розбивають на ячейки (позиції). Деталь задають масивом індексів належності ячеек деталі.
3. Метод конструктивної геометрії – представлення складної деталі у вигляді сукупності базових елементів форми й виконання над ними теоретико-множинних (логічних) операцій. Основний спосіб конструювання в машинобудуванні.

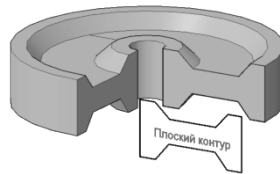
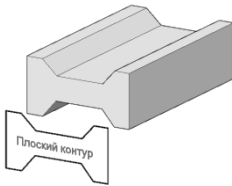


Теоретико-множинні (логічні) операції:

- об'єднання;
- віднімання (різниця);
- перетин.

4. Кінематичний метод – задають траєкторії переміщення двовимірних контурів (об'єктів). Поверхню, створену переміщенням контуру, приймають як поверхню деталі. Різновиди:

- А) видавлювання (екструзія) Б) обертання



4.4. Параметризація

Параметричне моделювання – метод опису форми об'єкта шляхом завдання параметрів розмірів, форми, розташування та інших характеристик, у вигляді числових значень або інших зв'язків.

Наявність параметризації забезпечує:

- можливість ескізного проектування: без завдання точних остаточних розмірів під час початкової побудови ескізу; подальше вказування точних розмірів чи інших параметрів пізніше дозволяє одержати точну деталь із будь-якими бажаними варіантами розмірів;
- дозволяє у будь-який час одержати нову модифікацію виробу з новими параметрами, водночас використовується одна і та сама концепт модель;
- наявність двонаправленого асоціативного зв'язку між геометричною моделлю й розмірами.

Можливість задавання розмірів у вигляді іменованих параметрів (буквено-цифрових) і задавання для них значень числових, або у вигляді рівняння зв'язків з якими-небудь іншими параметрами (наприклад, $a=20$, якщо зміниться «а», то відразу ж зміниться відповідний розмір).

Можливість отримувати відразу багато конфігурацій деталі, маючи одну концепт-модель і таблицю (базу даних) параметрів.

Адаптивна параметризація – створюється модель без первинних позиційних обмежень на її конструктивні елементи. Потім можна швидко й оперативно вносити зміни, активізуючи її параметри. Можна переглянути різні варіанти. На будь-якому етапі можна модифікувати модель і вибрати остаточний варіант.

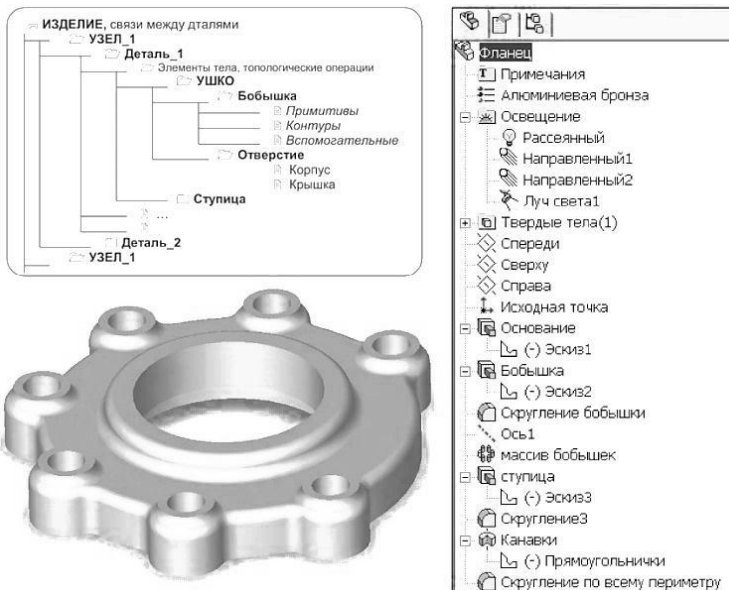
Примусова параметризація – припускає опис характеристик математичними співвідношеннями, або відносинами сукупності зв'язаних між собою геометричних елементів конструкції.

4.5. Історія конструювання виробу

Історія конструювання включає:

- опис усіх елементів (основних і допоміжних), використаних для побудови тіла й конструювання виробу загалом;
- параметри, що визначають форму цих елементів;
- послідовність створення елементів у хронологічному порядку.

Історія конструювання має ієрархічну структуру (дерево конструювання моделі).



Історія конструювання дозволяє:

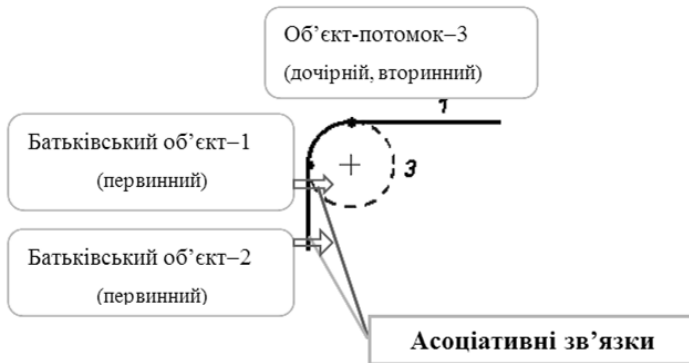
- одержати доступ до будь-якого фрагмента тіла (виробу) – редагувати, копіювати в інше дерево тощо;
- одержати доступ до проміжного стану деталі (об'єкта);
- організацію колективного доступу до конструювання виробу загалом (корпоративні проєкти).

4.6. Асоціативність

Асоціативність відіграє значну роль у модифікації параметричних моделей і пов'язана з історією створення моделі.

Асоціативність – здатність системи запам'ятовувати логічні зв'язки між операціями побудови й геометричними об'єктами, які використовувалися в якості базових у цій операції (на які проводилися посилання в ході побудови).

Асоціативність базується на принципах СПАДКУВАННЯ



- будь-які зміни батьківських об'єктів призводять до зміни об'єктів нащадків;
- видалення батьківських об'єктів:
 - а) може бути неможливо без попереднього видалення нащадків;
 - б) може викликати видалення нащадків;
 - в) може обірвати зв'язки, які відносяться до нащадка, він стане невизначений у своїй геометрії і буде викликати помилки.
- щоб можна було вилучити батьківські об'єкти потрібно коректно перетворити асоціативні зв'язки для нащадка (можливо «перемінивши йому батьків»);

- успадкування має ієрархічну структуру: скільки б рівнів вкладення не було, зміна батьків тягне зміни всіх дочірніх об'єктів на всіх рівнях вкладення;
- спадкоємна асоціативність пов'язана з деревом історії конструювання виробу;
- асоціативні зв'язки можуть бути між елементами одного файлу й між елементами в різних файлах розподіленої системи.

4.7. Стратегія конструювання й проектування

Тривимірне твердотільне гібридне моделювання – об'єднання можливості будувати модель за допомогою компонентів, обумовлених набором параметрів – розмірів, і за допомогою створених у просторі елементів, які насправді не визначені числовими параметрами.

- комбінація асоціативності й параметризації дає потужні засоби одержання багатьох модифікацій виробів на базі однієї концепт-моделі;
- досягається можливість різноманітного аналізу конструкторських рішень;
- можливість застосування менеджменту колективного доступу;
- створюються параметричні зв'язки з підготовкою керуючих програм і виготовленням деталей на реальному устаткуванні із ЧПУ.

Розділ 5.

Програмно-інформаційне забезпечення САПР

5.1. Структура програмно-інформаційного забезпечення

У структурі інформаційного забезпечення сучасного промислового підприємства або проєктної організації системи CAD/CAM/CAE займають особливе місце, будучи інструментальною базою для всіх інших засобів інформатизації. І особливу роль у процесі інформатизації відіграють системи CAD/CAM/CAE/ PDM масштабу підприємства (або повномасштабні), які включають останні досягнення, в області автоматизації інженерної праці й організації діяльності підприємства.

CAE – Computer Aided Engineering (автоматизовані інженерні розрахунки і аналіз);

CAD – Computer Aided Design (автоматизоване проєктування);

CAM – Computer Aided Manufacturing (автоматизована технологічна підготовка виробництва);

PDM – Product Data Management (керування проєктними даними).

5.1.1. Різновиди систем залежно від розв'язуваних завдань

Усі програмні системи, наразі наявні на ринку CAD/CAE/CAM/ PDM систем, які перебувають в експлуатації, залежно від розв'язуваних ними завдань можна розділити на три групи:

- універсальні;
- інтегровані системи;
- спеціалізовані.

5.2. Універсальні CAD/CAE/CAM системи

Універсальні CAD/CAE/CAM системи – призначені для комплексної автоматизації процесів проектування й виробництва продукції машинобудування.

Їх можна розділити (УМОВНО!!!) на три групи залежно від їхніх функціональних можливостей (функціональної повноти), набору модулів і структурної організації системи:

- системи нижчого рівня;
- системи середнього рівня;
- повномасштабні системи.

Системи нижчого рівня зазвичай мають обмежений набір модулів, які включають геометричний моделер (графічне ядро) з 3D поверхневою графікою (іноді з 3D-твердотільною), модуль візуалізації тривимірних тіл і деякі інші.

Як правило, системи нижчого рівня експлуатуються на недорогих ПЕВМ або дешевих робочих станціях (PC). Подібні системи, зазвичай, не мають модулів керування даними проекту, функціонального аналізу проекту й керування механозбірками. До нижчого рівня відносяться програми, які реалізують 2D моделі у вигляді креслень і ескізів, наприклад: пакети російських розроблювачів: Базис-Конструктор 4.5 (Базис), Графіка-81 (Інститут проблем керування), Sprutcad (Спрут-Технології), креслярсько-графічний редактор APM Graph (НИЦ АПМ), CADMECH і CADMECH LT на базі Autocad і Autocad LT2000 (Интермех), T-Flex CAD LT (Топ Системи), КОМПАС-ГРАФІК (Аскон), АДЕМ (Omega Technologies) тощо.

Фірми постійно нарощують можливості систем низького рівня, наближаючи їх до систем середнього рівня й повномасштабних систем.

Системи середнього рівня мають більш широкий набір модулів, розроблюваних значною мірою фірмою-власником системи. Системи цього класу забезпечують більш високу функціональність у процесі проектування машинобудівних виробів, однак не мають розвинених модулів керування проектними даними й механічними складаннями.

На середньому рівні розташовуються програмні комплекси, які дозволяють створювати тривимірну геометричну модель порівняно нескладного виробу в основному методом твердотільного моделювання. До цих програмних комплексів можна віднести: AutoCAD і Inventor (Autodesk), Solid Works (Solid Works), Solid Edge (Unigraphics Solutions), Powershape (Delcam pic), Prelude Design (Matra Datavision),

Microstation (Bentley Systems), Гема-3d, T-Flex CAD 3D (Топ Системи), bcad (ПроПро Група), CREDO (НИЦ АСК), Oceancad, Cimatron тощо.

Системи середнього рівня безупинно розбудовуються і за своїми можливостями наближаються до повномасштабних систем, а в деяких випадках і перевершують їх. Необхідно відзначити, що системи нижчого й середнього рівня дозволяють розв'язати 90 % усіх конструкторських і технологічних завдань, особливо там, де стандартні ситуації процесу проєктування переважають.

Повномасштабні CAD/CAE/CAM системи мають найбільші можливості. Звичайно це складні багатофункціональні системи, до складу яких входить великий набір модулів (до 40–50) різного функціонального призначення.

Типовий набір модулів повномасштабних систем включає:

- графічне ядро (геометричний моделер);
- широкий набір модулів для різних видів аналізу з використанням МКС та моделювання кінематики й динаміки механізмів;
- набір модулів для генерації керуючих програм для різних видів механооброби;
- модулі обміну інформацією в різних графічних форматах (ICES, STEP, DXF, VDAFS тощо);
- модулі керування даними проєкту в гетерогенній мережі (PDM);
- власна або комерційна СУБД.

Цей базовий набір модулів доповнюється різними допоміжними модулями, що розширюють можливості систем. Системи цього класу, як правило, експлуатуються на досить потужних графічних робочих станціях у середовищі ОС UNIX. Останніми роками багато з них працюють на потужних персональних комп'ютерах.

Серед найбільш потужних програмних систем наскрізного проєктування й виробництва, розташованих на верхньому рівні, можна виділити: CATIA 5 (Dassault Systemes, Франція), EUCLID 3 (EADS Matra Datavision, Франція), UNIGRAPHICS (Unigraphics Solutions, США), Pro/ENGINEER і CADDS 5 (PTC, США).

5.3. Інтеграція CAD/CAM/CAE/PDM систем

5.3.1. Підсистема інтеграції

Підсистема інтеграції програмного забезпечення САПР – призначена для організації взаємодії програм і модулів у маршрутах проєктування. Вона складається з ядра, відповідального за інтерфейс

на рівні підсистем, і оболонок процедур, що погоджують конкретні програмні модулі, програми й/або програмно-методичні комплекси (ПМК) із середовищем проєктування.

Вимоги до сучасних систем, обумовлені інтеграцією:

- загальний перехід до твердотільного моделювання з використанням варіаційної геометрії з асоціативними зв'язками, як розвитку параметричного геометричного моделювання;
- поширення асоціативних зв'язків на всі рівні проєкту, включаючи складальні одиниці, розрахункові модулі системи, технологічну підготовку виробництва;
- забезпечення горизонтальної й вертикальної інтеграції й збалансованості модулів у рамках єдиної системи;
- наявність засобів підтримки паралельного проєктування й методів колективної роботи.

Традиційні CAD/CAM системи здатні допомогти інженерові лише одержати керівний документ і керуючу програму для верстатів із ЧПУ. Для розв'язання завдань конструювання й технологічного проєктування необхідні нові інструментальні середовища й методи, здатні ефективно вирішувати як геометричні, так і технологічні завдання.

У виробництві використовуються технології, в основі яких лежать різні фізичні процеси: механообробка, електроерозійна обробка, лиття металів і пластмас та ін.

CAM-системи виконують синтез технологічних процесів і програм для устаткування із числовим програмним управлінням (ЧПУ), вибір технологічного устаткування, інструмента, оснащення, розрахунків норм часу і т. ін. Модулі системи CAM зазвичай входять до складу розвинених САПР, і тому інтегровані САПР часто називають системами CAE/CAD/CAM/PDM.

5.3.2. Різновиди інтегрованих програмних середовищ

Програмні середовища, за допомогою яких вирішуються завдання технологічної підготовки виробництва (ТПВ), можна об'єднати у дві групи.

До першої з них варто віднести програмні комплекси, спеціально розроблені для виконання всього циклу або окремих процедур технологічної підготовки виробництва.

Серед цієї групи програмного забезпечення можна виділити:

«ADEM», «Artcam», «Edgecam» і деякі розробки російських фірм: «КОМПАС АВТОПРОЕКТ» (Аскон) – проєктування технологічних процесів механообробки, штампування, складання, термообробки;

«Т-FLEX» ТехноПро (Топ Системи) – проєктування технології механообробки, складання, зварювання, пайки, нанесення покриттів, штампування, кування, термообробки;

«СИТЕП МО» (Станкин СОФТ) – механообробка, «СИТЕП ЛШ» – листове штампування;

«TECHCARD» (Интермех) – комплексна система автоматизації технологічної підготовки виробництва;

ТехноПро (Вектор) – універсальна система автоматизації технологічного проєктування;

Sprucam, «СПРУТ–ТП» (Спрут-Технології) – система автоматизованого проєктування технологічних процесів тощо.

Іншу групу програмного забезпечення становлять програмні системи наскрізного проєктування і технологічної підготовки виробництва.

До цієї групи можна віднести такі пакети, як CATIA 5, EUCLID 3, Unigraphics, Pro/ENGINEER, CADD5 5.

Контроль якості керуючих програм виконують спеціальні програми, наприклад, такі, як NC Simul, NC Formater тощо.

Для безпосереднього програмного керування технологічним устаткуванням використовують системи CNC на базі контролерів, 69

Для виконання диспетчерських функцій (збору й обробки даних щодо стану устаткування й технологічних процесів) і розробки програмного забезпечення для вбудованого устаткування до складу АСУТП вводять систему SCADA.

5.3.3. Гетерогенні (неоднорідні) системи CAD/CAE/CAM

Дійсно, у багатьох випадках в експлуатації підприємств перебувають неоднорідні або гетерогенні системи CAD/CAE/CAM. Неоднорідність прикладного програмного забезпечення, реально використовуюваного у виробництві, збільшується гетерогенністю інструментальної бази систем CAD/CAE/CAM, до якої можна віднести системні програмно-апаратні засоби, включаючи засоби організації локальних обчислювальних мереж, і системи керування базами даних.

Неоднорідність забезпечення САПР на виробництві:

- неоднорідність системного й прикладного ПЗ;
- неоднорідність в організації комп'ютерних мереж;
- неоднорідність у застосовуваних СУБД.

Основна проблема, що виникає під час використання в одному проєкті різних систем, полягає в переносі з однієї системи в іншу геометричних моделей сконструйованих деталей і вузлів (проблема обміну даними). Саме тому необхідно забезпечити адекватність опису геометричних моделей із заданою точністю в різних системах.

Шляхи вирішення цієї проблеми:

– як правило, для рішення цього завдання використовується перетворення внутрішнього представлення геометричної моделі у формат одного з розповсюджених графічних стандартів (ICES, VDAFS, STEP, DXF і ін.), однак при цьому не вдається досить повно погодити графічні можливості системи-джерела й системи-приймача геометричної моделі.

– використання модулів (конвертерів) прямого зв'язку між відомими системами CAD/CAE/CAM, наприклад, CATIA–CADDs, CADDs–CATIA; використання прямих трансляторів дозволяє більш повно використовувати графічні можливості систем.

Рекомендації:

У цих умовах, для вітчизняних підприємств, виявляється більш простим перехід відразу до єдиної базової системи масштабу підприємства для інформатизації всього виробничого процесу на сучасному рівні. Оскільки перехід до повної інформатизації виробничого процесу пов'язаний з більшими матеріальними й тимчасовими витратами, дуже важливо правильно зробити вибір базової CAD/CAE/CAM системи у якості єдиної для підприємства і партнерів.

5.4. Спеціалізовані програмні системи

Спеціалізовані програмні системи – можуть використовуватися як автономні самостійні системи, так і включатися до складу універсальних систем.

Їх можна розподілити залежно від області застосування й розв'язуваних завдань.

5.4.1. Програми для графічного ядра системи

ЯДРО – це бібліотека основних математичних функцій CAD-системи, яка визначає й зберігає 3D-форми очікуючи команди користувача. Наразі існують три типи ядер геометричного моделювання: ліцензовані, окремі й доступні у вихідному коді.

Уніфіковані ліцензовані графічні ядра, застосовувані більш ніж в одній САПР:

– **Parasolid** фірми EDS Unigraphics.

Parasolid – це найшвидше ядро, доступне для ліцензування, розроблене UGS. Parasolid забезпечує технологію для твердотілого моделювання, узагальненого ніздрюватого моделювання, інтегрованих поверхонь вільної форми й листового моделювання. Вони були піонерами прямого моделювання, яке дозволяло користувачам інтуїтивно модифікувати непараметризовані моделі, начебто вони мають параметри. Останні версії Parasolid сфокусовані на розширенні екстремального моделювання в найбільш технічно складних областях.

– **ACIS** фірми Intergraph.

ACIS це об'єктно-орієнтована C++ геометрична бібліотека яка складається з більш ніж 50 Dll-файлів і включає каркасні структури, поверхні й твердотільне моделювання. Воно дає розроблювачам програм багатий вибір геометричних операцій для конструювання й маніпулювання складними моделями і так само повний набір бульових операцій. Його математичний інтерфейс Laws Symbolic i, заснована на NURBS деформаціях, дозволяють інтегрувати поверхневе й твердотільне моделювання. Ядро ACIS здійснює вивід у формат файлів SAT, який може читати будь-яка підтримуюча ACIS програма.

5.4.2. Системи для функціонального моделювання

Ці системи використовуються для аналізу й оцінки функціональних властивостей проєктованих об'єктів на різних рівнях їх фізичного представлення. Системи відрізняються високою складністю й вартістю, охоплюють широке коло завдань моделювання технічних об'єктів.

Найпоширеніші системи для моделювання на розподіленому рівні, що використовують метод кінцевих елементів (МКЕ). Серед них відомі такі універсальні системи, як Nastran, Nisa II, Patran, Ansys та інші, які дозволяють виконувати різні види аналізу на розподіленому рівні. Спеціалізовані системи МКЕ орієнтовані на конкретні види аналізу.

Для моделювання кінематики й динаміки механізмів використовуються пакети ADAMS, DADS і інші. Моделювання технічних об'єктів різної фізичної природи на зосередженому рівні зазвичай проводять із використанням пакета SABER.

5.4.3. Системи для підготовки керуючих програм

Системи для підготовки керуючих програм для технологічного устаткування із ЧПУ, як правило, мають власний, досить розвинутий

графічний редактор, який дозволяє на основі креслення деталі створювати її геометричну модель, яка потім використовується для генерації управляючої програми.

Прикладів таких програм для ПЕОМ і робочих станцій досить багато, до найбільш відомих можна віднести наступні: Smartcam, PEPS, DUCT тощо. Часто вони спеціалізуються на конкретних видах механообробки або мають набір спеціалізованих модулів.

5.5. Інженерний аналіз у машинобудуванні. CAE-системи

Розвиток засобів обчислювальної техніки стимулював поширення інженерного аналізу практично на всі етапи проектування як окремих деталей, вузлів і агрегатів, так і виробів загалом.

У процесі виконання інженерних розрахунків зазвичай використовують автоматизовані системи, що утворюють окремий клас CAE-систем (NASTRAN, LS DINA, ANSYS, PAM CRASH, PAM SAFE, STRESS LAB, PAM STAMP, PAM FLOW, MOLD FLOW тощо).

Особливості підготовки виробництва наукомісткої техніки, що обумовлюють появу й розвиток класу програм CAE:

- різноманіття фізичних процесів у наукомістких виробках;
- суб'єктивність у постановці завдань аналізу;
- особливості в підходах до ідеалізації процесів, що протікають;
- особливості у виборі методів рішення тощо.

Зазначені особливості призвели до створення багатьох спеціальних методик, алгоритмів і програм, призначених для розв'язання завдань аналізу машинобудівних виробів.

Можна умовно виділити чотири основні групи програм аналізу:

Програмні системи проектування

Перша група програм – програмні системи проектування, які органічно поєднують процеси конструювання і аналізу в єдиному комплексі.

До програмних систем відносяться системи CATIA, EUCLID, UNIGRAPHICS тощо.

Характерні риси:

Під час їхнього використання не виникають труднощі зі створенням складної й математично точної моделі виробу, тому що тільки ці системи мають надпотужні засоби геометричного моделювання.

Організація обміну між підсистемами конструювання й аналізу також непомітна для користувача – обидві підсистеми оперують однією базою даних або мають внутрішні її формати.

Склад різних видів аналізу обмежений порівняно зі складом універсальних програм і здебільшого призначений для рішення таких завдань, як:

- структурний аналіз;
- лінійний статичний аналіз;
- модальний аналіз;
- аналіз (поздовжніх) деформацій;
- тепловий аналіз;
- аналіз стійкості (електропровідність, лінійна конвекція) тощо.

5.5.1. Універсальні програми аналізу

У другу групу програм входять універсальні програми аналізу машинобудівних виробів.

Лідерами в області розробки, поставки й супроводу цих програм є ANSYS, Inc. (США), SAMTECH (Бельгія), MacNeal Schwendler Corporation (MSC) (США). У 1970-ті рр. одним із провідних методів комп'ютерного моделювання став метод кінцево-елементного аналізу. Завдяки розробкам цих і багатьох інших фірм, інженерний аналіз став практично повсюдним і поступово переріс у потужний напрям, що одержав своє втілення в системах автоматизованого аналізу (CAE).

Характерні риси:

В універсальні програми аналізу включені власні засоби побудови геометричної моделі виробу. Однак можливості геометричного моделювання цих пакетів набагато слабкіші порівняно з програмними системами проєктування, тому що з їхньою допомогою можуть вирішуватися завдання твердотілого моделювання порівняно простих форм.

Усі універсальні програми аналізу мають стандартні формати обміну графічною інформацією з пакетами конструювання. За необхідності геометрична модель проєктованого виробу може бути попередньо створена на етапі конструювання в CAD-системі.

Універсальні програми використовуються у процесі проєктування виробів машинобудування, суднобудування, аерокосмічної й електротехнічної галузей для рішення таких специфічних завдань, як:

- нелінійний теплообмін (з перехідним або стаціонарним режимом);
- структурна оптимізація, аналіз пружних механізмів;
- руйнування металу від втоми;

- аналіз явищ в'язкої пластичності тощо.

Багатоцільова спрямованість цих програм дає можливість застосувати їх для розв'язання навіть таких змішаних завдань, як:

- аналіз міцності під час теплового навантаження;
- вплив магнітних полів на міцність конструкції;
- тепломасоперенесення в електромагнітному полі;
- розв'язання завдань аерогідрогазодинаміки.

Програми дозволяють враховувати різноманітні конструктивні нелінійності, наявність великих деформацій тощо.

5.5.2. Спеціалізовані програми аналізу

Третю групу програм складають численні спеціалізовані програми, які виконують моделювання окремих операцій, розв'язують специфічні завдання окремих технологій.

До них можна віднести:

- пакет MSC. Superforge (фірма MSC) – призначений для об'ємного моделювання процесів штампування й кування; результати аналізу можуть бути використані для проектування оснащення й технологічних процесів;

- визнаними лідерами в області моделювання процесів штампування й кування також є американська компанія SFTC (система DEFORM), французька компанія TRANVALOR (система FORGE) і російська фірма «Квантор-Софт».

В області розробки програмних середовищ інженерного аналізу значні результати отримані російськими фірмами. Наведемо приклади пакетів, фірм і перелік основних завдань, розв'язуваних за їхньою допомогою:

- «ИСПА» (АЛЕКСОФТ) – розрахунки й аналіз на міцність;
- «ПОЛИГОН» (ЦНИИ матеріалів) – система моделювання ливарних, гідродинамічних, теплових і усадних процесів у SD-постановці;
- «РИМАН» (ПроПроГруппа) – розрахунки й аналіз напружено-деформованого стану конструкцій, розв'язання пружних і пластичних завдань, у тому числі штампування та ударних напружень;
- «АРМ» Winmachine (НТЦ АПМ) – комплекс програм для проектування й розрахунків деталей машин, аналізу напружено-деформованого стану конструкцій та їх елементів;
- «ДИАНА» (НИЦ АСК) – аналіз конструкцій та їх елементів;
- Gasdynamics Tool (Тульський державний університет) – моделювання газодинамічних процесів тощо.

Приклади розв'язуваних завдань:

- об'ємне моделювання процесів штампування й кування;
- розрахунки й аналіз на міцність;
- гідродинамічні, теплові і усадні процеси у заготівельному виробництві;
- аналіз напружено-деформованого стану конструкцій;
- розв'язання пружних і пластичних завдань і аналіз ударних напружень у процесах штампування;
- проектування й розрахунків деталей машин і механізмів;
- моделювання газодинамічних процесів.

Недоліки:

На жаль, деякі з перерахованих пакетів не мають стандартних інтерфейсів і їхнє використання в наскрізних процесах проектування проблематичне.

5.5.3. Програми аналізу систем керування

Для дослідження динамічних процесів, що відбуваються у системах автоматичного регулювання й керування, а також для рішення інших завдань аналізу, імітаційного моделювання, прогнозування, аналізу випадкових процесів широке застосування знаходять спеціальні програмні комплекси MATRIX, Matlab Simulink, Vissim, Labview, EASY5, MBTU, які становлять четверту групу програм.

5.6. Програмно-технічні комплекси у виробництві

У виробничій сфері зростає значимість наступних факторів:

- технологічних баз знань, які є об'єднанням банків даних і процедур формування технологічних рішень, які дозволяють враховувати усталені технологічні традиції, накопичувати інженерний досвід, зберігати особливості індивідуальних стратегій проектування і повинні бути основою для прийняття рішень;
- інтегруючого інформаційного середовища завдяки колективному використанню відомостей і погодженому розв'язанню окремих завдань мають забезпечити створення виробів у встановлений термін і з мінімальними витратами;
- імітаційному моделюванню, застосування якого у процесі проектування для оперативної оцінки рішень, дозволяє виключити невиправдані витрати й втрати часу, пов'язані з прийняттям помилкових рішень.

Методичне й інформаційне забезпечення системи технологічного проектування, використовуване в цьому випадку, повинне адаптуватися до виробів, як до об'єкта проектування, з урахуванням їх функціональних характеристик і параметрів, які зазнають впливу різних факторів і змін зовнішніх умов.

Конкретні програмно-технічні комплекси підготовки виробництва можуть вводитися в експлуатацію або в рамках глобального проекту інформатизації виробів та автоматизації процесів конструювання й технологічної підготовки виробництва на основі відпрацьованої конфігурації системи, або окремих замовлень для рішення тих чи інших локальних конструкторсько-технологічних завдань. У кожному разі програма введення в експлуатацію конкретних систем логічно розпадається на два принципові рівні.

1. Базуються на робочих станціях під OS UNIX (Sun Microsystems), які й використовують технологію електронного визначення виробу. До них відносяться універсальні повномасштабні CAD/CAE/CAM системи, призначені для комплексної автоматизації процесів конструювання й технологічної підготовки виробництва, які й включають до свого складу широкий набір модулів різного функціонального призначення (CADD5 5, IDEAS, Pro/ENGINEER тощо).

2. Системи для виробів і процесів середнього рівня складності, що базуються на персональних комп'ютерах під MS DOS/Windows або дешевих робочих станціях. Вони можуть використовуватися як автономні самостійні системи, так і включатися до складу повномасштабних CAD/CAE/CAM систем. До них належать спеціалізовані програмні комплекси й CAD/CAM системи середнього рівня. (Inventor, AutoCAD, T-Flex, Topcad, Credo, PEPS тощо)

Введення в експлуатацію систем 2-го рівня може розглядатися здебільшого як дешевий варіант інформатизації підприємства на початковому етапі створення комп'ютеризованого виробництва. Для інтеграції систем першого й другого рівнів у комп'ютеризоване виробництво складної техніки необхідно застосовувати корпоративну інформаційну систему керування діяльністю усього підприємства, яка включає систему керування електронними даними проєктів PDM.

Комплексне розв'язання завдань проектування доцільно здійснювати засобами інтегрованих систем автоматизованого проектування й автоматизованих систем технологічної підготовки виробництва, які використовують типові методи й засоби для розв'язання завдань конструювання й технологічної підготовки виробництва.

5.7. Аналіз великих складань

У підрозділі 5.6 розглядалися питання розробки геометричної моделі окремої деталі. Групу деталей можна логічно об'єднати у вузол або складальну одиницю. Логічне об'єднання варто розуміти як можливість виконання операції над групою деталей «складанням» так само, як і над однією деталлю, без об'єднання їх у єдине складене тіло. Частину складальних одиниць також можна логічно об'єднати в агрегат, а агрегати – у виріб.

«Великі складання» – об'ємні геометричні моделі складних виробів, у яких може поєднуватися декілька десятків тисяч елементів (наприклад верстата, літального апарата, автомобіля тощо). Такі моделі вимагають значних ресурсів комп'ютера.

Підсистеми аналізу «великих складань» – передбачені у розвинених системах САПР вищого рівня, являють собою спеціальні додатки візуалізації й аналізу складних виробів. Ці середовища дозволяють використовувати математично точні моделі виробу, спрощуючи їх представлення в структурі даних. У результаті створюється новий геометричний об'єкт – «велике складання», який може бути використаний для зміни його конструкції.

Основна перевага підсистеми – автоматичний оптимальний розподіл ресурсів обчислювальної системи, затрачених на обробку проєкту.

Прийоми редагування складань:

- топологічні операції;
- просторове компонування виробу, формування «дерева» складання (послідовності);
- перевірка зв'язності складання;
- визначення параметрів і характеристик (обсяг, центр мас, щільність, моменти й тензори інерції тощо);
- кінематичний, динамічний контроль складання.

Підсистема динамічного контролю складання складних виробів – спеціалізоване середовище в комплексних системах наскрізного проєктування. Вона дозволяє наочно представити просторове компонування усіх елементів «великого складання»; у режимі анімації є можливість простежити його послідовність, оцінити колізії й переміщення усіх деталей механізмів.

5.8. Оформлення конструкторської документації. Документообіг

Швидке зростання числа розв'язуваних за допомогою комп'ютерів завдань обумовило стрибкоподібне збільшення кількості електронних документів. Чим більше документів, тим складніше згадати, де знаходиться необхідне креслення і чи є воно взагалі.

Важливим класом об'єктно-орієнтованих систем є системи засновані на мережних технологіях, які забезпечують спільний доступ до документів, ведення проєктів і систем керування виробництвом.

Підсистеми підготовки документації:

- засоби розробки конструкторських креслень;
- засоби підготовки супровідної документації.

Системи документообігу, як правило, є невід'ємною частиною універсальних CAD/CAM/CAE систем, однак їх можна використовувати автономно. У концепції CALS-технологій разом з тривимірною геометричною моделлю виробу, конструкторська документація являє собою іншу складову інтегрованої комп'ютерної моделі цього виробу.

Нова тенденція під час наскрізного інформаційного супроводу виробів – втрата кресленням головного місця (значимості), як проміжного інтерфейсу в ланцюжку «конструктор – виробництво».

У програмних комплексах середнього рівня та системах вищого рівня, які реалізують об'ємне моделювання, є всі необхідні засоби розробки конструкторської документації.

В умовах застосування наскрізних комп'ютерних технологій, коли інформація з комп'ютера передається безпосередньо на верстат локальною мережею, креслення втрачають те провідне положення, яке вони займали у традиційному конструюванні. Однак в усіх програмних пакетах є засоби розробки креслень, а в окремих – засоби підготовки необхідної документації. У багатьох випадках на підприємствах продовжують підготовку креслень з різних причин.

Необхідність креслень обумовлюється:

- створенням додаткового архіву на паперових носіях;
- передачею конструкторської документації підприємствам-суміжникам, де комп'ютерні технології застосовуються обмежено;
- забезпеченням робітників наочними матеріалами, які дозволяють виконувати візуальний контроль процесу виготовлення виробу.

Підсистема підготовки конструкторської документації – спеціалізоване середовище, призначене для створення креслень, їх редагування, а також для одержання різних видів специфікацій у ручному або в автоматизованому режимі.

5.8.1. Етапи створення креслення

Для автоматичного створення креслення необхідна тривимірна модель (деталі або складання), яка містить усю інформацію про геометрію майбутнього креслення.

Принципових відмінностей у методиці створення креслень однієї деталі або великого складання немає. Просто на одному кресленні будуть посилання відразу на кілька моделей деталей або вузлів.

1. Підготовчий етап – оцінювальний.

На попередньому етапі варто погодити систему координат креслення із системами координат усіх деталей, які будуть на ньому відображені. Це дозволить оцінити його компоновання, габарити й масштаб зображень деталей, їх взаємне розташування відносно одне одного. Необхідні тривимірні розрізи або перетини, як самостійні елементи, теж можуть відображатися на кресленні.

2. Вибір структури креслення.

Структура креслення містить опис формату й виглядів креслення. Вигляди, у яких будуть розташовуватися спроектовані лінії тривимірного об'єкта, розміри й умовні позначки, можуть бути стандартними або нестандартними, раніше створеними користувачем.

Формат креслення забезпечується потрібним стандартом (ISO або ЕСКД) або може створюватися самим користувачем.

У підсумку на екрані монітора з'являться кілька виглядів, до них за необхідності можна:

- додавати інші вигляди, а також редагувати існуючі;
- змінювати їхнє положення на кресленні (переміщення, поворот);
- змінювати їхню кількість;
- змінювати властивості вигляду (масштаб, розміри).

3. Одержання необхідних проєкцій виробу.

На цьому етапі ухвалюється рішення щодо зв'язку креслення з вихідною моделлю (наявність або відсутність асоціативного зв'язку, або його спрямованість). Якщо асоціативний зв'язок зберігається, то після модифікації моделі креслення може бути автоматично відредаговане. У ньому оновляться всі проєкції, пов'язані з моделлю. Якщо зв'язків немає, усі лінії креслення стають самостійними об'єктами й перебудовуються вручну за допомогою функцій редагування плоскої геометрії.

1) далі інструментальними засобами пакета САПР організовується зв'язок документа креслення та геометричної моделі (впровадження, імпорт, посилання, тощо). Бажано виключити дублювання інформації про 3D-моделі;

2) одержання проєкцій основних виглядів об'єкта із класифікацією видимих і невидимих ліній;

3) створення виносних і допоміжних виглядів;

4) в останню чергу оформляються місцеві розрізи.

4. *Оформлення креслення.*

Оформлення креслення починається зі створення осьових ліній. Далі виконується оброзмірювання (оформлювальне). Оформлення позначень допусків і жорсткості тощо. На завершення створюються написи.

5. *Редагування існуючого креслення.*

Якщо між кресленням і вихідними тривимірними моделями існує асоціативний зв'язок через базу даних, тобто проєкції креслення зберігають посилання на відповідні моделі, то у випадку зміни однієї або відразу декількох моделей його редагування може бути виконане у такий спосіб:

а) з бази даних викликаються як креслення, так і модель. Необхідні зміни проводяться в моделі з обов'язковим перерахуванням результатів. У тому ж робочому сеансі відкривається потрібне креслення і старі проєкції моделі змінюються на нові, наприклад, з використанням функції редагування їх параметрів або функції заміни проєктованого об'єкта. Потім нова модель і її відредаговане креслення зберігаються в базі даних;

б) тривимірна модель деталі модифікується й зберігається в базі даних. Можна зберегти колишню версію креслення, обірвавши зв'язки, і створити нову. Надалі, викликаючи з бази даних креслення, що мають посилання на модель, система запропонує вибір між старими версіями і новою. У новій редакції креслення автоматично будуть оновлені всі посилання на змінені моделі.

Варто враховувати, що крім проєкцій на кресленні можуть бути присутніми інші елементи, які ніяк не будуть пов'язані з вихідними моделями. Тому під час редагування креслення необхідне узгодження між новими проєкціями й усіма доданими вручну геометричними елементами й розмірними лініями.

5.9. Інформаційне забезпечення САПР. Структура й база даних

Організація зберігання й доступу до інформації в САПР становлять окрему проблему.

БАЗА ДАНИХ – це вся сукупність інформації щодо об'єкту проєктування. Структура даних являє собою поточну інформацію сеансу роботи. Тимчасова інформація зі структури даних може бути збережена користувачем.

Об'єктами проєктування й зберігання даних є результати окремих їхніх етапів:

- геометричної моделі;
- аналітичних розрахунків;
- технологічних операцій і процесів;
- оснащення тощо.

БАНК ДАНИХ у САПР є важливою обслуговуючою підсистемою, він виконує функції інформаційного забезпечення й має низку особливостей. У ньому зберігаються як деколи змінювані дані (архіви, довідкові дані, типові проєктні розв'язки), так і відомості щодо поточного стану різних версій виконуваних проєктів. Як правило, банк даних працює в багатокористувацькому режимі, з його допомогою здійснюється інформаційний інтерфейс (взаємодія) різних підсистем САПР.

Вимоги до СКБД у САПР:

- забезпечення цілісності даних (їх повноти й вірогідності);
- захист даних від несанкціонованого доступу й від спотворень через збої апаратури;
- зручність користувацького інтерфейсу;
- надання можливості розподіленої обробки в мережах ЕОМ.

5.9.1. Функції конструкторських баз даних

1. Забезпечення паралельно-агрегатного колективного проєктування

База паралельно-агрегатного інжинірингу забезпечує одночасний доступ до структур даних проєкту з робочих місць учасників робіт над ним: дизайнерів, конструкторів виробу, розраховувачів, конструкторів оснащення, технологів. З моменту першого збереження об'єкта в базі даних учасники можуть використовувати у своїй роботі результати проєктування та за необхідності впливати на його процес. Таким чином, узгодження конструкції відбувається паралельно із проєктуванням. Конструктор оснащення також починає свою роботу, не чекаючи закінчення проєктування. Наприклад, як тільки готовий загальний вид деталі, можна вибрати розмір плит пакета прес-форми, визначити тип, гніздовність, ввести за потреби додаткові елементи (рухливі елементи, додаткові плити). Коли буде закінчена конструкція деталі – закінчити проєктування формотворних елементів прес-форми.

2. Формування структури виробу

База даних забезпечує формування структури виробу шляхом організації посилань на раніше створені об'єкти. Наприклад, якщо деталь входить у кілька вузлів, то її модель не розмножується, а формується тільки посилання до неї. За створеними складаннями може бути виконане документування виробів. Причому форми документів (специфікації, відомості матеріалів тощо) можуть бути представлені у тому вигляді, який прийнятий на підприємстві, і/або приведені до форматів, придатних для передачі в інші автоматизовані системи. Створені об'єкти, як самі деталі, так і оснащення, використовуються під час оформлення й випуску конструкторської документації (специфікації).

3. Відстеження коректності внесення змін

У випадку зміни об'єктів система відслідковує посилання в базі даних і інформація оновлюється в складаннях і машинному представленні документів. Якщо внесені зміни не здійсненні (наприклад, унаслідок некоректного використання якої-небудь функції), завжди залишається можливість повернутися до кожної з попередніх версій моделі.

Прикладом СКБД, що враховує вимоги, запропоновані з боку САПР, є система IMAN фірми EDS Unigraphics. Це система керування об'єктно-орієнтованими базами даних, її можна також назвати системою інтеграції даних. Вона виконує функції підсистеми PDM, які є функціями зберігання даних, керування доступом до них, контролю внесених змін, створення специфікацій виробів, інтегрування прикладних підсистем. Усередині IMAN використовується реляційна модель даних, а на інтерфейсному рівні – об'єктно-орієнтована інформаційна модель. Для синхронізації змін передбачається блокування доступу користувачів, якщо із БД уже розпочав роботу якийсь користувач. Іншими відомими прикладами підсистем керування проектними даними можуть служити системи Optegra (фірма Compu-tervision), Euclid Design Manager (Matra Datavision), Propdm у складі САПР Pro/Engineer (PTC), Technodocs (Російська фірма «Известие»).

5.9.2. Структура бази даних

Відзначимо, що в пакетах нижчого й середнього рівнів в основному реалізована файлова структура даних. У пакетах вищого рівня для зберігання й наступної обробки інформації об'єктів проектування використовуються внутрішні або зовнішні бази даних. Їхні структури у системах вищого рівня, та логічна й фізична організація різні.

Структура бази даних включає проєкти, розділені на підпроєкти, доступні різним користувачам, і стандарти, які групують створені стандартні об'єкти.

З'єднання «проєкт-підпроєкт-користувач» – це логічний шлях для доступу до бази даних. У процесі ініціалізації сеансу роботи користувач задає основне з'єднання, визначаючи місце в базі даних, де всі створені в сеансі об'єкти будуть збережені.

Зовнішнє з'єднання – це інші відмінні від основного, тобто активного у цьому сеансі. Об'єкти із зовнішнього з'єднання можуть бути відновлені й розблоковані, але не можуть бути збережені. Об'єкти в базі даних зберігаються під своїм іменем, з номером версії й розширенням. Під час збереження об'єкта після модифікації створюється його нова версія. Потрібну версію завжди можна відновити.

Розширення щодо об'єкта несуть наступну інформацію:

- геометричне зображення;
- дисплейний список (параметри відображення);
- документація (специфікації);
- списки всіх об'єктів, до яких входить цей об'єкт (зворотне посилання);
- пряме посилання на «чужий» об'єкт із зовнішнього з'єднання.

5.9.3. Асоціації й посилання

Посилання – це тільки адреса об'єкта із зовнішнього з'єднання.

Для візуалізації геометричного представлення складання, яке, наприклад, використовує деталі із зовнішніх з'єднань, будуть відновлені представлення кожної деталі з бази даних.

Модифікувати й зберігати такі об'єкти у своєму з'єднанні не можна, оскільки кожен об'єкт у системі унікальний і зберігається в базі даних тільки один раз. Так підтримується асоціативність між об'єктами, їх відображеннями й кресленнями.

Якщо об'єкт збережений у базі даних, з'являється кілька разів у різних позиціях у топологічній операції або складанні, то він зазнає розмноження. У результаті цієї операції в базі даних зберігається посилання на вихідний об'єкт і *матриця перетворень* – координати позицій, параметри переміщень, поворотів та інших трансформацій.

Існують можливості керування цими об'єктами, примусового «розблокування» посилальних кодів тощо.

5.10. Системи колективного ведення проєктів. PDM-системи

Сучасна велика корпорація, як правило, поєднує безліч різних підрозділів, які пред'являють свої унікальні вимоги до виробничого процесу. Два найбільш яскраві приклади – міжнародні організації, у яких повинні дотримуватися правила локальних ринків, і транснаціональні корпорації з різних компаній, які об'єднувалися протягом якогось часу. Такі підприємства не зможуть зберігати конкурентоспроможність без ефективного управління своїми функціонально й географічно розрізненими підрозділами і тими величезними масивами даних, які вони створюють і використовують. Для цього необхідна потужна інформаційна технологія, здатна створити віртуальний інформаційний простір даних про корпоративну продукцію. Така технологія забезпечить динамічний зв'язок усіх даних щодо виробу, що виникають упродовж його життєвого циклу на різних етапах процесу розробки, виробництва, супроводу – аж до утилізації.

За останнє десятиліття програми керування інформацією корпоративного рівня еволюціонували від централізованих систем на мейнфреймах до систем з архітектурою «клієнт/сервер».

Однак, незважаючи на наявність великої комерційної потреби, реалізації подібних систем мали донедавна лише обмежений успіх. Будучи, насправді, зліпком з великих систем епохи «mainframe», реалізації клієнт/серверних технологій продовжують дотримуватися традиції цієї епохи – розробку за методом «зверху-вниз». Отримані в результаті системи з жорстко визначеними внутрішніми зв'язками різко контрастують із вільним потоком поширення інформації й роблять очевидними властиві централізованій архітектурі недоліки. Їх важко розгортати, дорого підтримувати й складно адаптувати до постійних змін вимог корпоративного бізнесу. Такі системи, як правило, залежать від знання приватних інструментальних засобів і ресурсів постачальника. Але головна перешкода для ефективної роботи систем корпоративного рівня – це нав'язування єдиного представлення інформаційних ресурсів, тобто, уніфікованої моделі даних. Хоча така модель може бути розподілена підсистемами підрозділів корпорації, для всіх підсистем вона повинна бути повністю однаковою. У результаті створюється однорідне об'єднане середовище, що ніяк не враховує відмінності розв'язуваних завдань і професійного рівня користувачів у географічно розкиданих підрозділах корпорації, а також постійної зміни вимог і умов ведення бізнесу.

У підсумку безліч PDM (PDM – Product/Project/Process Data Management) – розробок, які дотримувалися традиційних принципів архітектури клієнт/сервер, виявилися не в змозі вийти за рамки наукового проекту відділу інформаційних технологій. Група, зайнята реалізацією системи PDM, звичайно витрачає роки на пошук спроби побудувати загальну модель даних, яка задовольнить усі вимоги всіх підрозділів корпорації. Але ця реалізація так і не доходить до повного завершення, оскільки постійно змінюються й додаються нові правила ведення бізнесу. Користувачі неприпустимо довгий час перебувають у стані очікування прикладної системи для відстеження проєктної інформації про виріб. Окупність таких проєктів виявляється неприйнятно низькою.

Ситуацію кардинальним образом може поліпшити Internet. Java та інші Web-технології вже зарекомендували себе як ефективні інструменти для побудови високо-критичних інформаційних додатків підтримки бізнесу. Рішення на базі Internet здатні успішно поєднувати як різні підрозділи усередині компанії, так і різні компанії в рамках розширеного підприємства. Тому постає питання – чи можна знайти оптимальну комбінацію продуктивності, функціональності й потужних механізмів керування й захисту, необхідних для реальних систем PDM корпоративного рівня, і всіх тих зручностей і переваг, які має Web.

Реальні переваги нового Web-світу зможуть виявити тільки ті додатки, архітектура яких безпосередньо заснована на internet-технологіях. Цей підхід одержав назву Web-орієнтації (Web-centric). Обчислювальна модель Web надає не тільки зовсім іншу технічну інфраструктуру, але й інший концептуальний підхід до побудови великомасштабних інформаційних систем. Рішення на базі Web-технологій, або Web-орієнтовані рішення, забезпечать властиву Internet інтегрованість, масштабованість, простоту у використанні, керованість і гнучкість – і все це буде служити справі керування інформацією щодо корпоративної продукції на всіх стадіях, від створення концепції до списання з виробництва.

Сучасні системи PDM або входять до складу модулів конкретної САПР, або мають самостійне значення й можуть працювати разом з різними САПР. Ці системи «намагаються» охопити досить широке коло завдань комплексного ведення нового виробу на всіх стадіях проектування, але дані системи складні в освоєнні й досить дорогі.

Використання PDM-систем полегшує глобальний доступ до даних і використання їх усюди в будь-який час, підтримує режим паралельної колективної роботи різних груп користувачів і забезпечує керування життєвим циклом виробу, починаючи від концептуальної розробки до введення в експлуатацію.

Упровадження системи PDM створить оптимальне ділове середовище для групової паралельної роботи конструкторів, технологів, керівників та інших виконавців, підкорюючи їх дії заздалегідь відпрацьованим процедурам і забезпечує інформаційне об'єднання із системою керування загальними процесами.

На рівні технологічної підготовки виробництва PDM-системи поєднують технологів і конструкторів засобів технологічного оснащення (ЗТО) єдиним мережевим плануванням, що дозволить формувати й відслідковувати технологічні маршрути, витягаючи з них специфікації щодо необхідних матеріалів, інструментів, оснащення, працезатратах для служб матеріального забезпечення й допоміжних виробництв.

Система PDM реалізує концепцію електронного визначення продукту EPD (Electronic Product Definition). Сутність цієї концепції у тому, що робочі місця виконавців, обов'язково обладнані CAD/ CAM-системами можливо різного типу, але приєднані через відповідні інтерфейси, дають можливість на рівні конструювання планувати хід розробки, бачити структуру виробу всім учасникам процесу і візуалізувати його об'ємну модель.

Результатом цієї роботи є повністю зібраний у віртуальному обсязі на робочій станції головного конструктора електронний прототип виробу, який може й надалі підпадати комп'ютерному аналізу й декомпонуватися для розробки технологічних маршрутів його виготовлення і складання. Система з електронного прототипу виробу автоматично готує специфікації покупних виробів для служб зовнішньої кооперації підприємства.

Призначення PDM-систем – зібрати всю інформацію про виріб в інтегрованій базі даних (БД) і забезпечити спільне використання цієї інформації в процесах проектування, виробництва й експлуатації.

В основі PDM лежить міжнародний стандарт ISO 10303 (STEP), який визначає схему (модель) даних у БД, набір інформаційних об'єктів і їх атрибутів, необхідних для опису виробу. Крім того, стандарт визначає інтерфейс доступу до даних: через програмний інтерфейс (API) або текстовий обмінний файл (роботу з текстовим обмінним файлом STEP (ISO 10303-21) забезпечує більшість сучасних CAD/CAM систем: Autodesk Inventor, CADD5, Unigraphics, CATIA, IDEAS, Euclid, Solidedge тощо).

На стадії проектування база даних використовується для накопичення в стандартизованій формі результатів роботи розроблювачів і обміну інформацією між ними. Підготовлені, перевірені й затверджені відомості використовуються в процесах матеріально-технічного постачання, виробництва й експлуатації виробу.

5.10.1. Склад інформації в системах PDM

Відповідно до вимог стандарту ISO 10303 база даних системи PDM містить інформацію:

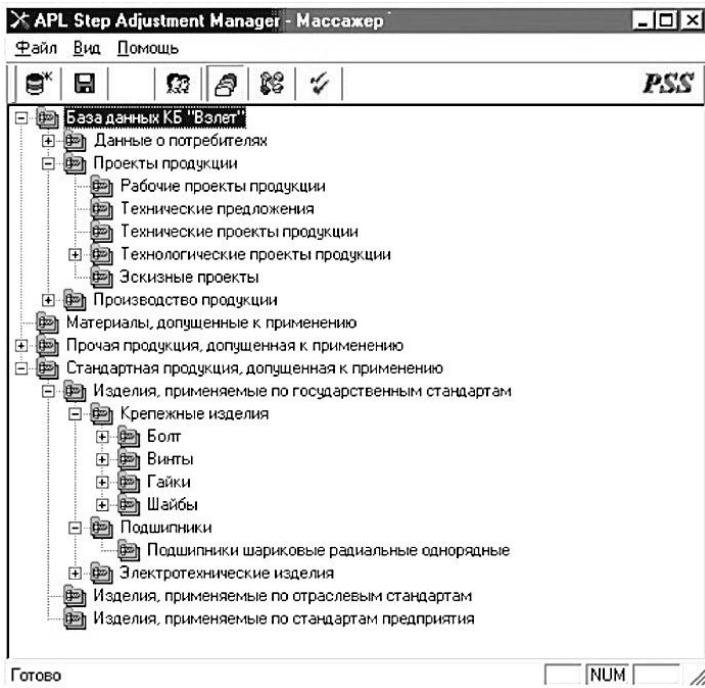
- про структуру і варіанти конфігурації виробів;
- включення компонентів у різні вироби;
- ідентифікаційну інформацію щодо виробу і його компоненти;
- геометричні моделі різних типів;
- електронні зразки паперових документів (креслень);
- інформацію про організаційну структуру підприємства й співпідпорядкованості її елементів, ролі і повноваження людей;
- відомості про процес розробки: виконаних затвердженнях результатів роботи і його змінах.

Крім того база даних може містити асоційовані з елементами виробу документи, а самі елементи мати набір функціональних або технічних характеристик, вимірюваних у різних одиницях.

Інформація може попадати в систему різними способами – вводиться вручну або передаватися автоматизованими системами. Аналогічно може відбуватися добування й використання даних: від діалогового доступу до даних і візуального перегляду – до автоматичного відбору за допомогою прикладних програмних систем у завданнях матеріально-технічного постачання, планування тощо.

Інтегрована база даних призначена для розв'язання різних завдань, пов'язаних з обробкою даних про виріб. Зміст цих завдань і ролі людей при їхньому рішенні припускає безліч точок зору щодо даних й дисциплін доступу до них. Наприклад, з погляду конструктора виріб має кілька варіантів складу (конфігурацій), причому в «конструкторський» склад виробу входять всі компоненти необхідні для його виготовлення. З погляду експлуатації – в склад виробу входять тільки ті елементи, які можна демонтувати для обслуговування або заміни. Службу забезпечення якості продукції й замовників можуть цікавити фізичні параметри конкретного екземпляра виробу. Кожна з груп користувачів працює зі своїми наборами даних, логічно об'єднаними в загальну інтегровану базу даних.

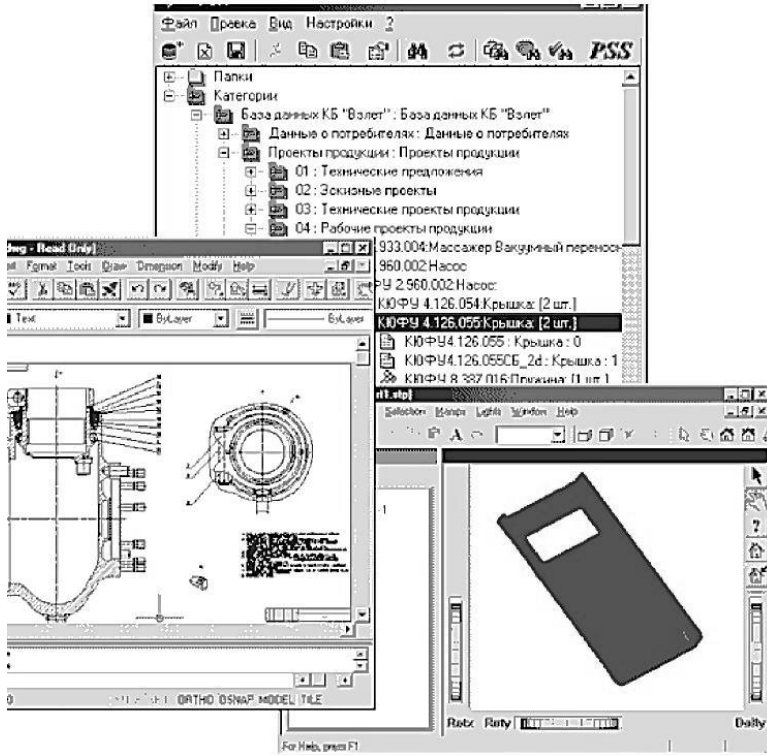
Користувач працює з базою даних, представляючи її собі у вигляді дерева виробу (або пересічного сімейства дерев виробів), гілки якого декомпонуються на складальні вузли, агрегати й окремі деталі. З елементами дерева зв'язані документи, інформація щодо виконаних дій, характеристики.



Одночасно із цим необхідно створити опис організаційної структури, користувачів та їх функції (ролі). Потім – типи даних (елемент структури, документ), можливі стани документів (розроблений, затверджений, скасований), грифи таємності, одиниці виміру й характеристики компонентів.

Введення даних здійснюється шляхом завантаження обмінного файлу із системи CAD/CAM, або в діалоговому режимі: шляхом введення позначень вхідних компонентів, або встановленням посилання на вже наявні в базі даних об'єкти (компоненти). Останнє означає, що багаторазово використовувані об'єкти, наприклад, типові деталі, вузли, агрегати описуються тільки один раз. Такі компоненти доцільно помістити в категорію «... типові рішення» і використовувати на них посилання у процесі створення структури виробу.

До елементів «дерева виробу» приєднуються геометричні моделі (наприклад у форматі STEP), електронні креслення (DWG та ін.) або документи (растрові зображення, текстові документи або файли в інших форматах).



У процесі колективної роботи збережений у базі даних документ, креслення або модель можуть бути взяті для подальшої доробки (створення нової редакції). У цьому разі в базі даних вихідна версія документа «заморожується» і позначається, як така, що перебуває в процесі редагування. Після завершення редагування створюється нова версія і зберігається разом з попередньою. Водночас запам'ятовується порядок створення версій документа, який і створює дерево. Тобто для кожної версії документа можна визначити ту, на основі якої вона була зроблена.

Одна з версій документа є активною, тобто дійсною на цей момент. Під час звернення користувача до документа розглядається саме активна версія. Але завжди можна звернутися до будь-якої конкретної версії документа.

Розроблені моделі, креслення або документи можуть бути затверджені. Інформаційний об'єкт «затвердження» (de facto підпис),

приєднаний до документа, містить відомості про статус затвердження й особу, що його здійснила. Усі версії документів затверджуються окремо. Тобто в ході призначення активної не підписаної версії документа всі підписи втрачають актуальність, у випадку відмови від раніше затвердженої версії всі підписи знову стають дійсними.

Система PDM може зберігати інформацію необхідну для підготовки електронних публікацій (інтерактивних електронних технічних інструкцій на виріб) і взаємодіяти із системою автоматизованої підготовки електронних інструкцій. У цьому випадку забезпечується централізоване керування всіма характеристиками проєкту.

5.11. Стандарти обміну геометричними даними

Важливе значення для забезпечення відкритості САПР, її інтегрованості з іншими автоматизованими системами (АС) мають інтерфейси, що представляються реалізованими в системі форматами міжпрограмних обмінів. Очевидно, що, передусім, необхідно забезпечити зв'язки між САЕ, CAD і САМ-підсистемами.

Різновиди систем за можливостями обміну інформацією:

- замкнені системи – зберігають інформацію у своєму власному внутрішньому форматі, не дозволяють обмінюватися нею з іншими системами;

- системи з текстовими файлами обміну інформацією – зберігають і зчитують інформацію про окремі геометричні примітиви у вигляді масивів цифр, розділених пробілами або комами;

- системи із стандартними засобами обміну інформацією – дозволяють зберігати й зчитувати повну інформацію про створені моделі виробів у спеціальному текстовому або двійковому форматі, який описує всі об'єкти моделі в спеціальних термінах опису графічних примітивів з відповідними їм числовими значеннями; як приклад, можна привести файл обміну інформацією (Data Exchange Format) *.DXF системи AutoCAD, що став стандартом de facto для ПК; найпоширенішими іншими стандартами є STEP, IGES, CADL, AME і деякі інші.

У якості мов – форматів міжпрограмних обмінів – використовуються IGES, DXF, Express (стандарт ISO 10303-11), входить у сукупність стандартів STEP), SAT (формат ядра ACIS) і ін. DXF, STEP, IGES, VDA, SAT, STL, VDAFS.

Найбільш перспективними вважаються діалекти мови Express, що пояснюється загальним характером стандартів STEP, їхньою

спрямованістю на різні додатки, а також на використання в сучасних розподілених проектних і виробничих системах.

Дійсно, такі формати, як IGES або DXF, описують тільки геометрію об'єктів, тоді як в обмінах між різними САПР і їх підсистемами фігурують інформації щодо різних властивостей й атрибутів виробів.

Мова Express використовується в багатьох системах інтерфейсу між CAD/CAM-системами. Зокрема, у систему CAD++ STEP включене середовище SDAI (Standard Data Access Interface), у якій можливе представлення інформації про об'єкти з різних систем CAD і додатків (але описаних за правилами мови Express). CAD++ STEP забезпечує доступ до баз даних більшості відомих САПР із представлення інформації, яка витягується, у вигляді STEP-файлів. Інтерфейс програміста дозволяє відкривати й закривати файли проектів у базах даних, робити читання й запис сутностей. У якості об'єктів можуть використовуватися точки, криві, поверхні, текст, приклади проектних рішень, розміри, зв'язки, типові зображення, комплекси даних тощо.

IGES, найпоширеніший формат обміну між системами об'ємного моделювання;

X_T, формат для обміну із системами об'ємного моделювання, які використовують геометричне ядро Parasolid;

SAT, формат для обміну із системами об'ємного моделювання, які використовують геометричне ядро ACIS;

STL, формат для обміну із системами швидкого прототипування (стереолітографічними системами);

DXF, для обміну даними з різними креслярсько-графічними системами;

DWG, для обміну даними з AutoCAD;

VRML, для обміну даними проектування через internet.

Розділ 6.

Початок роботи над завданнями курсу «Технології комп'ютерного проєктування»

Практичні роботи з курсу «Технології комп'ютерного проєктування» ми будемо виконувати в Autodesk AutoCAD і Autodesk Inventor версій 2019 і вище (далі AutoCAD і Inventor). Ми виконаємо 11+ практичних завдань. «+» вказує на те, що вузол, для якого ми будемо створювати моделі, може мати трохи більше 5 деталей. У таблиці 1 перераховано завдання і бали, які за них можна отримати.

Таблиця 1

Розподіл балів оцінки роботи студентів з дисципліни
«Технології комп'ютерного проєктування»

№ з/п	За що нараховуються бали	К-ть балів
1	Завд_1. «Автоматизація обробки паперових джерел»	5
2	Завд_2. «Групова робота над одним проєктом»	5
3	Завд_3. «Побудова тривимірної моделі деталі та її креслення в AutoCAD»	5
4	Завд_5. «Побудова тривимірної моделі деталі в Inventor та її креслення в AutoCAD»	5
5	Завд_6-10. «Побудова тривимірних моделей деталей вузла в Autodesk Inventor»	30
6	Завд_11. «Створення моделі вузла з моделей деталей і складального креслення з неї»	10
7	Активність на лекціях і на практичних заняттях	10
8	Залік	30
9	Усього	100

Перші три завдання будемо виконувати в AutoCAD, а всі інші – в Inventor. Такий вибір тем пояснюється намаганням висвітлити основні моменти автоматизації вибраних САПР: вставлення растру і робота з ним, зовнішнє посилання, створення тривимірних моделей, створення виглядів креслення з моделі, об'єднання моделей деталей в тривимірну модель вузла і створення з неї складального креслення і специфікації. Як варіант, розглянуто виконання моделей і вузла тільки в AutoCAD. Розглянемо процеси виконання і відповідні довідкові матеріали.

Розділ 7.

Автоматизація обробки паперових джерел

Величезну кількість проєктів було створено, які й дотепер зберігають на паперових носіях і тільки з кінця минулого століття, з появою САПР, почали створювати і зберігати їх на електронних носіях в растровому і векторному форматі. Для використання інформації на паперових носіях її потрібно перевести в електронний формат – оцифрувати. Найпростіший шлях – відсканувати і обробити растр, а потім векторизувати за допомогою спеціального програмного забезпечення чи вручну, повністю або частково, для зберігання або модернізації креслення. Особливо це стосується картографічного матеріалу.

Сканування карти чи креслення – це поширена процедура і не викликає серйозних проблем, але варто розуміти, що, практично, завжди під час сканування з’являється певне спотворення креслення чи карти через низку факторів. До них можна віднести зношення, короблення чи пошкодження паперу-носія, неточне встановлення носія в сканер, нерівномірне протягування та інше. Використання деформованого растру небажане і навіть шкідливе. Растр потрібно відкорегувати. Корегування растру варто робити в два етапи:

- виставлення (масштабування, поворот (вертикальність, горизонтальність));

- нелінійна корекція (часткове виправлення деформацій).

Вставимо растр. Вкладка **«Вставка»** ► **«Ссылка»** ► **«Приєднати»**.

Вибираємо потрібний растровий файл і відмічаємо потрібні параметри у вікні відкриття файлу (див. рис. 7. 1).

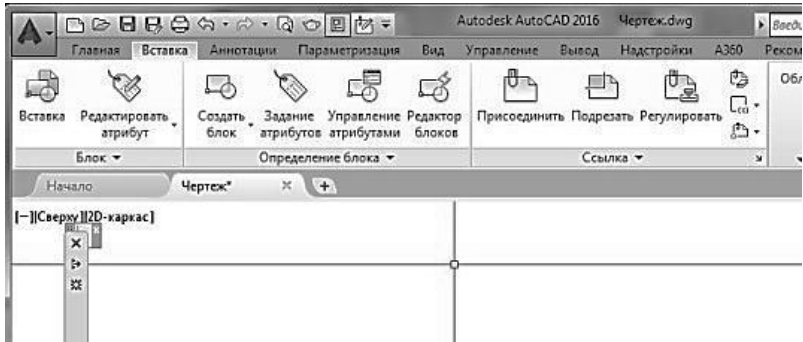


Рис. 7.1. Стрічка меню для прикріплення растру

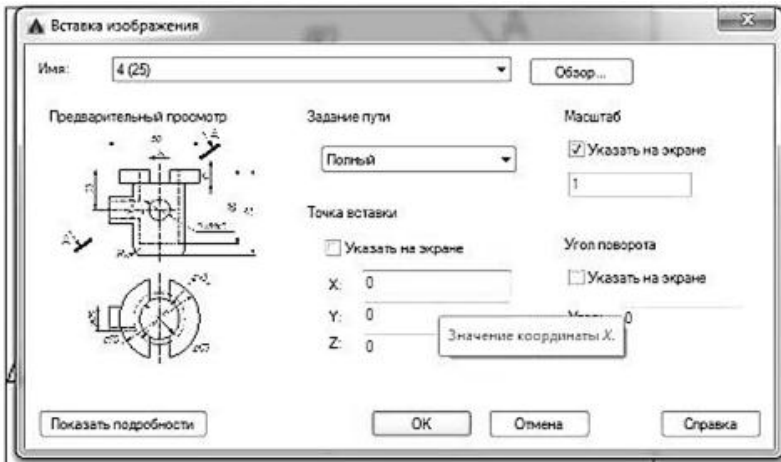


Рис. 7.2. Вікно введення параметрів для вставлення растру

Точку вставлення потрібно вказати: 0, 0, а масштаб зручніше вказувати лівою кнопкою миші, на дисплеї. Більш точно ми будемо корегувати пізніше.

Вигляд вставленого растру показаний на рисунку 7.3. Рамка навколо растру показує межі растру, а вибір растру для роботи виконується шляхом вибору рамки.

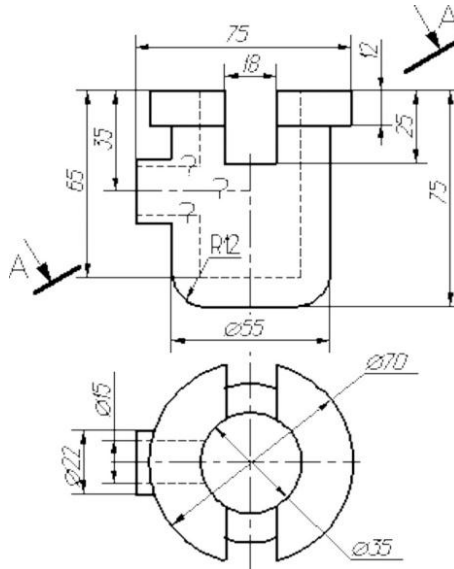


Рис. 7.3. Імпортований растр

Встановимо масштаб 1:1. Для цього переходимо на вкладку «Главная» «Редактирование». Тиснемо іконку «Масштаб». AutoCAD пропонує вибрати об'єкти, для цього наводимо курсор на рамку і тиснемо ліву кнопку миші. Далі потрібно вказати базову точку. У якості базової точки вказуємо на кінець стрілки найбільшого розміру на рисунку.

Далі потрібно вибрати опцію «Опорный отрезок», тиснемо на опцію в командному рядку або введемо з клавіатури букву «O». На запит «Длина опорного отрезка» вказуємо на кінець стрілки (базову точку), а потім на кінець другої стрілки. На запит «Новая длина» вводимо з клавіатури величину розміру, розмірну лінію якого ми використовуємо – «75». У результаті ми отримуємо рисунок з кресленням в натуральну величину. Наступний крок – вирівнювання за горизонталлю (вертикаллю).

На кресленні переважна більшість ліній горизонтальна або вертикальна. Вибираємо найдовшу лінію відповідно. Зручніше всього вибрати розмірну лінію оскільки вона тонка і AutoCAD наносить розмір горизонтальний точно горизонтально. Для цього на стрічці «Редактировать» вибираємо «Повернуть», на запит вибираємо растр, у якості базової точки вказуємо на лівий кінець стрілки розмірної лінії. Вказуємо опцію «Опорный угол», вказуємо на кінець першої стрілки,

потім на кінець другої, а на запит «Новый опорный угол» вводимо з клавіатури: 0. У більшості випадків цього буває достатньо. Якщо носій сильно пошкоджений, то варто виконати точне корегування за допомогою команди «Эластичное преобразование» в AutoCAD MAP 3D (див. рис. 7.4).

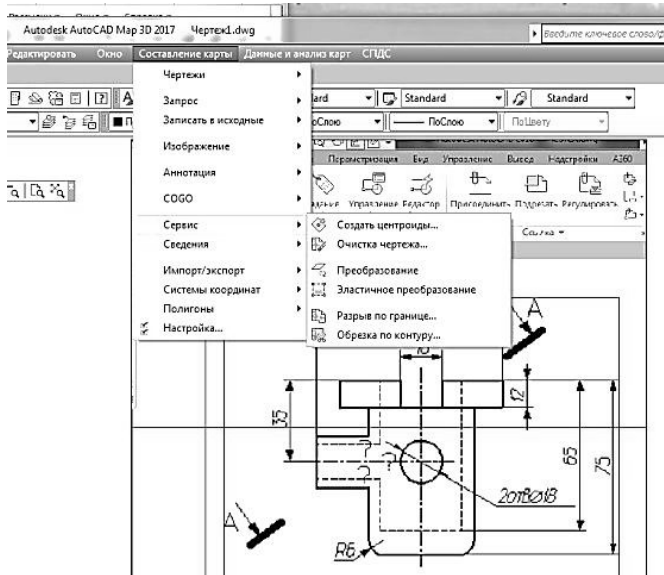


Рис. 7.4. Меню еластичне перетворення в AutoCAD MAP 3D

Єдиною умовою використання є необхідність наявності низки точних точок чи координат і відповідних їм на растрі, що дозволить програмі «розтягувати» растр до суміщення точок на растрі з точними положеннями точок. Базові точки необхідно розташувати по всьому периметру, ближче до контуру, найкраще для цього підходять вузли координатної сітки на карті або форматна рамка креслення (чотири вершини).

Відкорегований растр далі можна використовувати для векторизації усього креслення шляхом обведення поверх растру відповідними лініями або вирізати шматок растру і внести потрібні зміни для редагування у цьому місці старого креслення. Щодо першого завдання, то порібно, використовуючи растр, побудувати дві проєкції з необхідними розрізами та добудувати третій вигляд. Після оформлення креслення заморозити шар з растром.

Розділ 8.

Групова робота над одним проектом

Виконання «Завдання 2» дозволяє проілюструвати можливість працювати кільком спеціалістам над одним проектом. Хорошим інструментом для цього є зовнішні посилання (**Внешняя ссылка**).

8.1. Зовнішні посилання в AutoCAD

Зовнішні посилання в AutoCAD – це можливість вставити креслення інших розробників, які працюють паралельно, у своє креслення у форматі .dwg, причому, без копіювання всіх примітивів. У якості зовнішнього посилання можуть виступати не тільки файли .dwg (див. рис. 8.1).

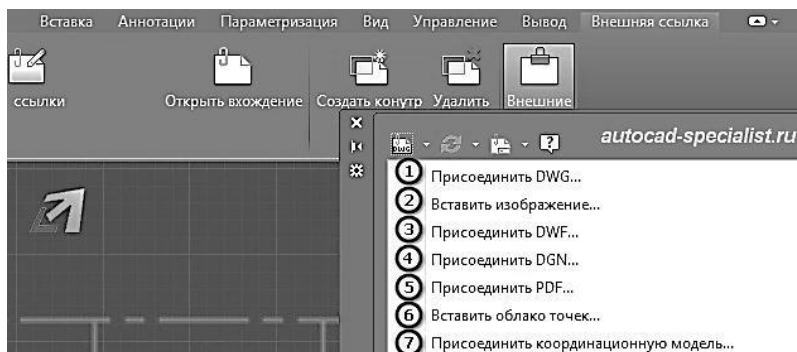


Рис. 8.1. Перелік форматів файлів для зовнішніх посилань

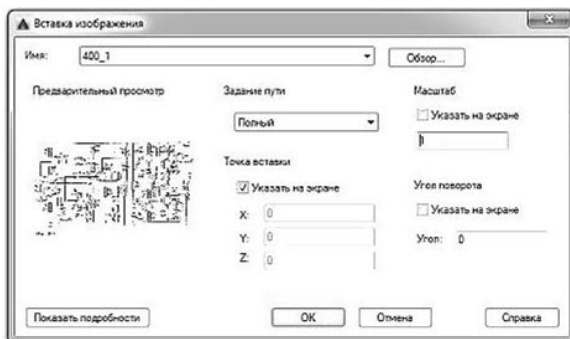
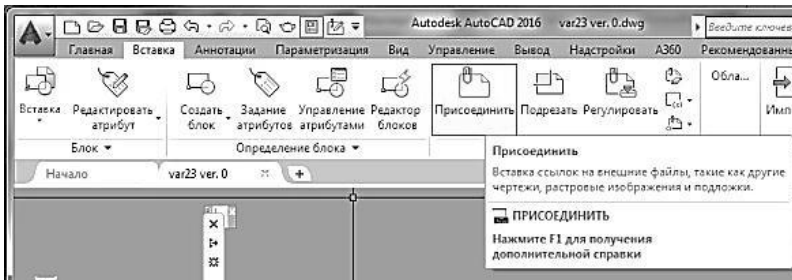
Після вставлення, вміст додаткового файлу-посилання довантажується у ваш файл, але сам файл не зберігається у ньому. Це дає певні переваги:

1. Розмір файлу суттєво не збільшується тому, що креслення зберігає тільки посилання і ті об'єкти і примітиви, які накреслили саме ви.

2. Будь-які зміни, які будуть зроблені в кресленнях, вставлених як посилання AutoCAD, будуть відображатися у вашому кресленні. Після внесення змін і збереження файлу-посилання ви одержите повідомлення. Вам також буде запропоновано оновити креслення, після чого ви побачите всі зміни, які були зроблені у файлі-посиланні. Тому ви не пропустите зміну зовнішніх посилань AutoCAD.

3. Зовнішні посилання AutoCAD – це можливість організувати грамотну розробку складного проекту, в якому кожен підрозділ (окрема людина) відповідає за свою роботу, наприклад відділ архітектури за розробку планування поверху, проектний відділ – за інженерні системи й мережі тощо, але у процесі зберігання і оновлення складного проекту всі зміни відображаються в ньому.

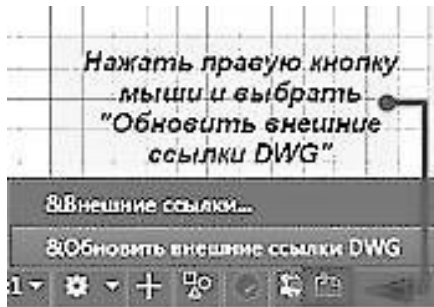
8.1.1. Вставка зовнішнього посилання в AutoCAD



Утілення зовнішніх посилань в AutoCAD здійснюється через команду «**Присоединить**» (вкладка «**Вставка**»).

Після вибору команди потрібно знайти файл, який надалі й буде виступати як зовнішнє посилання. Після цього відкриться діалогове вікно вставки вашого креслення. Тут можна налаштувати масштаб, кут повороту і вказати точку вставки, а також одиниці виміру вставленого креслення. Існує два типи посилань:

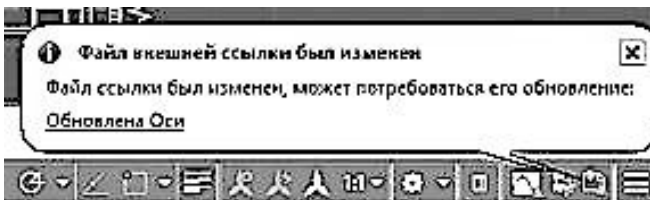
1. «**Вставленная – внешняя ссылка**» сама може мати зовнішні посилання, причому необмежене число разів і з різним масштабним коефіцієнтом. Графічно це все відображається на всіх кресленнях.



2. «**Наложенная**» – під час накладення зовнішнього посилання у вашому файлі будуть відображати графічно всі об'єкти впровадженого файлу, а за подальшого використання вже вашого креслення, зовнішнім посиланням не будуть (тобто, втілюються у ваше креслення).

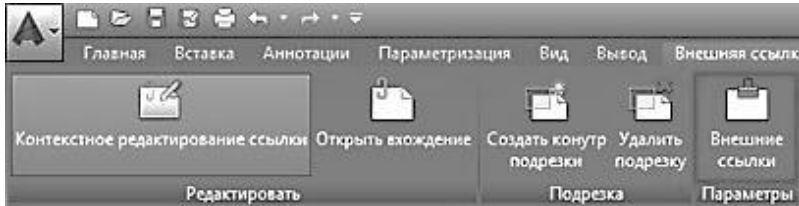
Також зверніть увагу на те, що шлях до креслення може бути повний, відносний або не заданий. Більш докладно про це можна прочитати в довідці AutoCAD (гаряча клавіша F1), якщо ввести запит у пошуковик «*Настройка путей для ссылочных чертежей*».

Як правило, у процесі внесення змін у зовнішніх посиланнях, тобто в кресленнях, які прикріплені до вашого файлу, у вас з'являється відповідне повідомлення в правому нижньому куті:



Примусове відновлення також можна виконати в рядку стану: зовнішні посилання AutoCAD.

Для видалення зовнішніх посилань в AutoCAD із креслення потрібно викликати палітру «**Внешние ссылки**».



Для цього графічно виділіть об'єкти, які є посиланнями. Стане доступна вкладка «**Внешние ссылки**», на якій потрібно вибрати відповідну команду і вилучити зовнішні посилання.



Палітру також можна відкрити натиснувши двічі на похиленій стрілочці праворуч-вниз на панелі «Ссылка» або в рядку стану на іконку диспетчера зовнішніх посилань.

У результаті відкриється палітра, у якій треба вибрати файл-посилання, натиснути праву кнопку миші на ньому та зі списку вибрати «**Удалить**». Якщо ця опція не доступна, то цей файл використовується як зовнішнє посилання в іншому кресленні, яке, так само є зовнішнім посиланням у вашому файлі.

8.2. Взаємодія зовнішніх посилань і шарів в AutoCAD

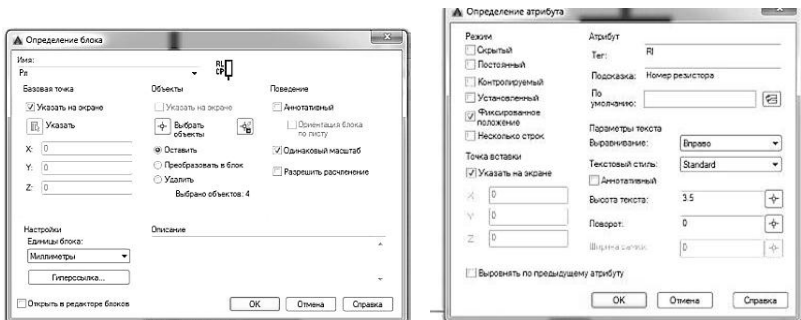
Окремої уваги заслуговують шари у файлі із зовнішніми посиланнями. Вони переносяться у ваш файл і з ними можна

працювати у звичному режимі. Єдина відмінність – це позначення таких шарів, яке складається з назви файлу-посилання і назви шару. Шари, які залежать від зовнішніх посилань видалити не можна, а якщо потрібно – редагуйте їх у файлі, на який посилаєтесь.

8.3. Виконання завдання 2

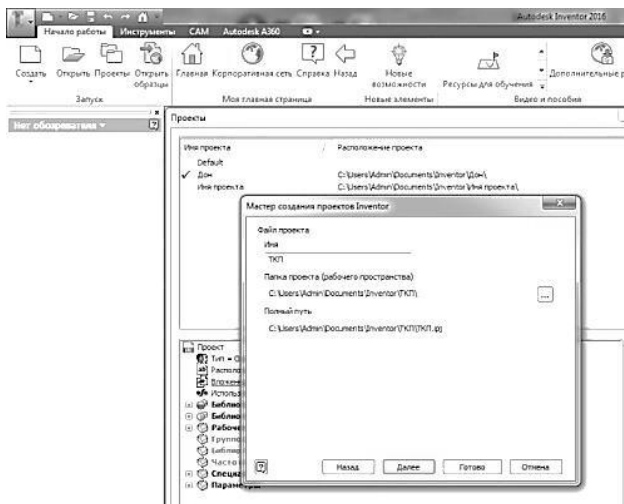
У електронному варіанті книги «Радиолобительские схемы. djvu» [14] на радіоелектронну схему, яку вам вказав викладач (схема видається на двох студентів), тиснете правою клавішею на схему, вибираєте із контекстного меню «Експорт сторінки» і зберігаєте у своїй папці. Відкриваєте графічний редактор роботи з растрами і вирізаєте електронну схему. У паперовому варіанті – скануєте потрібну сторінку і в графічному редакторі обрізаєте повздовж контуру схеми. Далі вставляєте її в креслення (див. попереднє завдання). Масштабуєте і вирівнюєте за розміром резистора (див. методичні вказівки «КРЕСЛЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ» [13], розміри резистора 10x4 мм). Цей файл зберігаєте в папці (назва складається з прізвищ обох студентів) Work_project, щоб зручніше було посилатися. З цим файлом буде працювати перший студент. Назва файлу – його прізвище. Другий студент створює новий файл зі своїм прізвищем і формує зовнішнє посилання на файл першого. Працюють обидва над створенням схеми, кожен над своєю половиною. Перш ніж створювати посилання варто в першому файлі створити блоки для елементів схеми.

8.4. Створення блоків для елементів схеми



Блок – це креслення, яке часто повторюється і має смислове та функціональне значення, яке засобами AutoCAD об'єднується в один примітив і може бути багаторазово вставлене в поточне креслення. З нього може бути створений глобальний блок, який можна вставляти у яке завгодно креслення в будь-який час. Для створення блоку потрібно побудувати креслення потрібного об'єкту, наприклад резистора з шириною лінії – 0.5 мм. Дивимось на схему. Резистори розташовані вертикально, написи складаються з двох частин (вверху номер, внизу опір) і написи або ліворуч, або праворуч. Написи можна виконувати після вставки блоку командою «**Однострочный текст**», але це не зручно і не так красиво. Якщо створити блок з атрибутами, ми отримаємо можливість вставляти блок з вказуванням значень атрибутів. Додамо значення атрибутів до блоку. Для цього відкриємо вікно визначення атрибутів: вкладка «**Вставити**» ► «**Определение блока**» ► «**Задание атрибутов**» і внесемо в потрібні поля назву атрибуту, підказку, вирівнювання тексту (оскільки атрибут буде ліворуч, то потрібне вирівнювання праворуч), висоту тексту.

У нас атрибутів – два, тож для кожного задаємо параметри. Ми будемо створювати два блоки (лівий і правий). Для цього відкриємо вікно створити блок: вкладка «**Вставити**» ► «**Определение блока**» ► «**Создать блок**». Заповнюємо дані і вибираємо резистор і ліві атрибути. У верхній частині вікна бачимо слайд створеного блоку. Аналогічно створюємо блок правого резистора і всіх інших елементів схеми.



Тільки після цього варто робити зовнішнє посилання, оскільки схему будуть робити два розробники, то і всі елементи в обох кресленнях повинні бути однакові. А далі кожен формує схему на своїй половині і у своєму файлі шляхом трасування провідників і вставки блоків. Вибираємо вкладка «Вставка» ► панель «Блок» ► «Вставка» вибираємо за слайдом потрібний блок, з'являється вікно «**Редагування атрибутів**», у ньому заповнюємо поля потрібних атрибутів і натискаємо «Ок». Після вставки усіх блоків доз'єднуємо провідники полілінією такої ж ширини (0.5 мм) і в місцях з'єднання (відповідно до схеми) провідників ставимо жирну крапку (1.5 мм). Дооформлюємо креслення (другого студента) і роздруковуємо з обома прізвищами.

Розділ 9.

Побудова тривимірних об'єктів в AutoCAD

Сучасні САПР орієнтовані на побудову тривимірних твердотільних моделей і подальшу роботу з ними, а, за необхідності, формувати двовимірне креслення і роздруковувати паперову документацію. AutoCAD має кілька методів побудови моделі:

- зі стандартних форм;
- кінематичних методів створення тіл;
- створення поверхонь;
- створення окремих складових моделі на площині XOY з подальшим об'єднанням за допомогою бульових операцій;
- створення базової частини деталі з подальшим послідовним нарощуванням об'ємів шляхом побудови нової системи координат користувача (ПСК) на потрібній грані аж до остаточного створення тривимірної моделі деталі;
- комбіновані, з описаних вище методів;
- об'єднання моделей деталі для побудови вузла.

Розглянемо більш детально кожен з них. AutoCAD має сформовані робочі простори, у яких підібрані інструменти побудови і редагування для 2D та 3D-моделювання.

Для перемикання натискаєте на стрілочку вниз біля іконки зубчатого колеса, відкриваєте список і вибираєте потрібне.

Побудова тривимірних моделей має загальний підхід – умовно розбиваєте деталь на елементарні об'єми. Елементарний об'єм – це така частина деталі, модель якої можна побудувати однією командою. Побудовані елементарні моделі (всі зразу чи послідовно) переносяться і вирівнюються одна відносно другої, а потім об'єднуються чи віднімаються за допомогою бульових операцій.

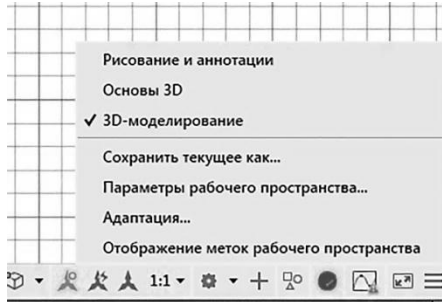


Рис. 9.1. Перемикання робочого простору

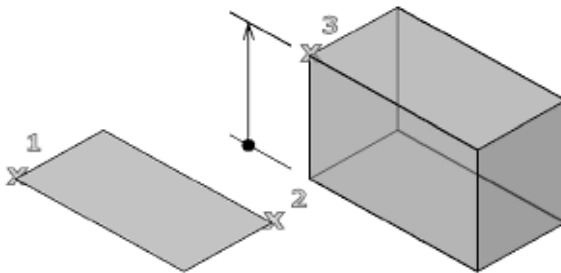
9.1. Побудова моделей стандартних форм

AutoCAD має інструменти побудови моделей семи стандартних форм (див. рис.): паралелепіда, циліндра, конуса, сфери, піраміди, клину і тору. Технологія побудови максимально проста – задавайте відповідні параметри (за запитом у командному рядку) і отримуйте готову модель.



9.1.1. Побудова паралелепіпеда

Паралелепіпед формується шляхом побудови прямокутника (основи) на діагоналі, точніше, вказування першого кута (першої точки діагоналі) і протилежного кута (другої точки діагоналі). Висота задається або числом (позитивним або негативним), або довжиною відрізка (2–3), перша точка, якого є точка 2.



Синтаксис команди: *«Команда: `_box`*

Первый угол или [Центр]:

Другой угол или [Куб/Длина]:

Высота или [2Точки]:»

Опція **«Центр»** використовується тоді, коли є точка, відносно якої буде вирівнюватися паралелепіпед. Вказавши точку центра (фактично середину діагоналі основи) ви відкладаєте половину діагоналі (вказуєте вершину) і від неї – висоту. Опція **«Куб»** дозволяє побудувати паралелепіпед вказуванням відрізка. Проте, якщо всі інші побудови створюють паралелепіпед з горизонтальними і вертикальними сторонами, то куб можна отримати повернутий у відповідності до напрямку вказаної сторони основи. Опція **«Длина»** надає можливість будувати паралелепіпед за розмірами всіх трьох ребер (довжини, ширини і висоти).

9.1.2. Побудова циліндра

Циліндр будується за центром основи, радіусом і висотою.

Синтаксис: *«Команда: `_cylinder`*

Центр основания или [3Т/2Т/ККР/Эллиптический]:

Радиус основания или [Диаметр]:

Высота или [2Точки/Конечная точка оси]».

Опції: «**3Т/2Т/ККР**» – є, фактично, опціями побудови кола: за трьома чи двома точками і за двома дотичними і радіусом. Опція «**Еліптичний**» дозволяє побудувати еліптичний циліндр за побудовою еліпса основи, за двома осями, і висотою.

Якщо проєкція вигляду не ортогональна, то AutoCAD витягує циліндр за курсором, залишається тільки натиснути ліву клавішу миші чи вказати з клавіатури висоту.

9.1.3. Побудова конуса

За замовчуванням, конус будується за радіусом основи і висотою.

Синтаксис: «Команда: *_cone*

Центр основания или [3Т/2Т/ККР/Эллиптический]:

Радиус основания или [Диаметр] <30>:50. 0

Высота или [2Точки/Конечная точка оси/Радиус верхнего основания]: P

Радиус верхнего основания <10>:15. 0

Высота или [2Точки/Конечная точка оси]:40. 0».

Опції: «**3Т/2Т/ККР/Еліптичний**» аналогічні побудові основи циліндра.

Те саме стосується і висоти. А от опція «**Радіус верхнього основи**» дозволяє побудувати зрізаний конус.

9.1.4. Побудова кулі

За замовчуванням, куля будується за центром і радіусом.

Синтаксис: «Команда: *_sphere*

Центр или [3Т/2Т/ККР]:

Радиус или [Диаметр]».

Опції: «**3Т/2Т/ККР**» дозволяють побудувати кулю за колом екватора.

9.1.5. Побудова піраміди

Піраміда будується за кількістю сторін основи і висотою.

Синтаксис: «Команда: *_pyramid*

4 сторон Описанный

Центральная точка основания или [Кромка/Стороны]: C

Число сторон <4>: 5

Центральная точка основания или [Кромка/Стороны]:

Радиус основания или [Вписанный] <50. 0>:48. 0

Высота или [2Точки/Конечная точка оси/Радиус верхнего основания] <70. 0>: P

Радиус верхнего основания <20. 0>:17. 0

Высота или [2Точки/Конечная точка оси]».

Опція: «**Стороны**» задає кількість сторін основи, «**Кромка**» задає метод побудови піраміди за кількістю сторін основи і розміром однієї з них.

Опції: «**Описанный**» чи «**Вписанный**» Задають метод побудови правильного багатокутника основи описаного навколо кола за вказаним радіусом чи вписаним у нього.

9.1.6. Побудова клина

Клин є половина перерізаної уздовж діагоналі бокової грані паралелепіпеда.

Єдиною відмінністю є те, що похила грань будується з першого кута основи, а вертикальна – з другого.

9.1.7. Побудова тора

Тор будується за радіусом центрів твірного кола (яке обертається) і за радіусом самого твірного кола.

Синтаксис: «Команда: *torus*

Центр или [3Т/2Т/ККР]:

Радиус или [Диаметр] <120>:

Радиус полости или [2Точки/Диаметр]».

Опції: *[3Т/2Т/ККР]* і *[2Точки/Диаметр]* дозволяють будувати велике і мале коло за цими опціями.

9.2. Побудова моделі способом видавлювання

Видавлювання – це створення твердотільної моделі або поверхні, яка формується шляхом руху плоского контуру, нормально до нього або за визначеною траєкторією. У якості плоского контуру найбільш вживаними можуть бути: коло, еліпс, прямокутник, правильний багатокутник, область, замкнена полілінія, 3D-грань або замкнений сплайн. Якщо контур замкнений, то формується твердотільна модель, якщо ні, то – поверхня з відкритими основами. Створення моделі виконується шляхом побудови в потрібному місці плоского контуру і видавлювання його на задану відстань нормально або уздовж заздалегідь створеної траєкторії. У якості траєкторії може бути: відрізок лінії, дуга, полілінія або сплайн. Траєкторія не має належати

тій же площині, що й об'єкт, і не повинна мати ділянок великої кривизни чи самоперетинатися. Видавлювання починається від площини об'єкта й зберігає його орієнтацію щодо траєкторії. Якщо в траєкторії є злам, програма виконує видавлювання об'єкта в напрямі кожного сегмента, а потім виконує в місці з'єднання скіс у площині, що ділить навпіл кут між сегментами. Якщо траєкторія замкнена, об'єкт повинен лежати в площині скошування. Тільки в цьому випадку початкове й кінцеве тіла перетину будуть збігатися. Якщо об'єкт не лежить у площині скошування, він буде повертатися допоки не виявиться у площині скошування.

Об'єкти з кількома замкненими контурами видавлюються таким чином, щоб в кінцевому перетині видавленого тіла всі контури належали одній площині.

Траєкторія не має перетинати саму себе.

Керування типом об'єкта (тіло або поверхня), що видавлюється, виконується за допомогою опції «**Режим**».

Синтаксис: «Команда: *extrude*

Текущая плотность каркаса: *ISOLINES=4*, Режим создания замкнутых профилей = Тело

Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]: *_MO* Режим создания замкнутых профилей [Тело/Поверхность] <Тело>: *_SO*

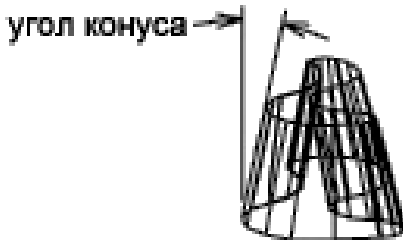
Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]: найдено: 1

Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]:

Высота выдавливания или [Направление/Траектория/Угол конусности/Выражение]».

Опція: «**Направление**» надає можливість вказати напрям видавлювання (вверх чи вниз) відносно площини плоского контуру. Якщо проекція не ортогональна, то рух курсора ініціює моніторинг майбутньої моделі і показує у яку сторону буде виконане видавлювання.

Опція: «**Траектория**» дозволяє вибрати траєкторію для видавлювання уздовж неї.



Опція: **«Угол конусности»** ініціює процес видавлювання із звуженням чи розширюванням. Позитивні величини кута звужують об'єкт, негативні – розширюють його. За замовчуванням кут заданий рівним 0, а 2D об'єкти видавлюються перпендикулярно їх 2D-площини. Розширення й звуження всіх обраних об'єктів і замкнених контурів виконується відповідно одним і тим самим значенням кута конуса. Задавання занадто великих значень кута конусності або глибини видавлювання може призвести до того, що об'єкт звузиться до нуля, не досягнувши заданої висоти.

Окремі замкнені контури області завжди видавлюються на одну глибину.

У процесі конусного видавлювання дуги її центральний кут залишається постійним, а радіус змінюється.

Опція: **«Выражение»** дозволяє вирахувати висоту видавлювання за формулою чи рівнянням, які вводяться у командному рядку або у відкритому для цього вікні.

9.3. Побудова моделі шляхом обертання

Цей спосіб побудови моделі аналогічний видавлюванню, тільки об'єкт обертається навколо вказаної осі або траєкторією його руху є коло або дуга в площині перпендикулярній до об'єкту.

Розімкнуті профілі створюють поверхні, замкнені профілі – тіло або поверхню, залежно від режиму. Траєкторії й криві профілю обертання можуть бути:

- розімкнуті або замкнені;
- плоскі або просторові;
- контурами тіл і поверхонь.

Для обертання чи видавлювання кількох об'єктів перетворить їх у єдиний об'єкт за допомогою команди **«Соединить»**.

Для обертання чи видавлювання кількох областей перетворить їх у єдиний об'єкт за допомогою бульової операції **«Объединение»**.

Грані й кромки вибираються при натиснутій клавіші Ctrl.

Неможливо обертати об'єкти, які знаходяться в блоках, або об'єкти із самоперетинанням. Команда не враховує ширину полілінії й розглядає її як тонку (осьову полілінію).

Позитивний напрямок осі під час вибору об'єкта визначається відстанню точки вибору до кінця об'єкта. Ближчий кінець стає початком.

Позитивний напрямок обертання визначається за правилом правої руки. Для визначення напрямку обертання потрібно умовно взяти вісь у праву руку так, щоб великий палець вказував позитивний напрямок осі, тоді чотири пальці вкажуть позитивний напрямок обертання.

Синтаксис: «Команда: *_revolve*

Текущая плотность каркаса: ISOLINES=4, Режим создания замкнутых профилей = Тело

Выберите объекты для вращения или [РЕжим]: _МО Режим создания замкнутых профилей [Тело/Поверхность] <Тело>: _SO

Выберите объекты для вращения или [РЕжим]: найдено: 1

Выберите объекты для вращения или [РЕжим]:

Начальная точка оси вращения или [объект/X/Y/Z] <Объект>: <Привязка вкл>

Конечная точка оси:

Угол вращения или [Начальный угол/Обратить/ВЫражение]»

Опції: *[объект/X/Y/Z]* дозволяють вибрати у якості осі обертання об'єкт, або якусь із осей *X, Y* чи *Z*.

Опції: *[Начальный угол/Обратить/ВЫражение]* дозволяють встановити стартовий кут, змінити напрям обертання чи вирахувати величину кута.

9.4. Побудова моделі шляхом зсуву

Використання зсуву має аналогію з видавлюванням уздовж траєкторії, але має відмінності:

- розташування плоского контуру може бути довільним, а команда сама його виставляє нормально до дотичної траєкторії;
- зміна розміру профілю виконується масштабуванням;
- вводиться кут закручування профілю уздовж траєкторії;
- можна встановлювати фіксацію профілю відносно траєкторії шляхом вказування базової точки, що зручно для вирівнювання побудованої моделі відносно інших.

Якщо профіль замкнений, то будується тіло, якщо ні – поверхня. Має опцію «**Режим**», яка регулює це питання.

Синтаксис: «Команда: *_sweep*

Текущая плотность каркаса: ISOLINES=4, Режим создания замкнутых профилей = Тело

Выберите объекты для сдвига или [РЕжим]: _МО Режим создания замкнутых профилей [Тело/Поверхность] <Тело>: _SO

Выберите объекты для сдвига или [РЕжим]: Противоположный угол: найдено: 1

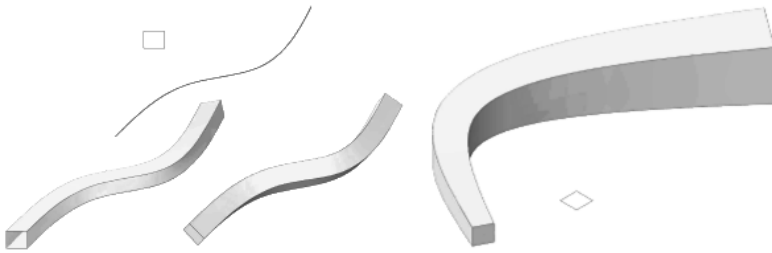
Выберите объекты для сдвига или [РЕжим]:

Выберите траекторию сдвига или [вЫравнивание/Базовая точка/Масштаб/Закручивание]: 3

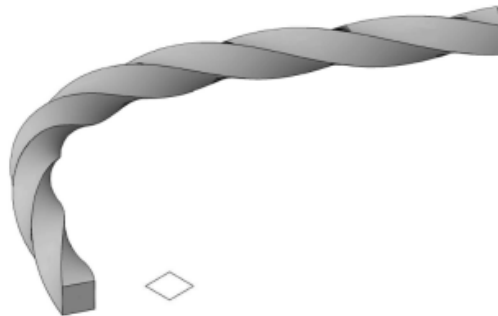
Введите угол закручивания или разрешите перекос для неплоской траектории сдвига [Перекос/ВЫражение]<0.0000>: 720

Выберите траекторию сдвига или [вЫравнивание/Базовая точка/Масштаб/Закручивание]:»

Опції: **[вЫравнивание/Базовая точка/Масштаб/Закручивание]** дозволяють виставити профіль, змасштабувати його чи закрутити (вказати поворот профілю на виході до положення на вході).



Опції: **[Перекос/ВЫражение]** дозволяють змінити положення профілю на вході чи вирахувати кут.



9.5. Побудова моделі за перерізами (Лофт)

Побудова моделей за перерізами, наспрвді, є інструментом з необмеженими можливостями. Задаючи просторові перерізи ми, фактично, створюємо каркас поверхні. За його допомогою можна

створити будь-яку поверхню. Натягування поверхні на каркас створює умови створення тіла, обмеженого цією поверхнею. Таким чином, залежно від того, чи замкнені поперечні перерізи чи ні, ми можемо отримати тіло або поверхню. Потрібно задати, принаймні, два поперечні перерізи.

Поперечні перерізи для лофта можуть бути розімкнутими або замкненими, плоскими або просторовими, а також підоб'єктами-кромками. Розімкнуті поперечні перерізи створюють поверхні, а замкнені – дозволяють створювати тіла або поверхні, залежно від заданого режиму (див. синтаксис команди).

Створення і задавання розімкнутих або замкнених кривих потрібно робити у тому порядку, у якому вони будуть розташовані в поверхні або тілі. Можна об'єднати послідовно з'єднані кромки тіла і отриманий профіль використати для створення нового тіла.

Якщо з'єднати перерізи напрямними, то можна отримати, фактично, каркас з двома сімействами ліній, що визначить форму бажаного тіла.

Можна побудувати від першого перерізу до останнього траєкторію, що також конкретизує бажану форму тіла, яке буде будуватися. Якщо вказати опцію **«только поперечные Сечения»**, то отримаємо створення лофт-об'єктів без використання напрямних або траєкторій.

Синтаксис: *«Команда: _loft*

Текущая плотность каркаса: ISOLINES=4, Режим создания замкнутых профилей = Тело

Выберите поперечные сечения в порядке, требуемом для лофтинга, или [Точка/СОединить несколько кромок/реЖим]: _МО Режим создания замкнутых профилей [Тело/Поверхность] <Тело>: _SO

Выберите поперечные сечения в порядке, требуемом для лофтинга, или [Точка/СОединить несколько кромок/реЖим]: найдено: 1

Выберите поперечные сечения в порядке, требуемом для лофтинга, или [Точка/СОединить несколько кромок/реЖим]: найдено: 1, всего: 2

Выберите поперечные сечения в порядке, требуемом для лофтинга, или [Точка/СОединить несколько кромок/реЖим]: найдено: 1, всего: 3

Выберите поперечные сечения в порядке, требуемом для лофтинга, или [Точка/СОединить несколько кромок/реЖим]:

Выбрано поперечных сечений: 3

Задайте параметр [Направляющие/Траектория/только поперечные Сечения/ПАраметры] <только поперечные Сечения>:»

Розділ 10.

Використання користувацької системи координат

Під час побудови моделей дуже зручно застосовувати користувацьку «**Пользовательскую**» систему координат (ПСК).

ПСК – це змінна, переміщувана, декартова система координат, яка задає робочу площину XU , горизонтальний і вертикальний напрямки, осі обертання та інші корисні геометричні параметри. За необхідності початок координат і орієнтацію ПСК можна змінити, задаючи точки, вводючи координати й працюючи з допоміжними інструментами креслення, наприклад, режимом «**Орто**» і сіткою. Установивши ПСК, можна досить зручно працювати в новому місці і з новою орієнтацією відносно існуючої моделі у процесі створення плоского контура для побудови нової моделі коректно орієнтованої до попередньої і, навіть, бути продовженням її.

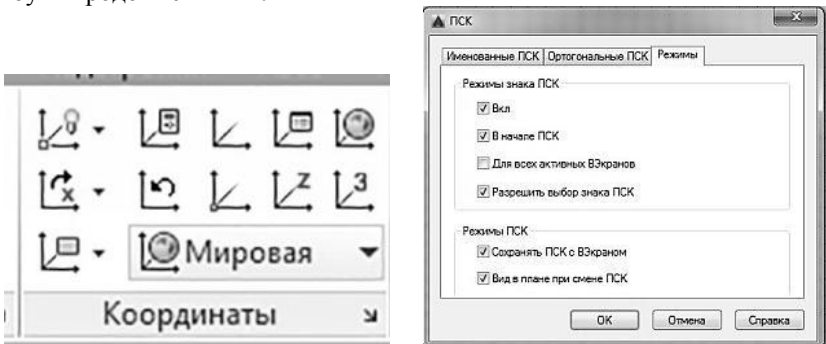
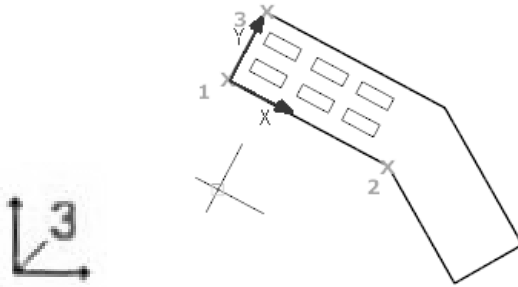


Рис 10.1. Установлення системи координат

ПСК можна задавати кількома способами (див. рис. 10.1). Можна використовувати кілька ПСК з різними іменами і користуватися ними неодноразово чи перейти знову до світової системи координат.

Списки іменованих ПСК можна переглянути і вибрати потрібну у вікні, натиснувши стрілочку в меню координати (див. рис. 10.1). У цьому ж вікні вкладка «Режими» необхідно поставити галочки як на рисунку. Це дозволить працювати у робочому вікні, вирівняному за горизонталлю, як і у світовій системі координат.



Найбільш зручний варіант визначення ПСК, для наших робіт, за трьома точками. Перша визначає початок координат, друга – позитивний напрямок осі X, третя – позитивний напрямок осі Y. Завдяки нашим налаштуванням система координат вирівнюється: вісь X – горизонтально, а вісь Y – вертикально.

10.1. Діалогове вікно «ПСК»

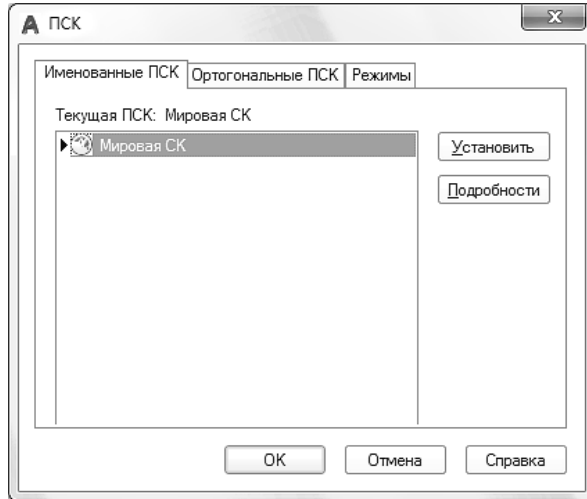
Виводить список, виконує перейменування та установлення визначень користувацьких систем координат (ПСК) і керування параметрами ПСК та значком ПСК для виглядових екранів.

Список вкладок

Діалогове вікно «ПСК» має наступні вкладки:

- іменовані ПСК;
- ортогональні ПСК;
- режими.

Вкладка «Іменованні ПСК» наводить визначення ПСК і задає поточну ПСК.



Поточна ПСК. Відображається ім'я поточної ПСК. Якщо поточна ПСК не зберігалася, вона відображається в списку **«Без імені»**.

Список імен ПСК. Виводиться список ПСК, заданий у поточному кресленні. ПСК, установлена у якості поточної, позначається у списку покажчиком.

Якщо існує кілька виглядових екранів, для кожного з яких задано кілька режимів неіменованих ПСК, у списку відображається тільки одна неіменована ПСК, що відповідає поточному виглядовому екрану.

Світова система координат завжди присутня в списку – її не можна вилучити або перейменувати.

Якщо задати інші ПСК у ході поточного сеансу редагування, відображається попередній запис. Для послідовного відновлення цих ПСК виберіть **«Предыдущая»** і **«Установить»**.

Для додавання в список імені ПСК використовується параметр **«Именованный»** > **«Сохранить»** команди ПСК.

Установити. Установлення поточною обрану систему координат.

Крім того, встановлення окремої системи координат здійснюється такими способами: двічі натиснути ліву кнопку миші на імені ПСК; натиснути праву кнопку миші на імені ПСК і вибрати в контекстному меню пункт **«Установить»**.

Подробиці. Виклик діалогового вікна **«Подробности о ПСК»**, у якому утримується інформація про координати ПСК. Крім того, для перегляду подробиць окремої ПСК можна натиснути праву кнопку миші на її імені й вибрати в контекстному меню пункт **«Подробности»**.

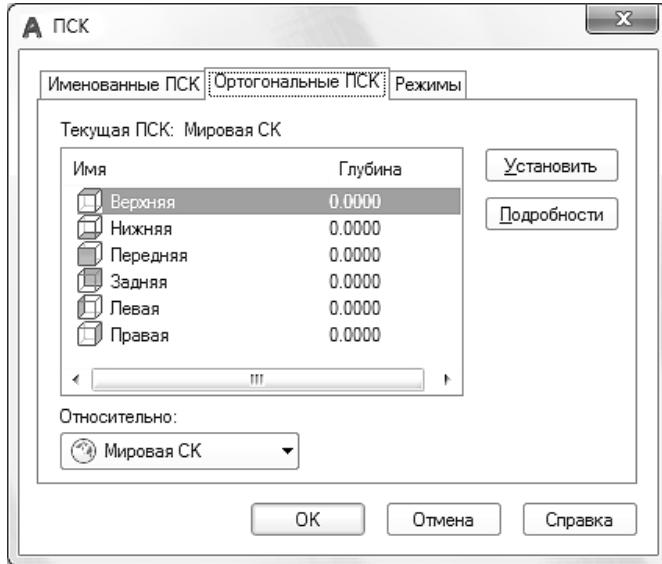


Рис. 10.2. Визначити глибини ортогональної ПСК

Перейменувати (тільки в контекстному меню). Надає можливість перейменування ПСК. *Світову систему координат перейменувати не можна.*

Видалити (тільки в контекстному меню). Видаляє ПСК. *Світову систему координат вилучити не можна.*

Вкладка «Ортогональные ПСК» (діалогове вікно «ПСК»). Заміна ПСК однієї з ортогональних ПСК.

Поточна ПСК. Відображається ім'я поточної ПСК.

Список ортогональних ПСК. Виводяться шість ортогональних систем координат, заданих у поточному кресленні. Ортогональні системи координат задаються відносно ПСК, зазначеної в списку «**Относительно**».

Ім'я. Завдання імені ортогональної ПСК.

Глибина. Завдання відстані між площиною XY ортогональної ПСК і паралельною площиною, що проходить через початок ПСК, заданої системною змінною UCSBASE. Паралельна площина може співпадати із площиною XY , YZ або XZ базової системи координат (рис. 10.2).

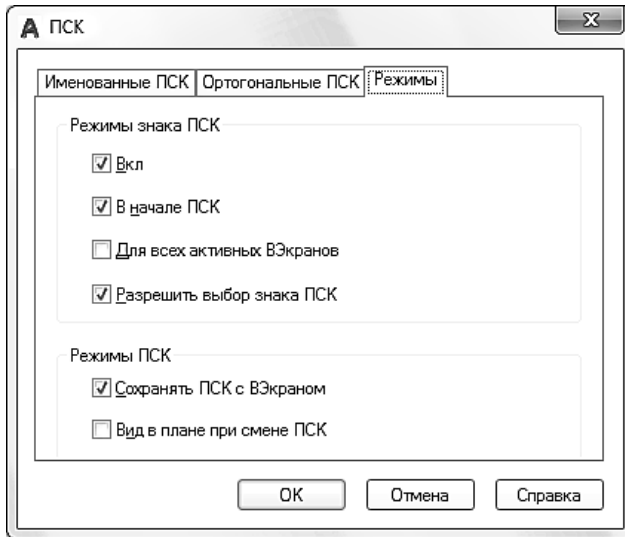
Примітка: Для обраної ортогональної ПСК можна задати значення глибини або новий початок координат за допомогою параметра «Глибина».

Відносно. Вибір базової системи координат, відносно якої буде задана ортогональна ПСК. За замовчуванням у якості базової системи координат використовується МСК.

Під час кожної зміни параметра «**Относительно**» відновлюється положення за замовчуванням для початкової точки обраної ортогональної ПСК.

Якщо ортогональна система координат збережена в кресленні як частина конфігурації виглядового екрану, а також якщо параметр «**Относительно**» має значення, відмінне від «**Мировая**», ім'я цієї системи координат замінюється на «**Без имени**», щоб її можна було відрізнити від стандартних ортогональних ПСК.

Скидання (тільки в контекстному меню) – відновлення початку обраної ортогональної системи координат. Початок з'єднується із точкою (0, 0, 0) зазначеної базової системи координат.



Вкладка «Режимы» (діалогове вікно «ПСК») – відображає і змінює збережених з виглядовим екраном режимів знака ПСК і самої ПСК.

Режими знака ПСК – задавання режиму відображення знака ПСК для поточного виглядового екрана.

Вкл. – визначає відображення знака ПСК на поточному виглядовому екрані.

«В начале ПСК» – визначає відображення знака ПСК на поточному виглядовому екрані в точці початку координат. Якщо зняти

цей прапорець (або якщо початок ПСК перебуває за його межами), знак ПСК розташовується у лівому нижньому куті виглядового екрана.

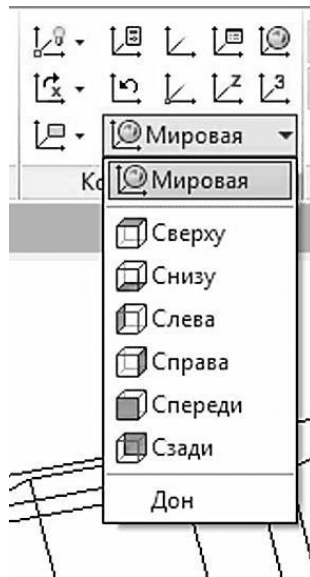
«**Для всіх активних ВЭкранов**» – визначає застосування режимів знака ПСК до всіх активних виглядових екранів поточного креслення.

«**Разрешить выбор значка ПСК**». Визначення того, чи буде значок ПСК виділятися у процесі наведення курсору чи доступні під час натискання ручки значка ПСК.

«**Режимы ПСК**» – визначає поведінку ПСК з відновленням її режиму.

«**Сохранять ПСК с видовым экраном**». Зберігає ПСК із виглядовим екраном (системна змінна UCSVP). Якщо зняти цей прапорець, для заданого виглядового екрана використовується ПСК поточного виглядового екрана.

«**Вид в плане при смене ПСК**» – Виводить вигляд в плані під час зміни системи координат у цьому виглядовому екрані (системна змінна UCSFOLLOW). У деяких випадках така орієнтація ПСК на екрані буває досить зручною.



Діалогове вікно «Глубина ортогональной ПСК» дозволяє задати відстань ортогональної ПСК від базової, яка за замовчуванням проходить через початок координат або від встановленої раніше ПСК,

вказаної у списку **«Относительно»**. Цей метод дозволяє створити робочу площину (площину, в якій потрібно будувати профіль) і на ній будувати елементарний об'єм на заданній відстані від неї (глибини). Глибина відкладається – в глибину відносно визначеної ПСК (зі знаком –) і над ПСК (висота зі знаком +) перпендикулярно до вказаної ПСК у списку **«Относительно»** або визначено заздалегідь у списку (див. рис. 10.2). Наприклад, якщо якийсь елементарний об'єм (якесь шестигранна призма) розташовується горизонтально і перпендикулярно вертикальній осі деталі, то для її створення необхідно побудувати профіль для видавлювання. Якщо ми вибираємо ПСК **«Спреди»**, то профіль можемо побудувати на вертикальній площині, що проходить через вісь деталі з висотою, яка дорівнює висоті призми «+», (знак мінус для глибини) половина відстані від осі до грані, від якої будується призма, або за висотою призми, яку потім, після видавлювання, нам потрібно буде перемістити горизонтально на її реальне місце. Якщо ж ми виставимо глибину, яка дорівнює половині висоти призми у потрібному напрямі, то профіль будуватимемо в реальному положенні основи і після видавлювання призма формулюватиметься у своєму реальному положенні і переміщувати її не буде потреби. Цю ситуацію ми детально розглянемо на прикладі побудови моделі деталі.

«Способы доступа» – натисніть праву кнопку миші в списку **«Ортогональные ПСК»**. Виберіть **«Глубина»**.

Список параметрів

Відображаються наступні параметри.

<Имя> Глубина – задавання відстані між площиною ХУ ортогональної ПСК і паралельною їй площиною, яка проходить через початок базової системи координат.

Завдання нового початку. Тимчасове закриття діалогового вікна для вказування нового положення глибини на кресленні за допомогою миші.

Щоб відновити положення за замовчуванням (0, 0, 0) точки початку координат для обраної ортогональної ПСК, варто натиснути праву кнопку миші й вибрати **«Сброс»**. Переміщення початку ПСК за допомогою ручки початку координат.

Натисніть знак ПСК. Натисніть і перетягніть квадратну ручку початку координат у нове положення. Вихідна точка ПСК (0, 0, 0) знову визначиться в зазначеній точці.

Порада: Для точного розміщення початку координат використовуйте об'єктні прив'язки або прив'язки до сітки чи введіть точні координати X, Y, Z.

Вирівнювання ПСК із існуючим 3D-об'єктом.

Натисніть знак ПСК, потім «Перенести» і «Вирівнять». Перетягніть знак ПСК на частину об'єкта, з яким потрібно вирівняти його. Натисніть ліву кнопку миші, щоб розмістити нову ПСК.

Керування орієнтацією інструмента Viewcube стосовно ПСК

Натисніть Viewcube (Видовий куб) правою кнопкою миші й виберіть пункт «**Настройки видового куба**».

Установіть або зніміть прапорець «**Сориентировать ViewCube** (Видовий куб) по поточній ПСК» і натисніть «ОК».

Примітка: Слідкуйте, щоб установлена ПСК і вигляд на виглядовому кубі мали однакові найменування.


Динамічне вирівнювання ПСК за гранями

Якщо функція динамічної ПСК включена, то в ході створення об'єкта можна автоматично вирівняти площину XY ПСК відносно плоскої грані 3D-тіла, плоского елемента сітки або плоского сегмента хмари точок.

Під час виконання команди можна вирівняти ПСК динамічно, навівши курсор на плоску грань 3D-тіла або хмари точок, а не за допомогою команди ПСК. Коли виконання команди завершується, ПСК повертається на своє попереднє місце зі збереженням колишньої орієнтації.

Примітка: За динамічного вирівнювання ПСК об'єкти плоскої верхні або 2D-геометрія не розпізнаються.

Динамічне вирівнювання ПСК за допомогою 3D-тіла

Натисніть кнопку «**Динамическая ПСК**» у рядку стану ( Знайти) або клавішу F6 для її включення.

Примітка: Динамічна ПСК за замовчуванням не відображається на панелі стану. Натисніть кнопку «**Адаптация**» у рядку стану й виберіть пункт «**Динамическая ПСК**». Наведіть курсор на плоску грань на 3D-тілі. Завершіть виконання команди.

Розділ 11.

Методика побудови моделей в AutoCAD

Побудова твердотільних моделей в AutoCAD виконується шляхом послідовного створення елементарних об'ємів з подальшим об'єднанням їх в деталь. Спочатку проводиться аналіз форми майбутньої деталі з точки зору виконання нею своїх функцій. Кожна деталь у вузлі виконує визначені для неї функції: силові, динамічні, кінетичні, газо-гідродинамічні тощо. Функціональність деталі визначає її конструкцію, способи місцезнаходження і кріплення її у вузлі, міцність, технологію її виготовлення.

Більшість деталей мають складну форму, яку в AutoCAD однією командою створити неможливо. Тому складну форму деталі умовно розділяють на елементарні об'єми, модель кожного з них можна створити однією командою AutoCAD, а потім, за допомогою бульових операцій, об'єднують їх в одне тіло. Існує, як мінімум, три стратегії побудови моделі:

- у світовій системі координат у площині XY будуються моделі елементарних об'ємів, а потім виставляють їх одну до одної і об'єднують;
- будують базову (саму більшу чи саму складнішу) модель, а потім послідовно, на відповідних гранях, виставляють ПСК, будують у ній плоский профіль і операціями видавлювання, обертання, лофту чи зсуву створюють модель і об'єднують з попередньою;
- комбінований з двох попередніх.

Зверніть увагу на **«Ортогональные ПСК»**. Це фактично шість робочих площин, які проходять через початок координат і паралельні шести граням навігаційного куба: «мировая, сверху, снизу, слева, справа, спереди, сзади». Ці ПСК не потрібно спеціально визначати і виставляти. Єдине, що потрібно – це розуміти де вони знаходяться і відповідно їх використовувати.

Як перший, так і другий спосіб побудови моделі деталі мають право на життя і у кожного є свої плюси та мінуси. Перший спосіб видається простішим – не потрібно змінювати систему координат. Але з виставлянням моделей виникають проблеми. Щоб їх уникнути, потрібно використовувати об'єктну прив'язку і добудовувати на гранях, на яких буде виконуватися з'єднання одну, дві чи три опорні точки (на обох) і за цими точками командою **«Перемещение»** помістити модель. Можна використовувати команду **«Выровнять»**, але, зазвичай, для неї також потрібні опорні точки.

Дуже спрощується процес взаємного розміщення елементарних об'ємів в ході розміщення базової точки на початку координат світової системи координат (Мировая, МСК). Ще краще з самого початку роботи визначити порядок виконання елементарних моделей, способи їх створення і об'єднання. Допомогає побудова трійки осей у світовій системі координат з нанесеними на відповідних осях опорних точок відрізками відстаней між початком МСК і точок приєднання відповідних елементарних об'ємів. Для зручності виконати їх яскравими кольорами, відмінними від кольору моделі.

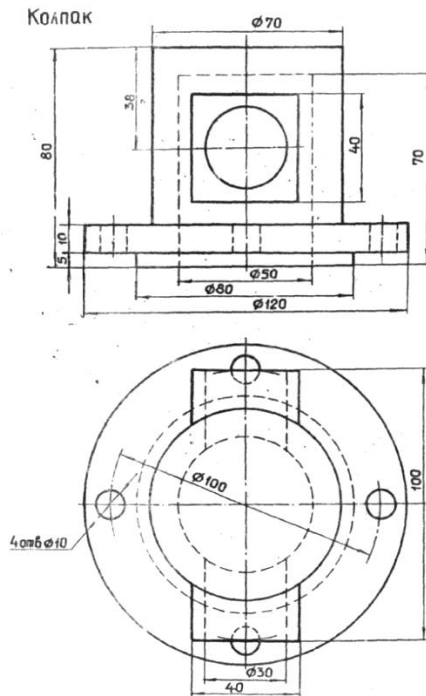
Отвори створюються використанням операції віднімання. Після виставлення моделей одну в другу використовують бульову команду **«Вычитание»**, спочатку вибирають модель від якої віднімають, потім **«Ввод»**, і модель яку віднімають.

Другий спосіб трохи зручніший, оскільки плоский контур будується і орієнтується безпосередньо на грані, до якої тіло буде додаватися або відніматися. Перша модель будується у світовій системі координат, а далі елементарні об'єми нарощуються на тих гранях, на яких вони повинні бути. ПСК за трьома точками достатньо зручно і просто встановлюється на потрібній грані і, бажано, орієнтувати її відповідно до орієнтації основних граней нової моделі, це значно спростить побудову плоского контура. Після його побудови використовують операцію видавлювання, обертання, лофту чи зсуву безпосередньо на грані, а далі, використовуючи бульові операції приєднання чи віднімання, нарощують послідовно всі потрібні елементарні об'єми.

У випадках, коли для побудови моделі нового об'єму, в зв'язку з його розташуванням, немає відповідної плоскої грані для вибору її у якості нової ПСК, то створюють ПСК відносно базової або уже побудованої, опція **«Относительно»** і задавання для неї глибини (–) чи висоти (+) відносно зазначеної ПСК (створення робочої площини).

На створеній таким чином моделі деталі виконують скруглення, команда **«Сопряжение»**, чи знімають фаски, команда **«Фаска»**, вказуючи на відповідні ребра.

11.1. Приклад побудови моделі



Побудуємо, для прикладу, модель деталі, зображеної на рисунку. Спочатку проведемо аналіз форми і об'єму деталі. Як видно з рис. 11.1, деталь формується кількома об'ємами. Самий нижній – вертикальний циліндр діаметром 80 мм і висотою 5 мм. Далі він переходить у фланець – вертикальний циліндр діаметром 120 мм і висотою 10 мм. Над фланцем надбудовується циліндр діаметром 70 мм і висотою 65 мм. Особливістю цих циліндрів є те, що вони мають спільну вертикальну вісь. Перпендикулярно до верхнього циліндра розташована квадратна пряма призма з основою 40x40 мм і довжиною 100 мм. Осі циліндра і призми перетинаються під прямим кутом. Усередині всіх трьох циліндрів знаходиться отвір діаметром 50 мм і глибиною 70 мм. На фланцю є чотири отвори $\varnothing 10$ і поперечний отвір в призмі $\varnothing 30$.

Будувати будемо знизу вгору послідовно три циліндри, потім призму та отвори. Отвори завжди будуються останніми, тому що, у процесі побудови отвір може перекритися приєднаним об'ємом, наприклад призмою, а потім доведеться вирізати його знову.

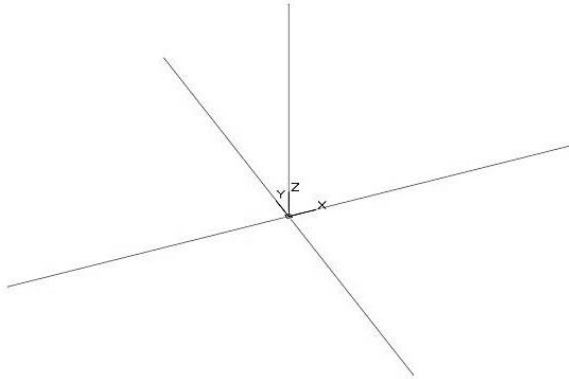
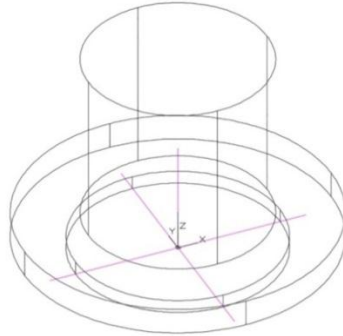


Рис. 11.1. Вставлений растр

Для зручності побудуємо в світовій системі координат три осі, дві горизонтальні, довжиною 100 мм, які перетинаються посередині і одну, вертикальну, висотою 42 мм, за якою будемо вирівнювати середину нижньої бокової грані призми. Перемістимо точку перетину осей в точку початку координат (0, 0, 0) командою «Переместить», вище.

Починаємо побудову нижнього циліндра з центром у початку координат (МСК). Причому зовсім не обов'язково переводити у вигляд зверху. Далі в режимі Ortho, будуємо з точки 0, 0, 0 вертикальний відрізок 5 мм. На кінці цього відрізка, як на центрі, будуємо коло діаметром 120 мм і видавлюємо на 10 мм. Таким чином ми побудували нижній циліндр і фланець. Повторимо операцію з відрізком, але уже зробимо його довжиною 15 мм. На верхньому кінці цього відрізка будуємо коло діаметром 70 мм. Звичайно, можна було б починати будувати коло на маркері об'єктної прив'язки верхнього кола фланця +, але не завжди вдається його вхопити. У нашому ж випадку прив'язка однозначна і зручна.



Далі об'єднаємо всі три циліндри.

Наступний крок – підготовка до створення горизонтальної чотирикутної призми. Є три прийнятні варіанти:

- побудувати поруч з циліндрами квадрат зі сторонами 40x40 мм у площині МСК або прямокутник зі сторонами 40x100 мм;
- задати глибину –50 мм і будувати квадрат у ПСК «Спереди»;
- створити опорну точку на висоті 22 мм і на відстані 50 мм від вертикальної осі.

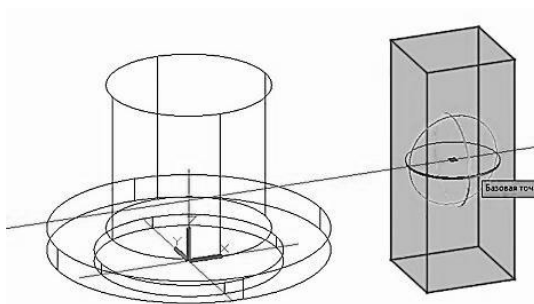
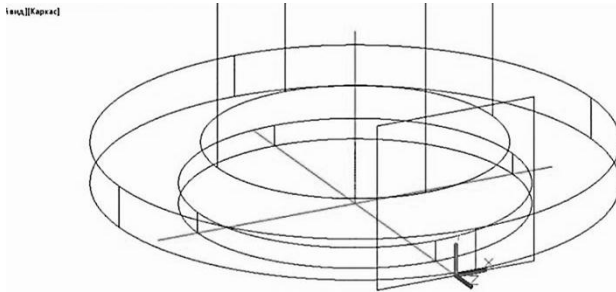


Рис. 11.3.

Розглянемо для порівняння всі три варіанти.

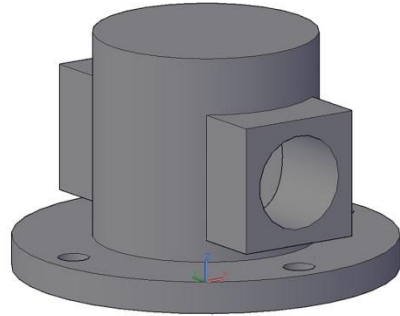
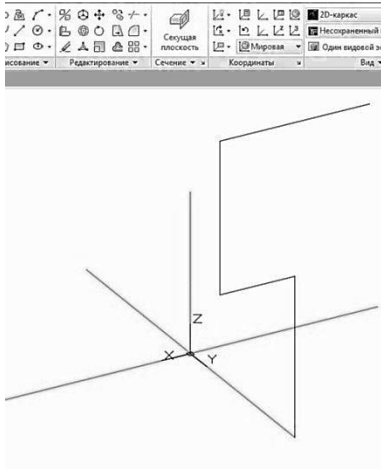
Будуємо квадрат в МСК 40x40 мм поруч з циліндрами, і видавлюємо на висоту 100 мм. Далі нам потрібно повернути отриману призму на 90° відносно осі X. Якщо будувати прямокутник (40x100), то повертати не потрібно. Після повороту будуємо діагональ бічної грані призми, серединою якої будемо встановлювати призму на верхній кінець вертикального відрізка на осі. На рисунку 11.3. видно схему встановлення призми на місце.

Розглянемо другий варіант. Відкриємо вікно «**ПСК. Именованные ПСК**», перейдемо на вкладку «**Ортогональные ПСК**». Вибираємо «Передняя 0, 0000» тиснемо лівою кнопкою на 0,0000, з'являється вікно «**Глубина ортогональной ПСК**», виставляємо 50. Далі переходимо на вкладку «**Координаты**», натискаємо на стрілочку поруч з «**Мировая**», розкривається список ортогональних ПСК, тиснемо на «**Спереди**». Значок ПСК перескакує на 50 мм уперед. Зверніть увагу на знак системи координат, він змінився на ПСК і перемістився на 50 мм уперед. Побудуємо квадрат 40x40 мм. Включаємо режим орто і з кінцевої точки побудованої спочатку малинкової осі проводимо ліворуч у напрямку X 20 мм, вгору – 40 мм, праворуч – 40 мм, вниз – 40 мм. Тиснемо правою кнопкою, вибираємо «**Замкнуть**». Але квадрат нижньою стороною лежить на горизонтальній площині. Вибираємо квадрат, тиснемо перемістити, вказуємо курсором на середину нижньої сторони квадрата і тягнемо вгору (орто ввімкнено) і набираємо з клавіатури 22, тиснемо «**Enter**». Квадрат піднявся на 22 мм. Залишилося тільки його видавити.



Третій варіант. З кінцевої точки побудованої раніше допоміжної осі проводимо відрізок вгору на 22 мм (відстань до середини нижньої сторони основи). До речі, якби ми зробили те саме у варіанті два, то могли би будувати квадрат з цієї точки і не було би потреби його підняти.

Далі нам потрібно побудувати плоский контур квадрата для видавлювання. Відрізком побудувати квадрат в режимі орто можна дотримуючись напрямку базових осей XYZ, але п'ять 3D відрізків не є замкнений контур, потрібний для видавлювання. Для видавлювання квадрат із відрізків необхідно перетворити на область або плоску (2D) полілінію. Для цього у вкладці «**Рисование**» вибираємо команду «**Область**», за запитом вибираємо всі п'ять відрізків квадрата. А отриману область уже можна видавлювати.



Обведення полілінією можна зробити тільки у площині. Тому на виглядовому кубі тиснемо **«Спереди»** і модель приймає вигляд у плані. Вибираємо і ПСК **«Спереди»**. Тепер у створеному плані будуємо плоску полілінію у режимі орто паралельно ПСК, яка проходить через центр МСК. А, оскільки, ми починаємо з точки на відстані 50 мм і на 22 мм над ним, то режим орто дозволяє проводити полілінію паралельно ПСК **«Спереди»**. Побудований таким чином квадрат можна видавлювати.

Порівнюючи ці варіанти можна дійти висновку, що другий варіант є найбільш загальним, зручним і простим. Запишемо по пунктах весь процес побудови бокової призми:

- з кінця створеної раніше осі командою **«Отрезок»** (режим Орто, МСК) будуємо вертикальний відрізок паралельно Z, довжиною 42 мм, горизонтальний 20 мм ліворуч, паралельно X, вертикальний 40 мм, паралельно Z і горизонтальний 40 мм, паралельно X (див. рис. 11.14.);

- створюємо нову ПСК паралельно світовій з глибиною 50 мм відносно світової, встановлюємо ПСК **«Спереди»** і вигляд куба також **«Спереди»**;

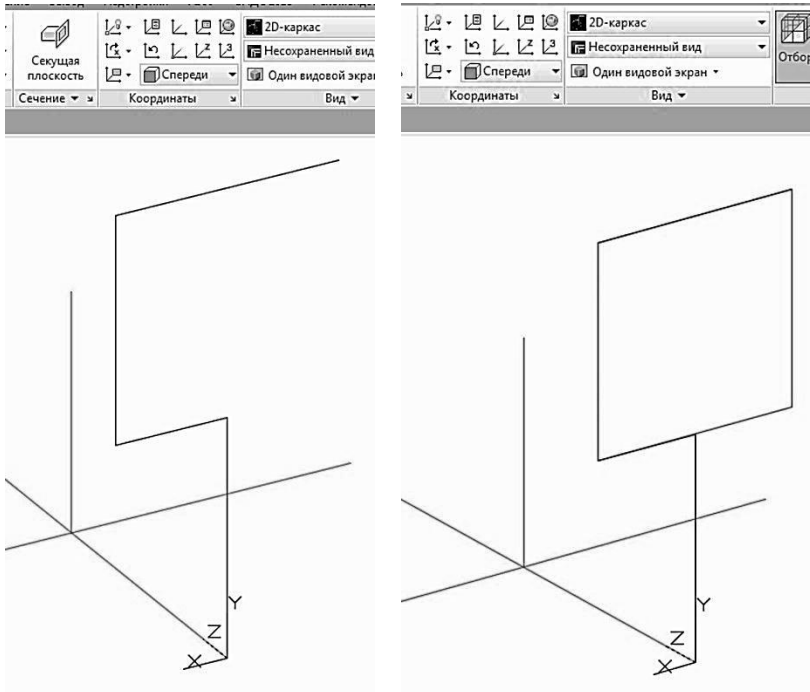


Рис. 11.4. Заготовка для пбудови профілю

– у цій ПСК на створеній фігурі заготовки ми будуюємо профіль призми шляхом побудови квадрата 40×40 мм – тиснемо на нижню ліву точки заготовки, «Enter» і вказуємо на праву верхню точку.

Залишилося видавити квадрат, об'єднати призму з циліндрами і, для утворення отворів, побудувати відповідні циліндри і відняти їх. Отвір діаметром 30 мм (через призму) створюємо не виходячи з ПСК «Спереди». На передній основі призми будуюмо допоміжну діагональ квадрата. З центром на середині діагоналі будуюмо коло $\varnothing 30$ мм, видавлюємо через призму на глибину трохи довше за неї і віднімаємо від всієї моделі. Переходимо на МСК і на базовій площині МСК будуюмо відповідно центральний циліндр $\varnothing 50$ мм і висотою 70 мм і чотири отвори фланця $\varnothing 10$ мм, а потім їх віднімаємо. Модель готова.

Розділ 12.

Створення проєкцій деталі за моделлю

Останні версії AutoCAD дозволяють автоматично будувати проєкції деталі за її твердотільною моделлю. Для цього потрібно:

- виставити модель деталі в її робоче положення (головний вигляд (вигляд спереду));
- перейти в робочий простір **«Рисование и адаптация»**;
- перейти з простору моделі в простір листа;
- налаштувати простір листа;
- у вікні **«Лист 1»** вибрати рамку плаваючого виглядового вікна і ручками зменшити її до розміру наочного зображення (приблизно в 5 разів) і перемістити праворуч вниз (над основним написом);
- натиснути кнопку **«Базовый»**;
- вибрати **«Из пространства модели»**;
- на стрічці **«Ориентация»** вибрати потрібний вам вигляд;
- виставити модель на потрібне місце на просторі листа (ліва верхня четверть);
- натиснути праву кнопку миші і потягнути вниз до положення вигляду зверху і натиснути ліву кнопку миші;
- піднятися до головного вигляду, потягнути праворуч і натиснути ліву кнопку миші на місці вигляду ліворуч;
- натиснути праву кнопку миші;
- створити шари для контурних, штрихових, осьових і розмірних ліній;
- дооформити вигляди до робочого креслення.

12.1. Виставлення моделі в робоче положення

Під час створення моделі можна намагатися формувати її таким чином, щоб вона займала своє робоче положення або положення

головного вигляду. Іншими словами, щоб головний вигляд моделі був на вигляді спереду виглядового куба. Це не завжди вдається і не так важливо та ще й може додати додаткові складнощі. Коли модель деталі уже готова і потрібно вибрати головний вигляд, якщо він не співпадає з виглядом спереду виглядового куба, то можна:

- повернути модель навколо однієї з осей до співпадання з виглядом **«Спереди»**;
- виставити модель ортогонально у потрібному вигляді (натиснути на грань виглядового куба, на якій модель має вигляд спереду);
- натиснути правою клавішею на виглядовому кубі і вибрати з контекстного меню **«Текущий вид как исходный»**;
- під час створення проєкцій на вкладці **«Ориентация»** вибрати **«Текущий»**;
- запам'ятати, який вигляд куба відповідає вигляду спереду і під час створення проєкцій на вкладці **«Ориентация»** вибрати його.

12.2. Перехід в робочий простір **«Рисование и адаптация»**

Робочий простір формується для зручності роботи в 3D чи 2D-просторі. Якщо присутня панель робочого простору, то потрібно натиснути на стрілочку праворуч, відкрити список і вибрати потрібне. Якщо панель не присутня, то відкрити список можна натиснувши у правому нижньому куті робочого вікна на стрілочку біля «зубчатого колеса» і відкрити список.

12.3. Перехід з простору моделі у простір листа

Простір листа – це представлений у робочому вікні стилізований аркуш паперу, який буде виглядати і друкуватися у виставлених параметрах. Щоб перейти у його простір потрібно натиснути лівою клавішею на вкладку **«Лист 1»**. Для того щоб установити потрібний масштаб та інші параметри необхідно натиснути правою клавішею на вкладку **«Лист 1»** і в контекстному меню вибрати **«Диспетчер параметра листов...»**. У контекстному вікні вибрати **«Редакти-ровать»**. У вікні, що з'явилось, задати формат А3 (див. рис. 12.1).

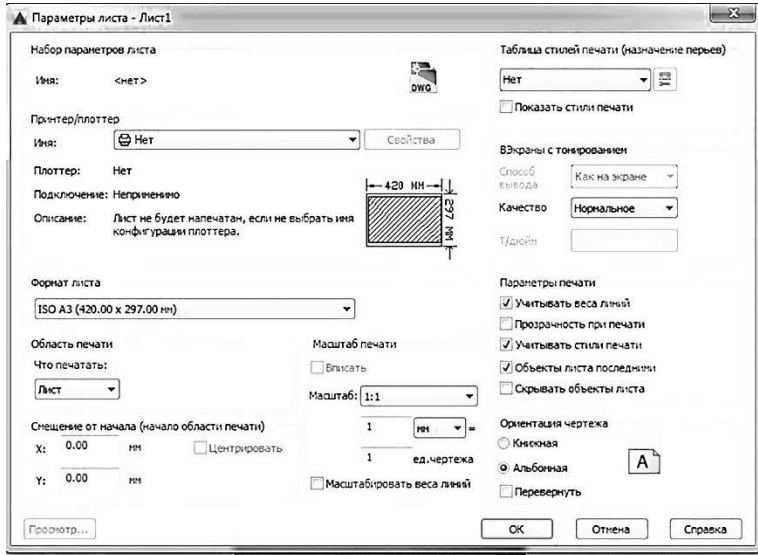


Рис. 12.1. Налаштування поточного аркуша простору листа

12.4. Дооформлення виглядів до робочого креслення

Отримані вигляди мають загальну геометричну інформацію. До готового креслення необхідно їх дооформити. Геометрична інформація є, а для того щоб вони стали кресленням необхідно виконати потрібні розрізи, обвести контурною лінією, провести осьові, виконати штрихування, нанести розміри. Після виконання цих робіт необхідно заморозити шари (MD ...), у яких знаходиться інформація про вигляди.

За необхідності, створіть наочне зображення у плаваючому вікні, яке ми зменшили раніше, двічі натисніть усередині вікна лівою клавішею миші і кнопками з панелі «Вид» переведіть зображення моделі у вигляд зверху-збоку, відмасштабуйте до розміру трохи меншого від натурального. Представлення моделі краще встановити у вигляді каркасу з подавленими невидимими лініями. Двічі натисніть за межами плаваючого вікна (поверніться у простір листа). Виберіть рамку плаваючого вікна і помістіть її у заморожений шар (вона зникне з креслення). Вставте заготовлену раніше форматну рамку з основним написом і заповніть його.

Розділ 13.

Приклад виконання завдання 3

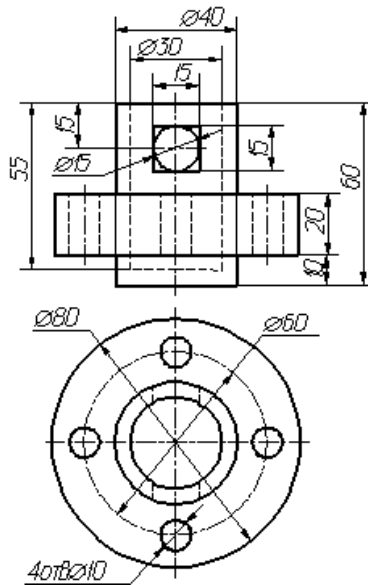


Рис. 13.1. Завдання 3

Тема: Побудова тривимірної моделі деталі в AutoCAD.

1. Побудувати 3D-модель у робочому просторі «**3D-моделювання**».
2. Відкрити робочий простір «**Рисование и аннотации**».
3. Створити чотири вигляди з моделі (головний, ліворуч, зверху і зверху-ліворуч) і потрібні розрізи (розрізи будуються за геометрією і розмірами вигляду на його місці).
4. Перейти у робочий простір «**Рисование и аннотации**» і дооформити креслення.

5. Роздрукувати креслення.

6. Зберегти модель і креслення у свій папці відповідно до папки з номером групи.

Мета – відпрацювання навичок з побудови тривимірної моделі і виконання креслення за моделлю. Варіант завдання – у вигляді двох проєкцій (див. рис. 13.1.).

Деталь можна умовно розділити на два циліндра з діаметрами 80 і 40 мм з отворами. Основи у них зміщені на 10 мм. Отвори наскрізні і глухі, циліндричні і квадратні.

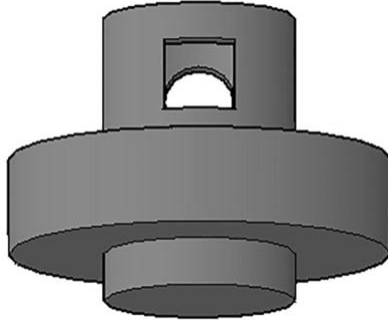
Побудову моделі можна зробити кількома способами:

Варіант 1. Побудувати видавлюванням більший і менший циліндри, змістити його на 10 мм нижче більшого і потім об'єднати. Побудувати 4 циліндри $\varnothing 10$, розмістити їх в чотирьох квадрантах кола $\varnothing 60$ на верхній чи нижній основі більшого циліндра і відняти їх від нього. Далі від верхньої основи деталі побудувати циліндр $\varnothing 30$ з глибиною 55 мм і відняти його від меншого циліндра. Залишається складний отвір поперек меншого циліндра. Створити його можна двома способами: побудувати на площині XY циліндр $\varnothing 15$ і висотою 25 мм і квадратну призму зі стороною основи 15 мм. Повернути їх відносно осі X або навколо паралельної їй осі на 90° . Побудувати вертикальну вісь деталі і на ній відкласти відстань від верхньої основи 15 мм і поставити точку. До неї буде прив'язуватися центр основи циліндра і середина основи призми, вони орієнтуються в різні сторони від осі. А далі залишається тільки їх відняти від меншого циліндра. Варто враховувати, що деталь орієнтується як вигляд зверху.

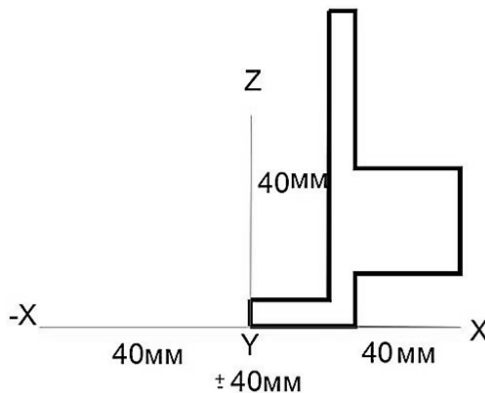
Варіант 2. У площині XY МСК будуються три взаємно перпендикулярні осі $X = \pm 40$, $Y = \pm 40$ і $Z = +40$ (див. розділ 11.1) в режимі орто. Для зручності осі, точкою перетину, переносяться в точку 0,0,0 початку координат МСК. З точки 0,0,0 вертикально вгору будуються три допоміжні відрізки: 5, 10, 40 мм. Далі будується область $\varnothing 80$ мм з чотирма отворами $\varnothing 10$ мм і видавлюється на 20 мм. З точки 0,0,0 видавлюванням будуються два співосні циліндри $\varnothing 40$ і $\varnothing 30$ мм і висотою 60 і 55 мм відповідно. Більший циліндр $\varnothing 80$ мм переміщуємо на висоту 10 мм вгору (точку центра нижньої основи прив'язуємо до кінця відрізка 10 мм, який ми побудували раніше). Циліндр $\varnothing 30$ мм за центр основи переміщуємо на висоту 5 мм (прив'язуємо до кінця відрізка 5 мм). За допомогою бульових операцій об'єднуємо два циліндра $\varnothing 80$ і $\varnothing 40$ мм, а від них віднімаємо циліндр $\varnothing 30$ мм.

Нам необхідно створити два отвори – квадратний і циліндричний. Установлюємо вигляд зпереду на виглядовому кубі і створюємо ПСК «Спереди». На висоті 40 мм (на кінці побудованого раніше відрізка)

будуються коло $\varnothing 15$ і квадрат 15×15 . Оскільки ПСК «Спереди» проходить через початок координат, то ми можемо видавити в різні сторони з висотами: квадрат – $+25$ мм, а циліндр – -25 мм і відняти їх від моделі. Після завершення варто перейти в МСК.



Варіант 3. У площині XY МСК будуються три взаємно перпендикулярні осі $X=\pm 40$, $Y=\pm 40$ і $Z=+40$ (див. розділ 5.1) в режімі орто. Для зручності осі, точкою перетину, переносяться в точку $0,0,0$ початку координат МСК. Установлюємо вигляд зпереду на виглядовому кубі і ПСК «Спереди». Оскільки ПСК проходить через точку $0,0,0$, то з неї починаємо будувати полілінією профіль (половина поперечного перерізу) для команди обертання.

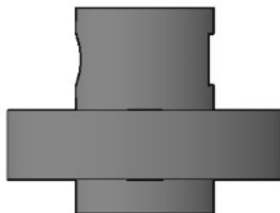


Командою обертання формуємо базову деталь.

Не виходячи з ПСК «Спереди» створюємо квадратний і циліндричний отвори на відстані –15 мм від верхньої основи. Видавлюємо їх в різні сторони на 25 мм і віднімаємо.

Переходимо в МСК і на кінцях відрізків по 40 мм будуємо чотири кола $\varnothing 10$, видавлюємо вгору на висоту 35 мм і віднімаємо. Повертаємося назад на вигляд спереду. Натискаємо на виглядовий куб і вибираємо «Текущий как исходный».

Варіант 3 найбільш економічний і формує одразу вигляд спереду.



Переходимо в робочий простір «Рисование и аннотация». Для переходу в простір листа – натискаємо лівою кнопкою миші на вкладку «Лист 1», тиснемо правою клавішею на вкладку і з контекстного меню вибираємо «Диспетчер параметров листов...» ➤ «Редактировать», виконуємо налаштування.

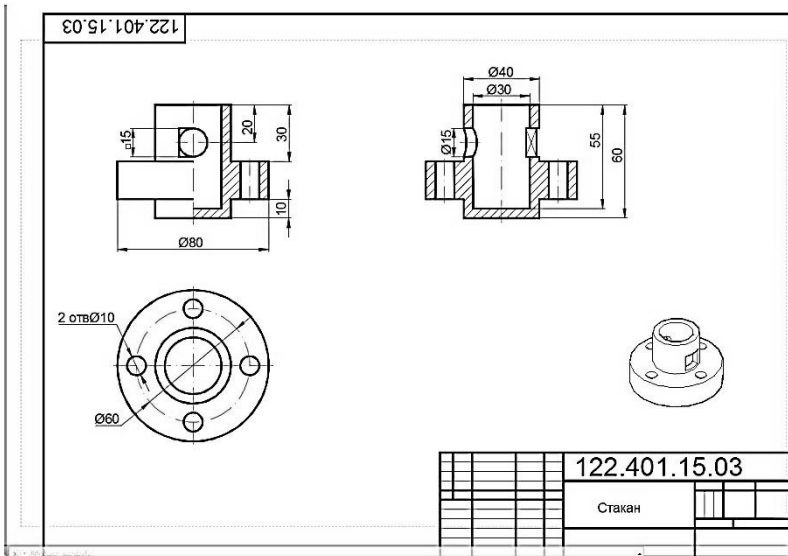
На стилізованому аркуші є плаваюче вікно, через яке можна бачити що відбувається в просторі моделі. Тиснемо на нього лівою клавішею і за допомогою ручок зменшуємо і переносимо його в праву нижню чверть аркуша трохи вище ніж розташування основного напису. Якщо двічі клацнути всередині плаваючого вікна, то через плаваюче вікно можна побачити модель. Панорамуванням, зумуванням і орбітою можна виставити модель наочно. Повернемося в робочий простір «3D-моделирование» і на стрічці «Вид» вибираємо представлення моделі «Скрытие линий» при цьому модель представляється у вигляді каркасу із відсутніми невидимими лініями. Повертаємося знову в робочий простір «Рисование и аннотация».

Для створення виглядів з моделі натискаємо кнопку «Базовий» на стрічці (крайня кнопка праворуч). У випадяючому меню вибираємо «Из пространства модели», переносимо курсор ліворуч у верхню чверть аркуша і бачимо, що нам пропонується не той вигляд (якщо головний – вигляд спереду, то продовжуємо) тоді ліворуч вгору на стрічці «Ориентация» зі списку вибираємо «Текущий» орієнтація моделі змінилася. Якщо ви впевнилися, що це той вигляд, який

потрібно, то продовжуєте. Якщо ні, то пролистайте всі можливі вигляди, якщо не знайшли, то варто повернутися в простір моделі і встановити потрібний вигляд та зробити його поточним.

Модель потрібної орієнтації переносимо ліворуч у верхню чверть (вона рухається за курсором) і натискаємо лівою клавішею у потрібному місці – вставляється головний вигляд, далі правою клавішею – вигляд фіксується. Тягнемо курсор вниз і під головним виглядом виставляємо вигляд зверху і натискаємо ліву клавішу. Переводимо курсор на головний вигляд, тягнемо праворуч і на місці вигляду зліва тиснемо ліву клавішу, щоб закінчити створення виглядів натискаємо праву клавішу. З'являються три вигляди з контурними і невидимими лініями. Цієї геометрії достатньо, щоб приготувати повністю креслення з потрібними розрізами і розмірами. В аркуш можна вставити рамку з основним написом. Створюєте потрібні шари для контурних, осевих і розмірних ліній і дооформлюєте креслення.

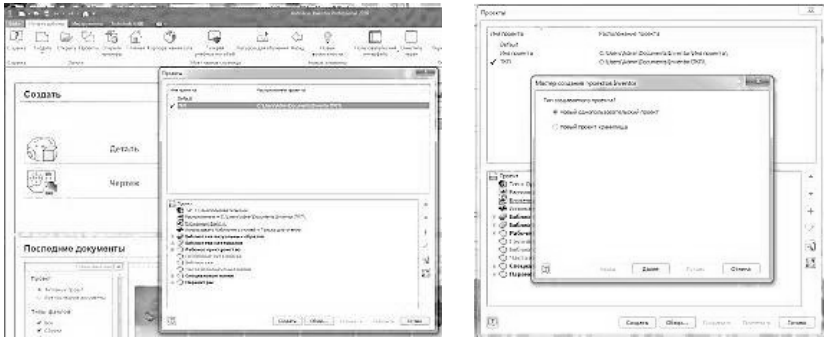
Щоб сховати рамку плаваючого вікна поміщуємо її в шар невидимих ліній, який створився у процесі створення виглядів. Ці два шари видимих і невидимих ліній заморожуємо. На рисунку представлено приклад оформлення завдання 3.



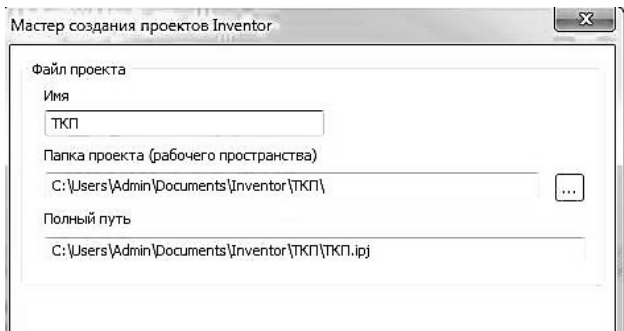
Розділ 14.

Початок роботи з Inventor

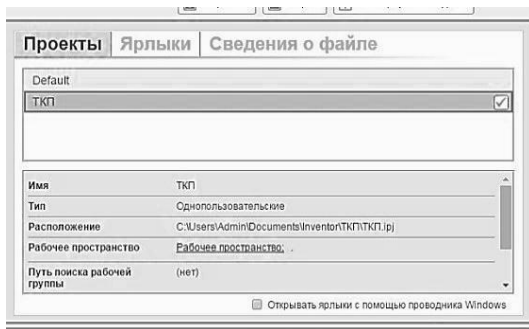
Розпочнемо зі створення проекту, в якому будуть зберігатися тривимірні об'єкти й креслення.



Файл проекта створюється перед початком роботи над ним після завантаження Inventor, але ви можете створити його в будь-який час, але активувати можна тільки тоді, коли всі дані в Inventor закриті.



На вкладці «Начало работы», натисніть кнопку «Проекты» на панелі «Запуск». Ця дія викликає діалогове вікно проекту (див. рис.), у якому ви можете керувати активним проектом або редагувати існуючий. Натисніть кнопку «Создать» внизу діалогового вікна. Ця дія запустить «Мастер создания проектов в Inventor», де крок за кроком ви створите його новий файл. Виберіть «Новый одно-пользовательский проект» і натисніть кнопку «Далее».



Введіть ТКП у поле «Имя проекта».

Введіть або виправте створений за замовчуванням шлях на C:\Users\ (шлях до вашої папки)\ТКП\ТКП .ipj у полі «Расположение».

Перевірте ваші дані і натисніть кнопку «Готово», коли переконаєтеся, що виконали все необхідне для створення файлу. У діалоговому вікні «Проекты» виберіть поточний проект, щоб його активувати.

Таким чином ми створили проект, у якому будуть зберігатися всі ваші файли. У процесі відкриття Inventor у вікні проти вашого проекту буде стояти галочка. Якщо у вас їх декілька, то навпроти поточного буде стояти галочка, але ви вибирайте потрібний.

У нас створився проект, галочка напроти нього позначає, що він активний. Подвійним натисканням миші можна перемикатися між ними. Натискаємо «Готово».

Щоб працювати з Inventor ефективно, необхідно розуміти значення й створення файлу проекту. Файл проекту – це конфігураційний файл, який надає інформацію, де зберігаються дані про проект. Крім того, він може бути використаний для пошуку файлів, які необхідні Inventor для шаблонів, а також для управління можливістю користувача змінювати стандарти.

Файл проекту також важливий для організації роботи кільком проектантам з даними і у якій послідовності. Його можна скопіювати та передати кільком користувачам.

Розділ 15.

Створення моделі деталі в Inventor

15.1. Створення моделі деталі

Можна приступити до створення деталі. Якщо ви не впевнені у тому, яка система використовується за замовчуванням, особливо в англійській версії. Inventor то необхідно **на стрічці** натиснути кнопку «Создать». Це надає нам можливість вибрати потрібний шаблон. Якщо у вас локалізована версія (російська), то натискаємо «Деталь» у вікні «Создать» (рис. 15.1), у вікні проекти вибираємо «ТКП».

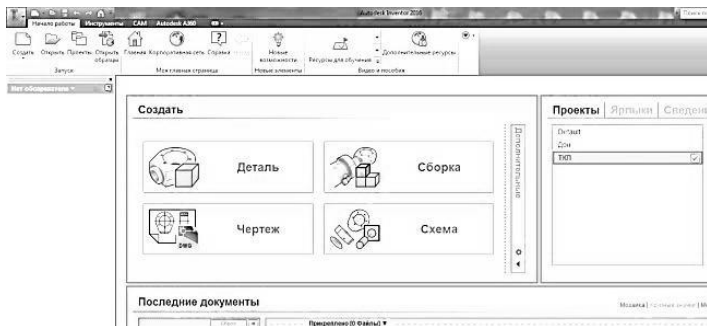


Рис. 15.1. Вікно початку роботи зі створення об'єкта

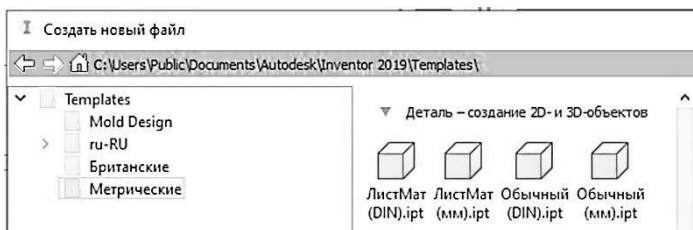


Рис. 15.2. Вибір потрібного шаблону «Обычный (мм) .ipt»

В Inventor робота над моделлю деталі починається з побудови ескізу двовимірного чи тривимірного. Вибираємо «**Начать 2D-эскиз**». Вам пропонується вибрати робочу площину і на ній починати побудову ескізу. Оскільки Inventor, на відміну від AutoCAD, новий для вас продукт, розглянемо його більш детально.

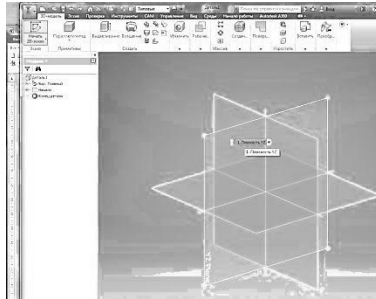


Рис. 15.3. Початок побудови ескізу

Розділ 16.

Інтерфейс Autodesk Inventor

Тепер розберемося з інтерфейсом створення деталі (див. рис. 16.1). У верхній частині інтерфейсу програми є різні вкладки, на панелях згруповані команди.

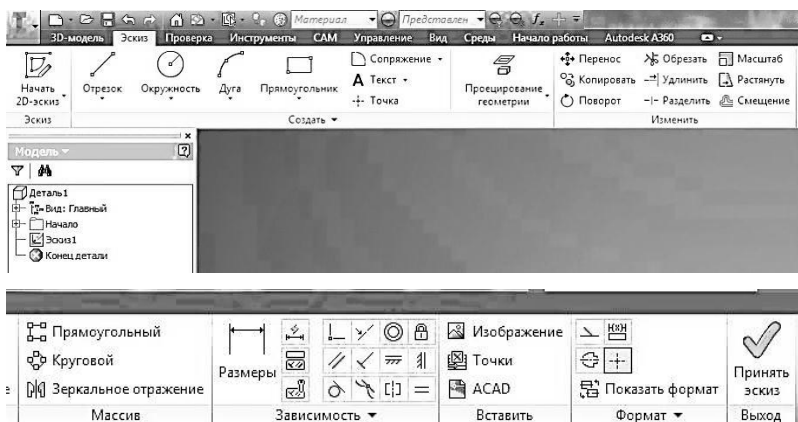


Рис. 16.1. Меню вкладки; (внизу продовження стрічки)

На вибір методу побудови моделі деталей і складань, презентацій і креслень впливає налаштування системи, проведене користувачем з метою забезпечення ефективної роботи.

Користувачський інтерфейс Inventor дозволяє працювати на інтуїтивному рівні, використовуючи наявні на екрані графічні піктограми й підказки, виведені програмою. Стандарти інтерфейсу, використовувани в Inventor, аналогічні стандартам Microsoft Windows. Тому інтерфейс Inventor схожий на інтерфейс більшості додатків Windows і містить стандартні для таких додатків засоби: головне вікно, що містить графічну область, дочірні вікна, що закріплюються, панелі інструментів,

палітри інструментів, браузер (аналог Microsoft Explorer) і контекстні меню, які викликаються натисканням правої кнопки миші, та ін.

Стрічковий інтерфейс Inventor перевершив інтерфейс багатьох прикладних програм (рис. 16.1). Inventor активно пропонує оптимальний набір інструментів тоді, коли вони найбільше потрібні.

У верхній частині вікна Inventor знаходиться заголовок. Він показує, що ви використовуєте Autodesk Inventor, або буде відображати ім'я активного файлу, коли ви його редагуєте.

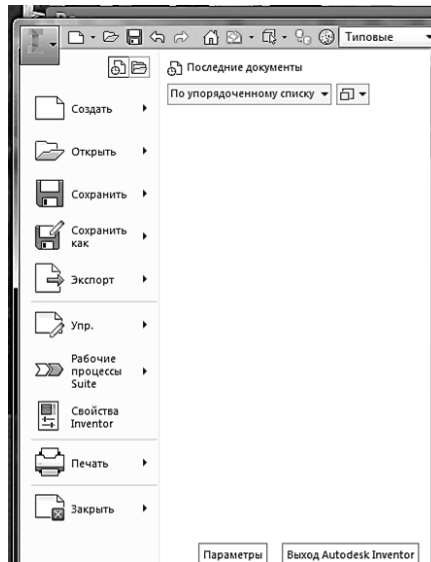


Рис.16.2. Файл-меню (Меню приложения)

У верхньому лівому куті виділяється кнопка з великою буквою **I** (рис. 16.2), яке ліворуч відображає інструменти для створення й керування файлами, а праворуч – список останніх створених документів.

Так само ви можете перемикатися між списком останніх документів і тільки що відкритими документами та змінювати вигляд списку з назв до іконок, які позначають файл.

Поруч з іконкою «**Меню приложения**» розташована панель «**Быстрый доступ**», яка містить загальні інструменти доступу до нових шаблонів файлів, скасування й повтор дій, друку. Панель динамічна і різні додаткові інструменти можуть бути додані в активному файлі.

Ви можете налаштувати цю панель додаванням постійно використовуваних інструментів. Щоб зробити це, виберіть необхідний інструмент у стрічці, натисніть праву кнопку миші й виберіть додати на панель **«Быстрый доступ»** з контекстного меню або натиснувши кнопку зі стрілочкою вниз з правого кінця панелі і виберіть зі списку перелік потрібних інструментів.

На відміну від AutoCAD, де один файл може містити дані різних типів, в Inventor вони зберігаються в окремих, зв'язаних один з одним, файлах:

- 3D моделі деталей зберігаються у файлах з розширенням .IPT;
- 3D моделі виробів зберігаються у файлах з розширенням .IAM;
- 2D креслення зберігаються у файлах з розширенням .IDW;
- файли схем, що містять описи розібраних виробів і спеціальні вигляди виробів, мають розширення .IPN.

Під час першого запуску Inventor з'являється діалогове вікно **«Начало работы»** (рис. 16.1), що містить свою стрічку. Автоматично відкриваються три вікна: **«Создать»**, **«Проекты»**, **«Последние документы»**. У вікні **«Создать»** (рис. 16.1) пропонується вибір того, що потрібно створити: деталь, складання, креслення, схема. У ході вибору будь-якого з них завантажується відповідний шаблон і відкривається відповідне вікно.

«Открыть» – кнопка відкриття діалогового вікна. **«Открыть файл»** – вибір файлу для відкриття будь-якого існуючого файлу проєкту. Під вікном **«Создать»** розташоване вікно **«Последние документы»** з поточними файлами.

«Проекты» – кнопка відкриття діалогового вікна **«Проекты»** – створення чи вибір файлу для редагування існуючого проєкту. Під вікном **«Создать»** розташоване вікно з поточними проєктами, де навпроти активного проєкту стоїть галочка (рис. 16.1). Під час відкриття файлу в папці, що не входить у проєкт, буде потрібно виконати ручний пошук пов'язаних з ним файлів, тому рекомендується додати в нього шлях до всіх файлів, перш ніж починати роботу з ними.

Вибираємо **«ДЕТАЛЬ»** і відкривається вікно з меню для створення деталі, яке має уже стартовий браузер (рис. 16.2 і 16.3).

Створення моделі деталі виконується на базі шаблону і починається зі створення ескізу для подальшого формування об'ємного елемента деталі шляхом операцій видавлювання, обертання, зсуву тощо.

Файли шаблонів зберігають усі налаштування, які можуть знадобитися під час створення моделі деталі, складання, креслення, презентації. Якщо користувачеві необхідно створити набір файлів, що володіють

схожими налаштуваннями, то зручніше застосовувати заздалегідь створені файли шаблонів.

Користувач може створювати власні шаблони, які містять різні одиниці виміру, стандарти підприємства (стандарти, що враховують специфіку розробок), властивості файлів, геометричні об'єкти й інші параметри за замовчуванням.

Файл шаблону зберігається в папці шаблонів Users\Public\Documents\Autodesk\Inventor 2019\Templates, створеній у процесі установки Inventor на комп'ютері, а також у вкладених в неї папках «Британские» і «Метрические». Користувач може зберігати свої шаблони в папці Templates або нижче в її структурі. У шаблоні може зберігатися інформація про всі властивості, деталі.

Для створення файлу на основі стандартного шаблону для будь-яких типів файлів, деталей, складань, креслень і презентацій необхідно у вікні «Создать» вибрати: деталь; «Сборка»; «Чертеж»; «Схема», які вже пропонуються з відповідними шаблонами.

16.1. Головне вікно Inventor

Головне вікно Inventor, показане на рис. 16.1, матиме вигляд залежно від задач, які розв'язуються. У межах головного вікна розміщуються графічна область, панелі інструментів на стрічці, палітри інструментів і браузер.

Панель інструментів «Стандартная» перебуває у верхній частині екрана, браузер – ліворуч. Користувач може переміщувати панелі інструментів, інструментальну палітру і браузер, а також набудувати робоче середовище Inventor.

Активне вікно визначає набір панелей інструментів на стрічці і на інструментальних палітрах Inventor (рис. 16.1). За наявності відкритих одночасно файлів деталі, виробу й креслення, палітра й панелі інструментів будуть змінюватися під час перемикання між активними вікнами.

У головному вікні Inventor утримується п'ять основних функціональних зон:

- рядок заголовка (стандартний для Windows), у якому зазначено ім'я файлу, а також три кнопки керування вікном;
- панель «Быстрый доступ»;
- «Меню приложения» (головне системне меню);
- стрічка з панелями інструментів, перелік яких залежить від обраного типу файлу;

- робоча графічна зона, у якій проводиться створення деталі, складання, креслення або презентації;
- рядок стану.

16.2. Особливості «Лента»

У стрічці «Лента» доступно багато опцій, які визначають форму інструментів, згрупованих у вкладках на панелі.

Вкладки. Опції «Сборка, Проектирование, Модель» та інші називаються вкладками. Активна вкладка завжди має спеціальне зелене підсвічування (рис. 16.3.) виділена, порівняно з іншими, які просто представлені найменуваннями на фоні «Лента» (рис. 16.1 чи 16.3).



Рис. 16.3. Вкладка «Эскиз»

Активна вкладка міняється автоматично, під час переходу з одного робочого середовища до іншого.

Існують вкладки, які з'являються тимчасово, коли використовуються спеціалізовані інструменти або вибране спеціалізоване робоче середовище, таке як «Эскиз» або «Визуализация 3D-модели».

Вони активуються автоматично, але видно спеціальне зелене підсвічування, яке допомагає зрозуміти, яка вкладка і який інструмент на ній доступний.

Панелі. На кожній вкладці спеціальні набори інструментів відсортовані на панелях. Наприклад, на рис. 16.1 ви можете побачити: «Создать, Изменить, Зависимость, Массив» і інші панелі на вкладці «Эскиз». Часто використовувані інструменти позначаються більшими іконками, так їх легше знайти. Іноді не всі інструменти можна

розмістити на панелі, тому деякі панелі **«Создать, Зависимость»** мають поруч із назвою стрілочку. Це означає, що ви можете розкрити панель, щоб отримати більше інструментів. Це також дозволяє приховати інструменти, які рідко використовуються. Можна змінювати порядок панелей на вкладці.

Інструменти. Кінцевий елемент «Лента» – це іконка або назва інструменту. Їх назви розташовуються поруч з іконками. Коли будете почувати себе більш комфортно з інструментами, ви можете заощадити місце, відключаючи відображення найменувань. Ви також можете приховувати «Ленту» повністю або частково, якщо вам необхідно більше робочого простору.

Вікно браузерера – у ньому відображається ієрархія об'єктів у файлі.

Вікно креслення – призначається для графічного зображення об'єктів.

Графічна область – відображається під час відкриття файлу, у разі відкриття більш ніж одного файлу вони згортаються у вкладки з іменем файлу, одна з них активна.

Вікно креслення є основною робочою областю екрана. У режимі роботи з ескізом воно покрите фоном з сіткою, параметри якої задаються користувачем, на ньому показані осьові лінії. У стартовий момент позиціонується система координат, утворена площинами YZ, XZ і XY, з осями X, Y і Z, на перетині яких знаходиться початок координат (рис. 15.3). Перед початком роботи над створенням ескізу пропонується вибрати площину побудови.

Активним вікном називається вікно файлу, робота з яким проводиться на цей момент. Вигляд активного вікна й режим роботи Inventor залежать від розв'язуваних завдань – кожному робочому середовищу відповідають свої стандартні панелі й інструментальні палітри, браузерери та інструменти. Число й місце установки панелей інструментів на екрані визначаються користувачем. За наявності відкритих одночасно файлів деталі, виробу й креслення, палітра й панелі інструментів будуть змінюватися під час перемикання між активними вікнами.

У нижньому лівому куті графічної зони розташований значок осей координат – 3D-індикатор (червона стрілка відповідає осі X, зелена – осі Y, синя – осі Z). Якщо індикатор відсутній на екрані, то для його виведення на екран необхідно виконати команду **«Сервис/Настройки/Общие»**, встановити прапорець 3D-осі координат і натиснути на кнопку ОК. Під час роботи з виробами, піктограма показує як орієнтовані осі координат.

16.3. Браузер

Панель браузера за замовчуванням розташовується ліворуч під стрічкою (рис. 16.3). Браузер може бути закріплений на будь-якій стороні головного вікна Inventor, але після переміщення палітри інструментів браузер займає ліву частину графічного вікна, що полегшує читання відображуваної ієрархічної структури деталей (дерево моделі), вузлів, презентацій і креслень. Для кожного робочого середовища браузер унікальний, тому що завжди відображає інформацію активного файлу.

Вікно перегляду браузера служить для:

- копіювання існуючих елементів і деталей;
- керування процесом проєктування деталей, вузлів і поверхонь у різних режимах;
- модифікування деталей і вузлів, їх переміщення, видалення й перейменування;
- відображення історії створення файлу, що містить елементи й інші деталі.

Об'єктами ієрархії є створені користувачем ескізи, елементи й компоненти. Обмежень на кількість елементів і рівнів структури, відображених у браузері, не існує. Для перегляду елементів, які не помістилися в зоні структури браузера, можна скористатися смугами прокручування, розташованими збоку й знизу зони структури.

У верхній частині браузера розташовується панель інструментів, яка під час роботи з файлами деталей містить кнопку накладення фільтра. У процесі створення великих виробів вміст браузера може ускладнитися, тому, щоб сховати частину непотрібних геометричних елементів, можна використовувати опції цієї команди. Крім того, з їхньою допомогою можна керувати видимістю робочих елементів у структурі, що спрощує роботу, як зі складальними залежностями, так і з конструктивними елементами деталей. Можна також задавати режим, за якого відображаються тільки безпосередньо підлеглі елементи, а також приховувати примітки, документи й попередження. Перемикання фільтрів відбувається установкою або скиданням прапорців відповідних опцій.

Під час роботи з файлами виробів браузер доповнюється командою зміни представлення іменованого вигляду.

Контекстне меню. Браузер надає швидкий доступ до команд і опцій для роботи з обраними конструктивними елементами, ескізами й залежностями через контекстне меню, яке викликається натисканням правої кнопки миші. Наприклад, якщо необхідно відредагувати який-небудь об'єкт, його потрібно виділити у вікні браузера і в контекстному

меню для цього елемента вибрати команду «**Редактировать**». Якщо необхідно вилучити об'єкт, то його також варто виділити у вікні браузера, натиснути праву кнопку і в контекстному меню вибрати команду «**Удалить**».

Склад контекстного меню може мінятися залежно від налаштування браузера й типу обраного елемента. За допомогою опцій контекстного меню деталі можна:

1. Задавати адаптивність для ескізу, конструктивного елемента або деталі. Якщо є залежності з опорою на фіксовану геометрію, то можуть змінитися розміри й форма.

2. Копіювати елемент у буфер обміну. Вміст буфера обміну може бути вставлений у поточний файл або інший документ, а також може бути використаний іншим додатком. Якщо елемент із буфера обміну вставляється в поточний файл, то новий елемент позиціонується в точці початку координат, а його значок у браузері розміщується у нижній частині ієрархії.

3. Викликати блокнот інженера для створення примітки, приєднаної до обраного об'єкта. Якщо до компонента прикріплена замітка, під папкою «Начало» з'являється папка. Подвійне натискання на іконку замітки відкриває блокнот інженера.

4. Видаляти обраний елемент із браузера й графічної області.

5. Викликати каталог компонентів «**Design Assistant**» для створення звітів, редагування властивостей, а також для перегляду відомостей щодо елементів деталі у табличній формі.

6. Викликати діалогове вікно редагування конструктивного елемента для зміни розмірів, методу обмеження та інших параметрів.

Редагувати/активізувати ескіз. Проводиться завантаження команд палітри роботи з ескізами. Команди дозволяють редагувати розміри й залежності, криві та інші елементи геометрії. У процесі редагування можна:

- змінювати форму елементів геометрії ескізу, перетягувати об'єкти в графічній області;
- виконувати пошук необхідного елемента в графічній області й візуалізувати його великим планом;
- викликати електронну довідку для поточної операції;
- вимірювати кут між двома вибраними відрізками, точками, кривими або площинами з виведенням результату;
- вимірювати відстані між двома вибраними точками, відрізками, кривими або площинами з показом результату; можливе підсумовування відстаней і показ загального підсумку;
- створювати чи активізувати ескіз на вибраній робочій площині або плоскій грані;

- викликати діалогове вікно «Свойства» для налаштування властивостей обраного елемента;
- перевизначати обраний ескіз – прив'язувати його до іншої площини або грані;
- розміщувати в браузері копії ескізу, поглиненого конструктивним елементом, для побудови нового конструктивного елемента (опція доступна тільки для поглиненого ескізу);
- відображати ескізні розміри обраного конструктивного елемента з можливістю їх редагування або видалення;
- подавлювати конструктивний елемент в графічній області, у цьому разі відповідний елемент браузера перекреслюється і для відновлення треба вибрати опцію відновлення елемента з контекстного меню;
- включати/відключати видимості елементів у графічній області.

Символи браузера. Для позначення поточного стану компонента в браузері використовуються спеціальні символи. Інші символи в браузері повідомляють користувачеві про помилки залежностей, що виникли в ході накладення. Можна переглядати інформацію щодо залежності, редагувати компоненти й усувати помилки.

Наприклад, символ кінця виробу в браузері означає, що у виробі були створені всі конструктивні елементи. Положення цього символу показує поточний стан конструктивних елементів виробу. Затінені цифри, що перебувають за символом кінця виробу, означають, що ці елементи тимчасово вилучені з моделі.

16.4. Головне меню Inventor

На рис. 16.4 показаний рядок головного меню, який є другим рядком головного вікна і представляє собою систему, яка забезпечує доступ до всіх засобів Inventor, та є основним керуючим центром системи.

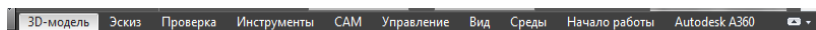


Рис. 16.4. Рядок головного меню

Додаткові команди виконання операцій можуть бути запущені на виконання за допомогою випадаючого меню, яке з'являється після натискання на один з пунктів головного меню. Якщо користувач натисне на певні пункти випадаючого меню (які мають у кінці назви піктограму трикутника), то на екрані з'являться спливаючі меню. Якщо в пункті меню після його назви є три крапки, то це означає, що

ця команда є діалоговою і, в ході її вибору, на екран виводиться діалогове вікно.

У правому кінці рядка з назвами меню розташовані наступні кнопки.

Довідка – кнопка звертання до довідкової системи. Перегляд розділів для одержання інформації з теми, яка цікавить користувача:

- для досвідчених користувачів – через уведення ключового слова та вибір пов'язаного з ним розділу;

- для малодосвідчених користувачів – пошук розділу за словами або фразою.


Довідник за об'єктами – кнопка виклику вбудованого довідника за об'єктами, за допомогою якого користувач може переглянути інформацію про процедуру створення об'єкта. У діалоговому вікні, що відкривається, відображається палітра завдань проєктування деталей, виробів і креслень. Під час натискання на піктограму інструмента забезпечується можливість перегляду анімованого ролика.

Виправити – кнопка виклику коректора помилок. Виявлення й виправлення помилок у деталях і виробих. Кнопка доступна, якщо помилка виділена червоним кольором на екрані.

Якщо в модель були внесені зміни, які несумісні з іншими конструктивними елементами або заважають їм, Inventor відображає інформацію про це у вікні повідомлень. У діалоговому вікні відображається перелік помилок. Якщо помилка очевидна (наприклад, значення радіуса сполучення більше величини ребра, до якого він застосовується), то список відображає простий набір вкладених повідомлень про помилки. Одне повідомлення відноситься до окремого кроку невдалої операції. Якщо у процесі виконання операції відбулося кілька помилок, то для кожної з них видається своє повідомлення.

Для кожної помилки її основна причина викладена в підкресленому тексті червоного кольору. Поруч із цим текстом розташовуються червоний хрест і значок-лампа. Для виділення кольором розташування помилки в графічному вікні варто натиснути на тексті опису помилки. Тиснення червоного хрестика відкриває «**Корректор ошибок**», призначення якого – допомогти в пошуку вирішення проблеми. Під час роботи над виробом для корекції доступні помилки в усіх його компонентах.

16.5. Меню роботи з файлами

Файл-меню, «Меню приложения», (рис. 16.5) може бути викликане на екран натисканням кнопки . Воно включає команди:

- «Создать» – створення нового файлу складання, креслення, деталі або презентації;
- «Открыть» – відкриття файлу Inventor;
- «Закрыть» – закриття файлу Inventor;
- «Сохранить» – збереження файлу Inventor;
- «Сохранить как» – збереження копії файлу в зазначене місце в дереві папок;
- «Экспорт» – збереження файлу в інших форматах;
- «Упр.» – відкриття діалогового вікна керування (див. рис. 16.5.);
- «Рабочие процессы» – відкриття одноименного діалогового вікна керування робочими процесами;
- «Свойства Inventor» – відкриває робоче вікно для задавання властивостей;
- «Печать» – відкриває діалогове вікно управління друком;
- «Закрыть» – закриває всі активні файли.

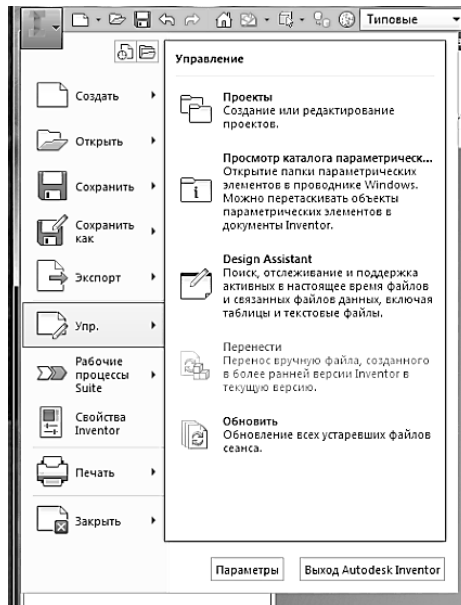


Рис. 16.5. Файл-меню, «Меню приложения»

Усі інші вкладки головного меню відкривають відповідні стрічки, з якими ми будемо знайомитися у процесі виконання поточних робіт.

16.6. Панель навігації


Універсальні команди навігації:

- «Видовой куб»;
- «Штурвалы».

16.6.1. Спеціалізовані команди навігації

«Показать все» 

Під час роботи з моделлю збільшення вигляду виконується так, що всі елементи моделі розміщаються у графічному вікні. У ході роботи із кресленням за допомогою зумування забезпечується видимість усього активного аркуша в графічному вікні.

«Показать рамкой» 

Змінює курсор на перехрестя, необхідне для визначення границь вигляду. Елементи усередині границі збільшуються й заповнюють графічну область.

«Зумирование» 


Змінює вигляд курсору на спрямовані вниз і нагору стрілки. Більша за розміром стрілка спрямована вниз. Команда дозволяє динамічно збільшувати й зменшувати вигляд. Зумування можна здійснювати одночасно з виконанням інших команд.

«Панорамирование» 


Змінює курсор на стрілку, що вказує в чотирьох різних напрямках, яка використовується для переміщення вигляду в графічному вікні.

«Показать выбраное» 

Під час роботи з моделлю відбувається збільшення обраного ребра, конструктивного елемента, відрізка або іншого елемента, так щоб він заповнював графічну область. Вибрати елемент можна як до, так і після виклику команди «Зумирование». У разі роботи із кресленнями кнопка недоступна.

«Поворот модели» 

На початку роботи з моделлю з'являється орбітальне кільце і курсор. Поворот може здійснюватися в площині екрана навколо центру обертання, навколо горизонтальної чи вертикальної осей, або навколо осей X і Y. У разі роботи із кресленнями кнопка недоступна.

«Вид на объект» 

Під час роботи з моделлю відбувається зумування й поворот моделі для показу обраного елемента в площині екрана або показу обраного ребра або відрізка на екрані горизонтально. У разі роботи із кресленнями кнопка недоступна.

«Показать предыдущий» 

Перехід від поточного вигляду до орієнтації й масштабу, обраному в попередньому вигляді.

За замовчуванням команда «**Предыдущий вид**» перебуває на панелі «**Навигация**» вкладки «**Вид**», однак її можна додати на навігаційну панель, натиснувши стрілку, розташовану в правій нижній частині цієї панелі, і вибравши в меню, що розкривається, команду «**Предыдущий вид**».

«Показать следующий» 

Перехід до наступного вигляду після використання команди «**Предыдущий вид**».

16.6.2. Робота з панеллю навігації

Можна налаштувати відображення, положення панелі навігації, а також адаптувати її.



Відображення панелі навігації

Натисніть кнопку в графічному вікні. Виберіть на стрічці вкладки «**Вид**» > панель «**Окна**» > «**Пользовательский интерфейс**», а потім встановіть прапорець «**Панель навигации**».

Закриття панелі навігації для її приховування

На панелі навігації: виберіть кнопку «**Заккрыть**». або натисніть правою кнопкою миші елемент керування й виберіть «**Заккрыть панель навигации**».

Додавання команд на панель навігації

На панелі навігації натисніть «**Адаптация**». У меню адаптації виберіть інструмент навігації, щоб відобразити його на панелі навігації.

Прапорець біля імені інструмента навігації вказує на те, що він уже відображається на панелі навігації.

Видалення команд із панелі навігації

На панелі навігації: натисніть праву кнопку миші й виберіть «Удалить с панели навигации» або натисніть «Адаптация» і в меню, що відкрилося, виберіть команду, яку потрібно вилучити.

Зміна положення панелі навігації й виглядового куба

Виберіть «Адаптация», в меню «Адаптация» виберіть «Позиция закрепления» ► одну з можливих позицій закріплення. Положення панелі навігації й виглядового куба буде змінено.

Прив'язування положення панелі навігації до виглядового куба

На панелі навігації натисніть «Адаптация». У меню «Адаптация» виберіть «Позиция закрепления» ► «Связать с видовым кубом».

Якщо включений зв'язок з виглядовим кубом, положення панелі навігації й виглядового куба в поточному вікні змінюється синхронно. Якщо він не відображається, панель навігації закріплюється у тому положенні, у якому перебував би виглядовий куб.

Розташування панелі навігації уздовж краю вікна

На панелі навігації натисніть «Адаптация». У меню «Адаптация» виберіть «Позиция закрепления» ► «Связать с видовым кубом». На верхній межі панелі навігації відображається ручка захвата для панелі навігації.

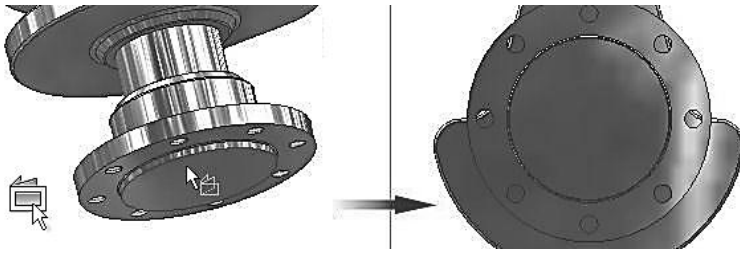
Натисніть ручку й перетягніть панель навігації у будь-яке місце уздовж краю вікна, потім відпустіть кнопку миші. Перетягніть панель навігації у верхню або нижню частину вікна, щоб орієнтувати її горизонтально. Перетягніть її до лівої або правої сторони вікна, щоб орієнтувати її вертикально. Перемістіть панель навігації уздовж краю вікна, щоб налаштувати її положення щодо межі вікна.


Налаштування непрозорості панелі навігації

На панелі навігації натисніть «Адаптация». У меню «Адаптация» ► «Неактивный непрозрачный объект» або «Активный прозрачный объект» і виберіть потрібний варіант.

Відображення моделі перпендикулярно грані

Модель можна розташувати таким чином, щоб обрана грань була паралельна екрану.



На панелі навігації натисніть **«Осмотр»** . У графічному вікні виберіть ребро, відрізок або плоский елемент.

Поворот виглядів моделі

Поворот моделі відносно центру екрана або навколо осей у просторі моделі. Можна використовувати інструменти **«Свободная орбита»** і **«Зависимая орбита»**, коли активні інші команди.



Вільна орбіта

На панелі навігації натисніть **«Свободная орбита»**. Перемістіть мишу ліворуч й праворуч, щоб повернути вигляд відносно вертикальної осі екрана.

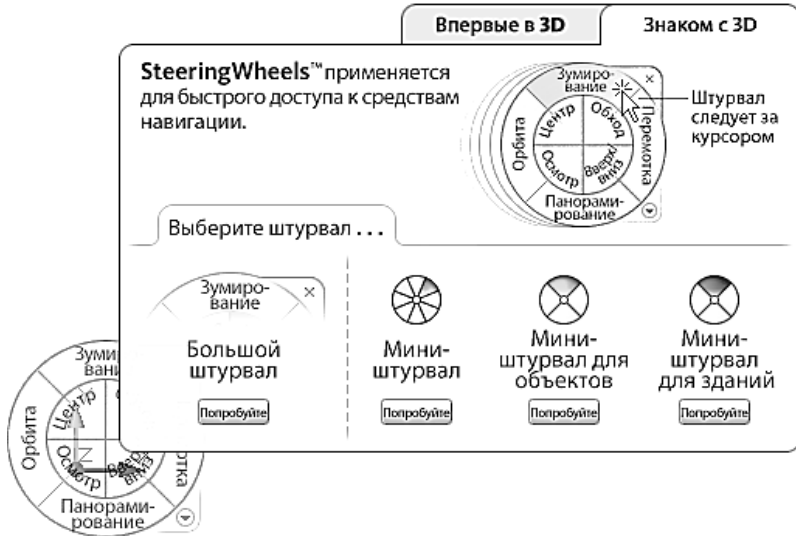
Перемістіть мишу до себе й від себе, щоб повернути вигляд щодо горизонтальної осі екрана.

16.7. Штурвали

Штурвали являють собою меню відстеження (супровідні курсору). Вони поєднують безліч часто використовуваних інструментів навігації в єдиному інтерфейсі.

У якості основного способу взаємодії зі штурвалом використовується натискання й перетягування сектору.

Коли штурвали виводяться на екран уперше і поточним є 3D-вигляд, відображається спливаюча підказка про штурвали. Під час першого запуску з'являється повідомлення з початковими відомостями про штурвали.



16.8. Представлення штурвалів

Можна налаштувати представлення штурвалів, обираючи стиль або змінюючи налаштування непрозорості. Для штурвалів (за винятком 2D штурвала) передбачено два різні стилі: великий і міні.

Розмір штурвала керує розміром його сегментів і відображенням міток на штурвалі. Рівень непрозорості управляє видимістю об'єктів моделі, розташованих за штурвалом.

16.9. Підказки для штурвалів, повідомлення про інструмент і текст поруч із курсором

Під час наведення курсору на кожну кнопку штурвала під ним відображаються спливаючі підказки. Вони містять опис виконуваної дії.

Аналогічно спливаючим підказкам, у процесі активації одного з інструментів навігації штурвала, з'являється інформація про інструмент і текст поруч із курсором. Інформацію про інструмент містить інструкція з його використання. Текст поруч із курсором відображає

ім'я активного інструмента навігації поруч із курсором. Відключення повідомлень про інструмент і текст поруч із курсором впливає тільки на повідомлення, які відображаються під час використання міні-штурвалів або великого супер штурвала.

16.10. Меню штурвала

Меню штурвала містить параметри:

- перемикання між доступним великим і мініштурвалами;
- перехід до вихідного вигляду;
- зміни налаштувань поточного штурвала;
- керування поведінкою орбіти, навігаційних інструментів огляду й 3D-обходу.

Поточний штурвал і програма визначають, які елементи меню для нього доступні.

16.11. Типи штурвалів навігації

Примітка: У файлах .IDW доступний тільки 2D-штурвал. Він розділений на сегменти «Панорамирование», «Зумирование» і «Перемотка». У виглядах .DWG виглядовий куб і всі 3D-штурвали доступні для виглядів моделі. Для вигляду підоснови доступний тільки 2D-штурвал.

16.12. Робота зі штурвалами

Для відображення, закриття, зміни розміру і навігації штурвала використовується миша.

16.13. Відображення штурвала

На панелі навігації натисніть на стрілку вниз і в меню «Штурвали», що розкривається, виберіть тип штурвала (рис. 16.6).

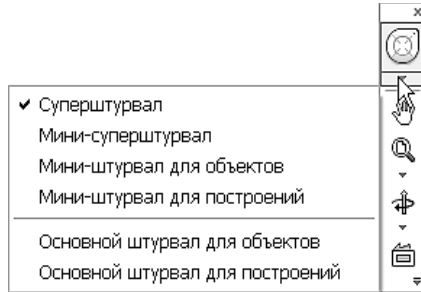


Рис. 16.6. Меню штурвала

16.14. Закриття штурвала

Це можна зробити одним з наступних способів:

- натисніть комбінацію клавіші **CTRL+W**, або кнопку «Закрить»;
- натисніть правою кнопкою на штурвал й виберіть «Закрить штурвал».

16.15. Зміна розміру штурвала

Відкрийте штурвал. Натисніть правою кнопкою миші на нього й виберіть «Параметры». У діалоговому вікні «Параметры штурвала» поруч із параметром «Большой штурвал» або «Мини-штурвал» натисніть на стрілку і в меню, що розкривається, виберіть його тип.

Перемістіть регулятор ліворуч, щоб зменшити розмір штурвала, або праворуч, щоб збільшити. Натисніть «ОК». Або, відкрийте штурвал. Натисніть правою кнопкою миші на нього й виберіть «Свойства». У діалоговому вікні «Параметры штурвала» біля параметра «Непрозрачность штурвала» натисніть на стрілку і в меню, що розкривається, виберіть потрібний варіант. Натисніть «ОК».

Включення підказок або повідомлень інструментів для штурвала

Відкрийте штурвал. Натисніть правою кнопкою миші на нього й виберіть «Параметры». У діалоговому вікні «Параметры штурвала» виберіть «Показывать подсказки» або «Показывать информацию об инструментах». Натисніть «ОК».

Примітка: Підказки відображаються для всіх сегментів і кнопок на штурвалі під час переміщення покажчика миші. Повідомлення відображаються у разі використання інструментів навігації.

16.16. Суперштурвал

Використовується:

- для панорамування – натисніть і утримуйте колесо скролінгу миші;
- щоб збільшити або зменшити зображення – прокрутіть колесо скролінгу миші;
- для обертання моделі орбітою – утримуючи натиснутою клавішу SHIFT, натисніть і утримуйте колесо скролінгу і рухайте мишу.

16.17. Виглядовий куб

Autodesk® ViewCube® являє собою постійний інтерфейс, який можна вибрати й повернути для корегування точки огляду моделі. Він відображається у правому верхньому куті вікна в неактивному стані. Він стає активним, якщо навести на нього курсор.



Додатковий компас відображається під інтерфейсом «Видовий куб». Він вказує, який напрямок визначений як «Север» для моделі.



Примітка: Положення нульової площини моделі пов'язане з виглядовим кубом. Його перевизначення може вплинути на положення нульової площини.

Під час зміни вигляду виглядовий куб змінює положення, щоб забезпечити візуальне представлення про поточну точку огляду моделі.

Для керування виглядом моделі можна:

- перетягнути або натиснути ViewCube;
- перемкнутися на один з доступних стандартних виглядів;
- повернутися до поточного вигляду;
- перейти до вихідного вигляду.

У ході вибору виглядового куба або компаса для зміни орієнтації моделі, вона обертається навколо точки, яка відображається в центрі об'єкта, обраного останнім.

16.18. Представлення виглядового куба

ViewCube відображається в неактивному або активному стані. Якщо виглядовий куб неактивний, за замовчуванням, він відображається частково прозорим. Коли інструмент активний, він відображається непрозорим і може приховувати зображення об'єктів на поточному вигляді моделі.

Можна керувати рівнем непрозорості неактивного інструмента ViewCube, а також вибирати наступні параметри:

- розмір;
- положення;
- орієнтацію за замовчуванням;
- відображення компаса.
-
-

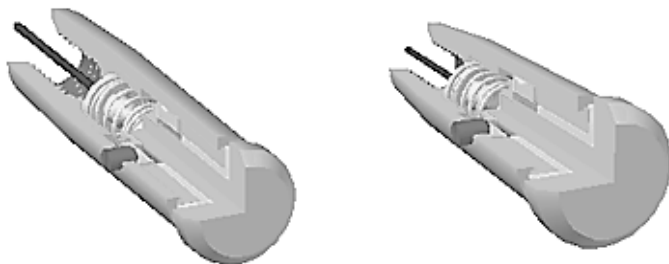
16.19. Вигляди в перспективі й ортогональні вигляди

Виглядовий куб підтримує дві різні проєкції вигляду:

Перспективна: вигляди в перспективній проєкції розраховуються на підставі відстані від теоретичної камери й цільової точки. Чим менше відстань між камерою й цільовою точкою, тим більше є спотвореним зображення через ефект перспективи. Збільшення відстані призводить до зменшення викривлення моделі.

Ортогональна: ортогонально спроєктовані вигляди відображають усі точки моделі в натуральну величину, яка проєктується паралельно екрану.

На рисунку показано одну модель із одним напрямом погляду, але з використанням різних проєкцій.



Перспективна з ортогональними гранями: під час зміни вигляду для моделі відбувається його поновлення. Він використовує останній режим проєктування, за винятком тих випадків, коли поточним режимом проєктування, установленим для виглядового куба, є перспективна проєкція з ортогональними гранями. У цьому випадку всі вигляди відображаються в перспективній проєкції, якщо тільки модель не розглядається в одному з виглядів граней (паралельних площині проєкції): зверху, знизу, спереду, ззаду, з лівої або з правої сторони.

16.20. Команда «Блокувати в текущий набор»

У меню «Видовой куб» виберіть команду «Блокувати в текущий набор», щоб зафіксувати виглядовий куб для відображення одного або кількох обраних об'єктів. Ця операція визначає центр поточного вигляду і відстань від центру для вигляду на основі обраних об'єктів.

Якщо встановлений прапорець «Блокувати в текущий набор»:

- виділення й зняття виділення об'єктів не впливає на положення центру вигляду або до нього, коли орієнтація вигляду змінюється за допомогою виглядового куба;
- параметр «Показати до границ» блокується; «Показати до границ» не виконується незалежно від налаштувань виглядового куба.

16.21. Робота з виглядовим кубом

Керування відображенням виглядового куба, компасу, а також режимом проєкції вигляду.

16.21.1. Відображення або приховування виглядового куба

Виберіть на стрічці з панелі «Окна» вкладку «Вид» і в меню, що розкривається, «Пользовательский интерфейс» і встановіть або зніміть прапорець «Видовой куб».

Якщо прапорець зняти, ViewCube стає не доступний на панелі навігації.

16.21.2. Відображення або приховування компаса

Натисніть правою кнопкою на виглядовий куб й виберіть «Параметры». У діалоговому вікні «Параметры видового куба» у розділі «Компас» встановіть або зніміть прапорець «Показывать компас».

Якщо прапорець установлений, компас відображається під інструментом ViewCube і вказує напрямок на північ для моделі. Якщо прапорець зняти, компас схований. Натисніть кнопку «ОК».

16.21.3. Керування представленням виглядового куба

Натисніть правою кнопкою на виглядовий куб та виберіть «Параметры». У діалоговому вікні «Параметры видового куба» у розділі «Отображение» виберіть зі списку:

- «положение на экране»;
- «размер видового куба»;
- «непрозрачность при неактивности».

Натисніть «ОК».

16.21.4. Налаштування режиму проєктування вигляду

Натисніть правою кнопкою на інструмент ViewCube і виберіть один з наступних параметрів:

- «ортогональная»;
- «перспективная»;
- «перспективная с ортогональными гранями».

16.21.5. Блокування вигляду одного або кількох об'єктів

Натисніть виглядовий куб правою кнопкою миші й виберіть «Блокировать в текущий набор».

Якщо прапорець установлений, то під час зміни орієнтації вигляду виглядовий куб використовує обрані об'єкти для обчислення центру вигляду. Виконується зумування до границь обраних об'єктів. Якщо прапорець зняти, то виглядовий куб використовує обрані об'єкти для обчислення центру вигляду й масштабує його до меж моделі.

16.21.6. Зняття блокування вигляду

У меню виглядового куба зніміть прапорець **«Блокувати в текущий набір»** або натисніть кнопку **«Блокувати в текущий набір»** (біля кнопки **«Исходный вид»**).

16.21.7. Зміна орієнтації вигляду

Для зміни орієнтації поточного вигляду моделі використовується виглядовий куб. Можна змінити орієнтацію вигляду моделі за допомогою інструмента **«Видовой куб»**. Для цього натисніть попередньо визначені області, щоб установити попередньо визначений вигляд як поточний, і перетягніть їх, щоб довільно змінити кут вигляду для моделі й визначити або відновити вигляд **«Главный»**.

16.21.8. Зміна орієнтації поточного вигляду

Інструмент **«Видовой куб»** надає двадцять шість попередньо визначених елементів, якими можна скористатися для зміни поточного вигляду моделі. Двадцять шість елементів розподілені на три групи: кути, ребра й грані. Шість із двадцяти шести елементів представляють стандартні ортогональні вигляди моделі: зверху, знизу, спереду, ззаду, з лівої і з правої сторони. Установка ортогональних виглядів виконується натисканням лівої кнопки миші на одну з граней виглядового куба.

Примітка: Під час наведення курсору на одну з виділених областей в інструменті **«Видовой куб»** курсор змінюється на стрілку з маленьким кубом, позначаючи активацію інструмента **«Видовой куб»**. Також відображається підказка. У підказці представлений опис доступних операцій з урахуванням місцезнаходження курсору в інструменті **«Видовой куб»**.

Користувач може використовувати інші двадцять елементів для відображення кутових проєкцій моделі. Після натискання на один з кутів виглядовий куб змінює орієнтацію поточного вигляду моделі на три чверті вигляду на основі точки огляду, визначеної трьома сторонами моделі. Під час натискання на одне з ребер орієнтація вигляду моделі змінюється на половину вигляду на основі двох сторін моделі.

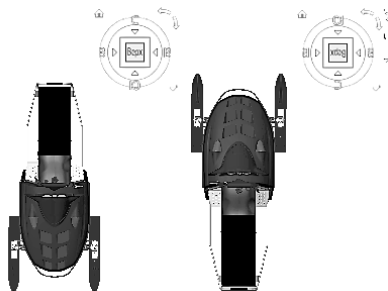


Крім того, виглядовий куб можна перетягнути для зміни орієнтації вигляду моделі довільним чином, установивши вигляд, який налаштовується, відмінний від двадцяти шести визначених елементів. Під час перетягування курсор миші змінюється, указуючи на те, що виконується переорієнтація поточного вигляду моделі. Якщо під час перетягування виглядового куба він наближається до однієї з попередньо заданих орієнтацій, а також обраний параметр прив'язки до найближчого вигляду, то виглядовий куб повертається до найближчої визначеної орієнтації.

Зовнішній контур виглядового куба допомагає визначити форму орієнтації, у якій він перебуває: стандартна або обмежена. Коли він перебуває в орієнтації, що не відповідає одному із двадцяти шести визначених елементів, то його контур показаний пунктирною лінією. Контур виглядового куба показаний суцільною лінією, якщо орієнтація виглядового куба відповідає одному з визначених виглядів.

16.21.9. Поворот вигляду грані

Якщо модель відображається в одному з виглядів грані, біля виглядового куба з'являються дві кнопки зі стрілками повороту. Стрілки використовуються щоб повернути вигляд на 90° за годинниковою стрілкою або проти відносно центру.



16.21.10. Перемикання на суміжну грань

Якщо під час перегляду моделі з використанням одного з виглядів граней виглядовий куб є активним, то біля нього відображаються чотири прямокутні трикутники. Їх використовують для перемикання на вигляд однієї із суміжних граней.

16.21.11. Вигляд спереду

Можна визначити вигляд спереду для моделі, щоб визначити напрямок виглядів граней на виглядовому кубі. Для визначення напрямів виглядів граней на виглядовому кубі крім вигляду спереду також використовується напрямок вгору, установлений для моделі.

Примітка: Вигляд спереду являє собою глобальне налаштування, однакове для точок зору.

Можна задати орієнтацію за стандартним виглядом або за суміжною гранню, повернути вигляд орбітою, використовувати анімовані переходи, повернути вигляд грані, вивчити об'єкт із різних сторін і багато чого іншого.

Зміна орієнтації поточного вигляду

Натисніть грань, ребро або кут інструмента «Видовий куб».

Зміна орієнтації для суміжної грані

Примітка: У якості поточного вигляду повинен бути встановлений вигляд грані.

Натисніть один із трикутників, які відображаються біля ребер інструмента «Видовий куб».



Кожен трикутник дозволяє перейти до одного із суміжних виглядів граней, як у цьому прикладі.



Поворот моделі

Натисніть інструмент «Видовой куб» і, утримуючи натиснутою ліву кнопку миші, перетягніть його в напрямку, в якому модель потрібно повернути.

З анімованими переходами

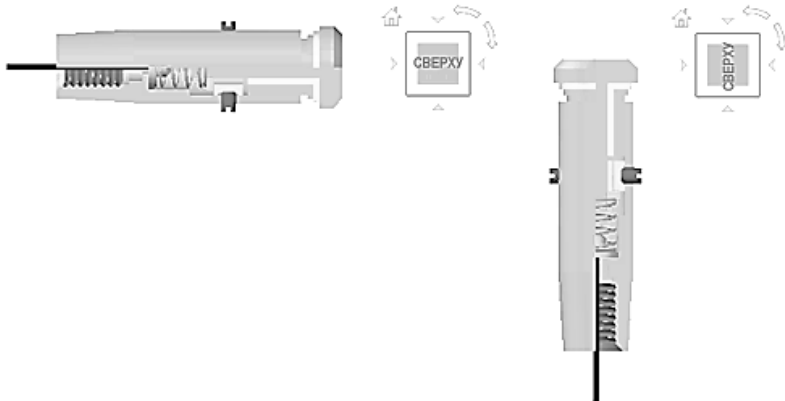
Натисніть інструмент «Видовой куб» правою кнопкою миші й виберіть пункт «Параметры видового куба». У вікні «Редактор параметров» на сторінці «Видовой куб» у вузлі «Интерфейс» установіть прапорець «Использовать анимированные переходы при переключении видов». Якщо прапорець установленний, то з натисканням на заздалегідь задану область інструмента «Видовой куб» перехід від одного вигляду до іншого буде супроводжуватися анімацією. Натисніть «ОК».

Поворот вигляду грані

Примітка: Переконайтеся, що відображається вигляд грані.

Натисніть одну зі стрілок повороту, які відображаються праворуч над інструментом «Видовой куб».

Стрілка ліворуч повертає вигляд на 90° проти годинникової стрілки, стрілка праворуч – на 90° за годинниковою стрілкою.



Визначення об'єктів

У моделі виділіть один або кілька об'єктів для визначення точки центру вигляду. Натисніть на одну із заздалегідь установлених областей виглядового куба або натисніть і перетягніть його, щоб змінити орієнтацію вигляду моделі. Виглядовий куб змінить орієнтацію вигляду моделі відповідно до центральної точки обраних об'єктів.

16.22. Автоматичне вписування моделі у вигляд

Натисніть правою кнопкою миші на виглядовий куб і виберіть **«Параметры»**. У діалоговому вікні **«Параметры видового куба»** для параметра **«При нажатии на Видовой куб»** виберіть **«Вписывать в вид при его изменении»**.

Коли параметр обраний, можна натиснути стандартну область інструмента **«Видовой куб»** для зміни орієнтації моделі й вписати модель у границі вікна. Натисніть кнопку **«ОК»**.

Задавання вигляду спереду

Натисніть правою кнопкою миші інструмент **«ViewCube»** і виберіть **«Установить текущий вид в качестве вида спереди»**.

Примітка: Спочатку необхідно орієнтувати вигляд. Використовуйте конструкторський вигляд, щоб можна було визначити, що вважається передньою частиною моделі з верхньою частиною, спрямованої нагору. Потім виберіть параметр **«Установить текущий вид в качестве вида спереди»**.

16.23. Відновлення вигляду спереду

Натисніть правою кнопкою миші на **«ViewCube»** і виберіть **«Сброс вида спереди»**.


Установка вихідного вигляду

Натисніть правою кнопкою миші на виглядовий куб і виберіть **«Установить текущий вид в качестве исходного»**.

Зміна орієнтації моделі для повернення до вихідного вигляду

Натисніть правою кнопкою миші на виглядовий куб і виберіть **«К исходному»**.

Застосування збереженого вихідного вигляду як поточного

Правою кнопкою миші натисніть **«Исходный вид»** () над виглядовим кубом.

16.24. Налаштування панелі «Быстрый доступ»

На панель «Быстрый доступ» (ПБД) можна додати будь-яку кількість команд. Якщо необхідно розмістити низку команд, можна закріпити панель швидкого доступу під стрічкою. Команди, які не поміщаються на панелі, відображаються в меню, яке розкривається. Додані команди відображаються на панелі «Быстрый доступ» праворуч від команд за замовчуванням.

Команда «Возврат» доступна тільки на панелі «Быстрый доступ». Ця команда виконує вихід з режиму контекстного редагування й повернення у попередні стани редагування, у батьківський компонент або на верхній рівень моделі.

16.25. Додавання або видалення команд на панель швидкого доступу

На панелі швидкого доступу (ПБД) натисніть на стрілку меню, що розкривається.



У меню «Адаптація» натисніть назву команди, яку потрібно відобразити на панелі швидкого доступу. Прапорець біля назви означає, що команда відображається на панелі швидкого доступу.

Додавання команд у меню адаптації ПБД

На стрічці натисніть правою кнопкою миші команду, яку необхідно додати й виберіть «Добавить» на панель швидкого доступу.

Розміщення ПБД над або під стрічкою

На панелі швидкого доступу натисніть стрілку вниз списку. У меню «Адаптація» натисніть «Показать над лентой» або «Показать под лентой» для відображення панелі швидкого доступу вище або нижче стрічки.

Розділ 17.



Створення й редагування ескізів

Ескізи в Inventor відіграють одну з визначальних ролей. За допомогою ескізів будуються майже всі тривимірні моделі, крім спеціальних (кріпильних, спеціальних).

Ескізи можна створювати, редагувати або видаляти.

Створення ескізу

Для створення ескізу в деталі або у складанні можна виконувати одну з наступних дій:

- на вкладці «**3D-модель**» виберіть «**Начать 2D-эскиз**»  або «**Начать 3D-эскиз**» ;
- натисніть праву кнопку миші в браузері й виберіть «**Новый эскиз**» або «**Новый 3D-эскиз**»;
- натисніть плоску грань або робочу площину деталі і виберіть «**Новый эскиз**».

Для створення ескізу у файлі креслення перейдіть на вкладку «**Разместить виды**» ► «**Начать эскиз**».

Редагування ескізу


Виконайте одну з наступних дій.


- двічі натисніть значок ескізу в браузері;
- правою кнопкою миші натисніть «**Эскиз**» в браузері й виберіть «**Редактировать эскиз**» або «**Редактировать 3D-эскиз**»;
- правою кнопкою миші натисніть площину ескізу в графічній області й виберіть «**Редактировать эскиз**» або «**Редактировать 3D-эскиз**».

Щоб додати геометрію й застосувати залежності, розміри й елементи, використовуйте команди вкладки «**Эскиз**» або «**3D-эскиз**».

Прийняти ескіз

Щоб вийти із середовища ескізу, необхідно прийняти ескіз.

Щоб завершити побудову 2D-ескізу, на вкладці «**Эскиз**» натисніть «**Принять эскиз**»  або праву кнопку миші в графічній області й виберіть «**Принять 2D-эскиз**».

Щоб завершити побудову 3D-ескізу, на вкладці «3D-ескіз» натисніть «**Принять эскиз**»  або праву кнопку миші в графічній області й виберіть «**Принять 3D-эскиз**».

Видалення ескізу

Виберіть «**Эскиз**» у браузері й натисніть клавішу «**Delete**» або праву кнопку миші й виберіть «**Удалить**».

Примітка: Якщо ескіз є частиною елемента, можна також вилучити і елемент.

17.1. Побудова ескізу

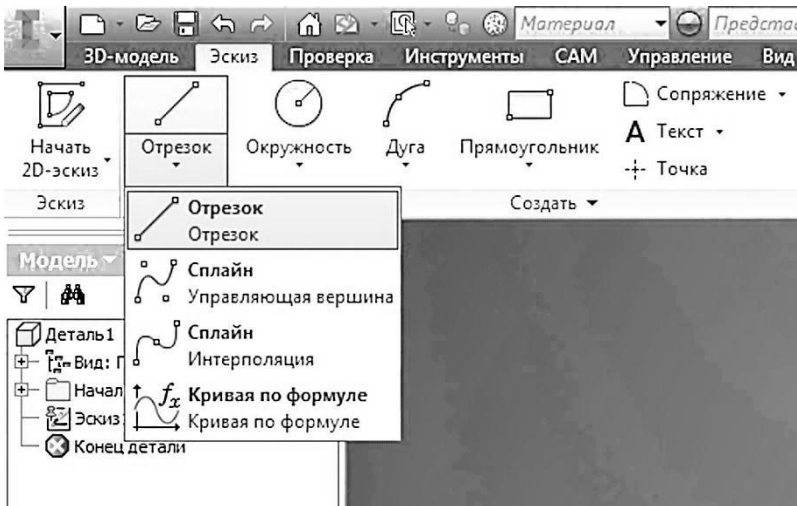


Рис. 17.1. Інструменти для побудови ескізу

Розпочнемо будувати ескіз. Вибрали «Деталь» ► «**Начать 2D-эскиз**» – в робочій зоні з’являються три взаємно перпендикулярні площини: XY – горизонтальна; XZ – фронтальна і YZ – профільна. На них можна формувати, відповідно, вигляд – зверху, спереду і з лівого боку. Під час створення моделі не завжди вдається створити потрібне положення, більше того, може статися, що в процесі побудови моделі виглядовий куб показує вигляд спереду, а модель розташована, як для вигляду зверху. Як багато чого в Inventor, це можна легко виправити, тому поки ви не наберетеся досвіду, не варто на це звертати увагу. Коли модель буде готова ви можете остаточно призначити потрібний вам вигляд (див. вище виглядовий куб). Вибрати потрібну, на ваш

погляд, площину. Вона розвертається паралельно екрану. Можна ввімкнути сітку. У центрі видно осі, які перетинаються в центрі вікна. Для створення ескізу можна використовувати інструменти, які розташовані на вкладці «Ескіз» (рис.17.1).

Інструменти мають стилізовану іконку і підпис. На стрічці видно поточні інструменти, які використовувались останніми. Усі інші, одного типу, можна вивести, відкривши список (натиснувши стрілочку вниз для цього типу, див. рис. 17.1). Робота з кожним інструментом має свої особливості. Розглянемо їх використання.

Примітка: В Inventor ескіз має свої особливості. Ви можете будувати ескіз за приблизними розмірами, нарямами та зберігаючи, якоюсь мірою, пропорції, а потім накладаючи обмеження і розміри, доводити до потрібного стану. Можна під час створення будувати за розмірами і накладати залежності, як зручніше.

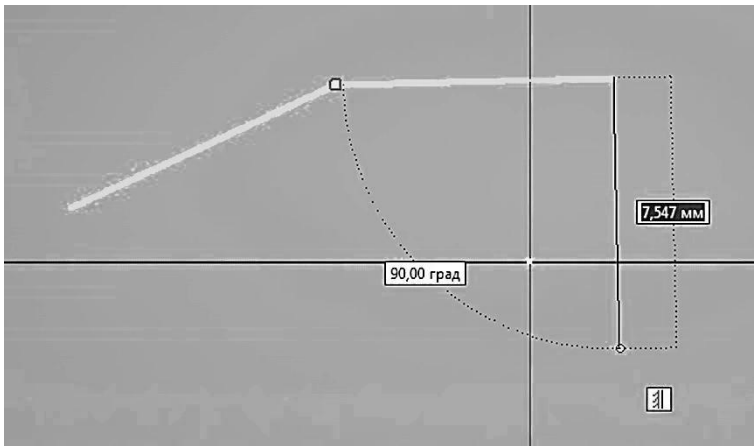


Рис. 17.2. Побудова відрізка

Побудова відрізка прямої, команда «Отрезок». Відрізок прямої будується за двома точками: вказуєте першу точку, тягнете курсор у потрібному напрямку, на екрані з'являється розмір довжини відрізка і кут відносно до попереднього відрізка (рис.17.2). Можна, керуючись цими даними, будувати потрібний відрізок, міняючи довжину і напрям. Внизу вказана залежність (вертикальність). Побудований розмір довжини у віконечку підсвічений, тому можна ввести з клавіатури точне значення. Для перемикання між віконечками значення кута і довжини потрібно натиснути на клавіатурі «ТАБ».

17.2. Залежності в ескізі

Думка про те, що через застосування залежностей геометрії Inventor працює не завжди однаково, часто заважає новим користувачам, що раніше працювали з додатком зі створення 2D-креслень.

Залежності в Inventor мають два основні призначення:

- керування геометричними об'єктами в ескізах;
- установлення зв'язків між компонентами, розміщеними в моделях складання.

У середовищі побудови ескізів в Inventor існує два типи залежностей: геометричні й розмірні (рис.17.3).

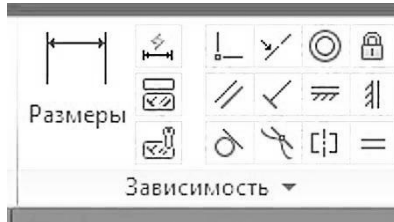


Рис. 17.3. Стрічка – залежності в Inventor

17.3. Геометричні залежності

Геометричні залежності створюються автоматично під час створення ескізу між лініями, дугами чи іншими об'єктами геометрії. Після створення геометрії ескізу можна накласти залежності вручну для стабілізації форми або розташування ескізу. Геометричні залежності дозволяють редагувати ескіз і отримувати передбачувані результати. Так, під час перетягування кінцевої точки лінії, зв'язаної залежністю перпендикулярності з іншою лінією, перпендикулярність зберігається.

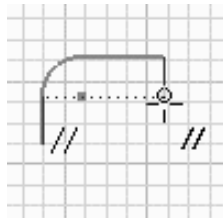
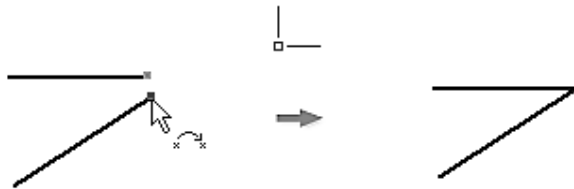


Рис. 17.4. Накладення геометричних залежностей

Залежності формуються у процесі побудови нової або зміни існуючої геометрії. У процесі формування визначається, які залежності можна накласти, оскільки змінюється форма чи орієнтація геометрії. Після завершення формування відображається символ залежності та, якщо необхідно, пунктирні лінії вирівнювання (рис. 17.4).

Незмінність залежностей визначає, чи зберігаються сформовані залежності після створення геометрії. Якщо параметр незмінності залежностей відключений, автоматичне створення залежностей неможливе. Зміна параметрів формування й незмінності може вплинути на результати операцій побудови. На рисунку 17.3 наведені залежності: розмірні ліворуч і геометричні праворуч. Розглянемо їх за розташуванням: зверху вниз, з лівої на праву сторону. Верхня з лівої сторони – суміщення.



17.4. Накладення залежності суміщення



Залежність суміщення дозволяє накласти залежність для двох точок або розмістити одну точку на кривій. У 3D-ескізі також можливо накладення залежності суміщення між точками (або лініями) і поверхнями.

Жовта точка позначає наявність залежності суміщення. Щоб визначити геометрію, на яку накладена залежність, наведіть курсор на жовту точку. Відобразиться символ залежності суміщення.

Зелена точка означає, що залежності суміщення налаштовані на видалення під час дозволеного перетягування в режимі скасування.

В активному ескізі виберіть вкладку «Ескиз» ► панель «Зависимость» ► «Зависимость совмещения»  (2D) або вкладку «3D-Эскиз» ► панель «Зависимость» ► «Зависимость совмещения»  (3D-Эскиз).

Щоб задати точку для накладення залежності натисніть у графічному вікні, а потім виберіть геометрію, з якою буде пов'язана точка.

Натисніть праву кнопку миші й виберіть «Готово» чи «ESC» або виберіть інший інструмент або команду.

Під час накладення залежностей суміщення необхідно враховувати наступне:

Залежність суміщення автоматично створюється в кінцевих точках кривих, побудованих під час виконання команди «**Отрезок**». Пов'язана залежністю точка може перебувати і поза кривою або її продовженням.

17.5. Розмірні залежності

Параметричні розміри – тип залежностей в ескізі, які дозволяють визначити розміри і положення геометрії. Розміри створюються автоматично у процесі введення значень у поля введення під час створення геометричних об'єктів або вручну за допомогою команди «**Размеры**». Значення розмірів можуть бути виражені числовими постійними, змінними за рівнянням або у файлі, параметрами.

Відредагуйте розмір для зміни розміру зв'язаної геометрії. Розміри ескізу можна редагувати як до, так і після того, як ескіз стане частиною елемента. Якщо ескіз не поглинений елементом, то його розміри відображаються й доступні для редагування. А якщо ні, то варто вибрати цей елемент у браузері, а потім виконати редагування ескізу.

Якщо в результаті застосування розміру ескіз стане надмірно визначеним, можна прийняти або скасувати його нанесення. Під час прийняття розміру він зберігається як посилальний параметр, його значення вноситься в круглі дужки, відновлення виконується тільки після зміни звичайних розмірів.

Крім того, можна вибрати спосіб відображення розмірів за допомогою параметрів у рядку стану в нижній частині графічного вікна. Виберіть значення в полях «**Значение**», «**Имя**», «**Выражение**», «**Допуск**» або «**Точное значение**». Розміри, які розраховуються за формулами (наприклад, $d5=d2$), відображаються із префіксом «**fx**».

У рядку стану в нижній правій частині графічного вікна відображається кількість розмірів, яка потрібна для повного обмеження ескізу. Під час створення ескізу можна застосувати геометричні або розмірні залежності, щоб скоротити цю кількість до нуля і повністю обмежити (або стабілізувати) геометрію ескізу.

17.6. Звичайні й контрольні розміри

У середовищі побудови ескізів в Inventor розміри можна розділити на два типи: звичайні й контрольні.

Звичайні, або загальні розміри є параметричними, вони визначають розмір геометрії ескізу, тобто «контролюють і визначають» його. У процесі зміни значення звичайного розміру геометрія змінюється відповідним чином.

Контрольні розміри, навпаки, не є параметричними і показують поточне значення геометрії. Значення контрольних розмірів визначається внесеними в геометрію змінами. Редагувати цей тип розмірів для зміни розміру геометрії не допускається. Контрольні розміри, які відображаються в дужках у графічному вікні, дозволяють геометрії ескізу динамічно реагувати на пов'язані зміни.

17.7. Розмірний допуск і властивості

Зробити деталі за точними розмірами неможливо. Надточне дотримання розмірів збільшує вартість виробництва. А занадто великі відхилення від заданих розмірів можуть призвести до неприцездатності деталі. Тому під час накладення розмірних залежностей потрібно вказати допуск для розмірів ескізу. Діапазон припустимих допусків для кожного розміру визначається типом і призначенням деталі, для якої створюється ескіз.

Припустимі розмірні допуски, як правило, встановлюються корпоративними або іншими стандартами. Установити їх можна за допомогою діалогового вікна «**Параметри процесса моделирования**» (вкладка «**Допуски по умолчанию**»). Кожній окремій комбінації ступеня точності й допусків повинен відповідати окремий рядок у таблиці.

17.8. Ступені свободи

Ступенями свободи називаються можливості зміни форми або розміру геометрії ескізу. Наприклад, ступенями свободи кола є положення центру й значення радіуса. У дуги є чотири ступені свободи: центр, радіус і кінцеві точки.

Якщо обмежити всі ступені свободи, накладаючи залежності й розміри, то ескіз стає достатньо визначеним. Якщо ступені свободи не

зазначені, ескіз є недостатньо визначеним. Під час створення геометрії, Inventor відображає символи ступенів свободи для відображення типу геометрії: без залежностей, частково або повністю визначеної.

Після накладення залежностей на геометричні об'єкти й усунення їхніх ступенів свободи символи зникають. І навпаки, у процесі видалення залежностей і додавання ступенів свободи ці символи знову відображаються. Використовуйте символи ступенів свободи, щоб визначити способи накладення геометричних і розмірних залежностей на геометрію ескізу.

17.9. Поради під час роботи із залежностями в ескізі

Стабілізуйте форму перед нанесенням розмірів. Накладайте геометричні залежності до нанесення розмірів. Це захистить форму ескізу від викривлень.

Використовуйте геометричні й розмірні залежності. У деяких випадках накладення залежностей декількох типів може призвести до викривлень недостатньо однозначних фрагментів ескізу. У цьому разі варто вилучити останню накладену залежність і спробувати застосувати іншу комбінацію або нанести розмір.

За можливості, використовуйте команду автонанесення розмірів. Для додавання тільки необхідних розмірів використовуйте команду «Размеры». Після цього можна розрахувати всі інші розміри й залежності ескізу за допомогою команди «Автоматические размеры и зависимости».

Розміщуйте розміри для більших елементів перед розміщенням менших. Для зменшення викривлення рекомендується задавати спочатку розмір більших елементів для визначення розміру ескізу. Якщо ж почати з розмірів малих елементів, то це може призвести до небажаних викривлень. У випадку, коли викривлення форми ескізу все-таки відбулися, потрібно вилучити позначення розміру або скасувати операцію його нанесення.

17.10. Створення відрізків, дуг і згинів

Сегменти 2D-відрізків і дуг являють собою окремі лінії. Кінцеві точки з'єднуються залежністю суміщення. Таким чином, під час переміщення однієї лінії усі приєднані сегменти (відрізки й дуги) також змінюють своє місце розташування.

3D-відрізки і дуги, зазвичай, використовуються для створення траєкторії 3D-елементів зсуву. 3D-елемент зсуву визначає трасування деталей, наприклад, труб і кабелів. Використовуйте команду «3D-отрезок» для створення прямих ділянок. Використовуйте інструменти «Дуга» і «Сгиб», щоб створити криві.

17.10.1. Створення 2D-відрізків

Інструмент «2D-отрезок» використовується для створення сегментів відрізків прямої, які містять чи не містять дотичну або перпендикулярну дугу або відрізок на кінцях сегментів.

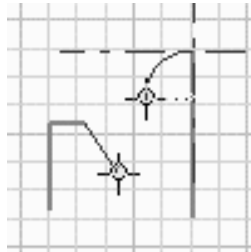


Рис. 17.5. Побудова наступного відрізка або дуги

В активному 2D-ескізі виберіть вкладку «Эскиз» ► панель «Чертеж» ► «Отрезок»

Натисніть у графічному вікні, щоб вказати стартову точку.

Виконайте одну з наступних дій:


Продовжуйте тиснути мишею, щоб створювати ланцюжок безперервних прямих сегментів відрізка, або двічі натисніть, щоб завершити створення відрізка.

Щоб створити дотичний або перпендикулярний відрізок або дугу на кінці відрізка, натисніть мишею й перетягніть кінцеву точку для попереднього перегляду дуги. Після того як кнопка буде відпущена, до ескізу додається дуга. За необхідності створіть додаткові точки для побудови ланцюжка безперервних сегментів або дуг та двічі натисніть, щоб завершити створення дуги (Рис.17.5).

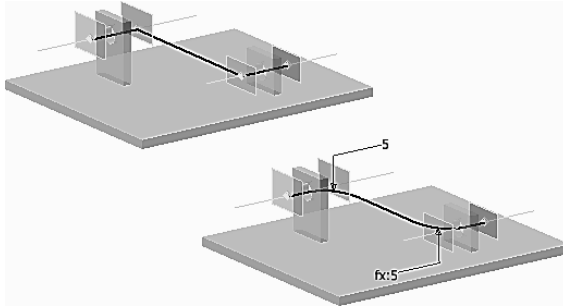
Для завершення проєктування натисніть «ESC» або виберіть іншу команду.

17.10.2. Створення 3D-відрізків

Інструмент «**3D-отрезок**» використовується для креслення відрізків в 3D-просторі зі згинами між сегментами або без них.

В активному 3D-ескізі виберіть вкладку «**3D-эскиз**» ► панель «**Чертеж**» ► «**Отрезок**» .

Натисніть праву кнопку миші й виконайте одну з наступних дій:



Виберіть «**Автосопряжение**», щоб автоматично розмістити 3D-дуги на кутах 3D-відрізків.

Зніміть прапорець «**Автосопряжение**», щоб відключити автоматичне створення згинів.

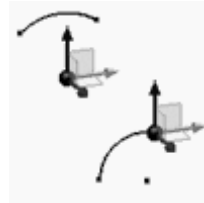
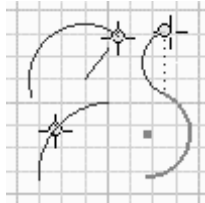
Натисніть у графічному вікні, щоб указати початкову точку або виконайте одну з наступних дій: продовжуйте тиснути мишею, щоб створити ланцюжок безперервних сегментів.

Натисніть іншу площину на тріаді координат, щоб розмістити на ній наступну точку ескізу.

Щоб обмежити вибір точок тільки в одній площині, натисніть праву кнопку миші й виберіть «**Выровнять до плоскости**», а потім площину. Для повернення в стандартний режим натисніть праву кнопку миші й виберіть «**Выровнять до плоскости**».


Для створення розриву в послідовності 3D-ліній завершіть побудову поточного відрізка, натиснувши мишею. Потім правою кнопкою, виберіть «**Повторить**» і вкажіть допустиму точку для початку нової лінії. Для завершення натисніть праву кнопку й виберіть «**Завершить**» у контекстному меню.


17.10.3. Створення дуг за трьома точками або за початком координат



Інструмент «Дуга» використовується для створення дуг за трьома точками – початок координат (центр) і дві кінцеві точки.


В активному ескізі перейдіть на вкладку «Ескиз» ► панель «Создать» (2D-ескіз) або панель «Черчение» (3D-ескіз) і виберіть один з наступних параметрів:

«Дуга: 3 точки» . Побудова дуги між двома кінцевими точками через третю точку. Вибір точок виконується в наступній послідовності: перша кінцева точка, друга кінцева точка (задає довжину хорди) і третя точка на дузі (задає напрямок і радіус).

«Дуга: начало координат» . Побудова дуги із заданим центром між двома кінцевими точками. Перше натискання кнопки миші задає точку центру, друге визначає початкову точку (фактично і радіус), а третє задає напрямок на кінцеву точку.

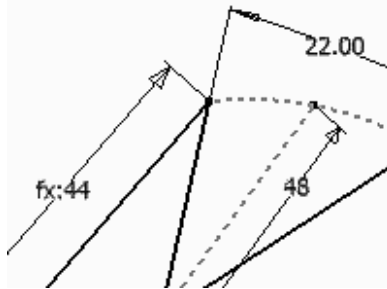
Для побудови дуги натисніть у бажаному місці графічного вікна для розміщення точки центру дуги. Під час переміщення курсору з'являється уявне коло (штрихова лінія) у потрібному місці і радіусі вкажіть першу точку дуги. Рухаючись за годинниковою стрілкою чи проти визначає кінцеву точку дуги. Для завершення проєктування натисніть «ESC» або виберіть іншу команду.

17.10.4. Створення дотичної дуги до існуючої геометрії в 2D-ескізі

В активному 2D-ескізі виберіть вкладку «Ескиз» ► панель «Чертеж», потім «Касательная дуга» . Надається можливість побудувати дугу, яка буде мати спільну дотичну з існуючою на ескізі дугою, фактично створюючи плавне її продовження. Для цього перемістіть курсор до потрібного кінця існуючої кривої, виділивши кінцеву точку. Натисніть поруч із кінцевою точкою, щоб почати від неї

побудову дуги. Відслідкуйте дугу, переміщуючи курсор у потрібному напрямку, а потім натисніть кнопку миші, щоб вказати у потрібному місці кінцеву точку дуги. Для завершення натисніть «ESC» або виберіть іншу команду.

17.10.5. Створення згину між відрізками у 3D-ескізі



Інструмент «Сгиб» дозволяє розмістити спряження відрізків у 3D-ескізі.

Щоб побудувати спряження в активному 3D-ескізі (який містить відрізки) виберіть вкладку «3D-эскиз» > панель «Чертеж» > «Сгиб» +.

У діалоговому вікні «Сгиб» введіть значення радіуса. Скасуйте вибір параметра «Равные», щоб заборонити автоматичне накладення залежностей. Якщо цей параметр обраний, параметр «Равные» виконує накладення залежностей на послідовно розміщені згини з однаковим радіусом.

У графічному вікні виберіть потрібний відрізок, точку ескизу або запозичену геометрію, щоб почати створення згину. Виберіть другий відрізок і завершіть створення згину. Щоб завершити роботу, закрийте діалогове вікно «Сгиб».

17.10.6. Налаштування поведінки згину за замовчуванням

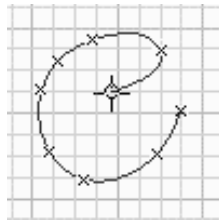
Виконується шляхом включення або відключення автоспряження на рівні додатку й налаштування значення радіуса згину за замовчуванням на рівні документа.

Щоб включити автоспряження під час створення відрізків за допомогою інструмента «3D-отрезок», перейдіть на вкладку «Сервис» ► панель «Параметры» ► «Параметры приложения». На вкладці «Эскиз» виберіть «Автоспряжение с созданием 3D-отрезка» і натисніть «ОК».

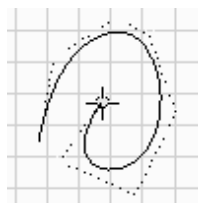
Щоб задати радіус за замовчуванням для автоматично розміщених згинів, виберіть вкладку «Сервис» ► панель «Параметры» ► «Настройки документа». На вкладці «Эскиз» введіть значення в полі «Радіус автоспряжения» і натисніть «ОК».

17.11. Створення й редагування сплайнів

2D- і 3D-сплайни являють собою криві з постійно змінним радіусом кривизни. У Inventor підтримуються два типи сплайнів: сплайни з інтерполяцією і сплайни з керуючими вершинами.



Сплайни з інтерполяцією проходять через серію точок, які називаються визначальними точками. Змінювати криву можна за допомогою ручок, розташованих на точках. У графічному вікні кінцеві точки сплайнів з інтерполяцією є квадратними, а визначальні точки уздовж кривої мають ромбовидну форму.





Сплайни з керуючими вершинами визначаються за допомогою керуючої рамки. Під час створення сплайну форма й розташування відображаються як допоміжні лінії. Керуючі вершини на рамці,



відображувані як кола і впливають на криві сплайнів. Сплайн є дотичний до керуючої рамки в початковій і кінцевій точках.

Можна частково або повністю обмежити точки сплайну. Формуйте залежності в існуючій геометрії в міру побудови кривої або додавайте їх і розміри пізніше.

17.11.1. Створення сплайнів з інтерполяцією

У активному ескізі виберіть вкладку «Эскиз» ► панель «Создать» ► «Сплайн с интерполяцией»  (2D) або вкладку «3D-эскиз» ► панель «Рисование» ► «Сплайн с интерполяцией»  (3D-эскиз). Задайте першу точку, або виберіть існуючу. Продовжуйте тиснути мишею для створення визначальних точок. Для закриття контуру натисніть правою кнопкою миші початкову точку й виберіть «Закрыть кривую».

17.11.2. Створення сплайнів з керуючими вершинами

У активному ескізі виберіть вкладку «Эскиз» ► панель «Создать» ► «Сплайн по управляющим вершинам»  (2D) або вкладку «3D-эскиз» ► панель «Рисование» ► «Сплайн по управляющим вершинам»  (3D-эскиз). Задайте першу точку або виберіть існуючу точку. Продовжуйте тиснути мишею для створення вершин. Після завершення натисніть кнопку «ОК», щоб завершити побудову сплайну й закрити команду, або натисніть кнопку «Применить», щоб завершити побудову сплайну і створити додаткові сплайни.

17.11.3. Зміна типу сплайну

Натисніть правою кнопкою миші сплайн з інтерполяцією й виберіть «Преобразовать в сплайн по управляющим вершинам».

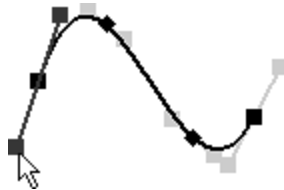
Потім правою кнопкою миші сплайн з керуючими вершинами і виберіть команду «Преобразовать в интерполяцию».

Примітка: Якщо повернути перетворений сплайн до початкового типу, то у сплайна не буде аналогічних визначальних точок або керуючої рамки сплайна, як у вихідній геометрії. У процесі вихідного перетворення створюється оптимальний сплайн і додаються додаткові точки або вершини.

17.11.4. Редагування сплайнів з інтерполяцією



Виконайте одну з наступних дій. Перетягніть точку, щоб змінити її положення. Перетягніть кінцеву точку, щоб змінити розмір форми. Перетягніть сплайн, щоб перемістити або змінити його положення.



Для зміни форми кривої натисніть правою кнопкою миші ручку дотичної і виберіть **«Активировать ручку»**. Потім змініть її положення (розтягніть або поверніть), щоб відкорегувати форму сплайна.

Для видалення сплайна виберіть його і натисніть кнопку **«Удалить»**. Для додавання точки натисніть правою кнопкою миші на сплайн і виберіть точку вставки. Потім виберіть лівою кнопкою криву для додавання однієї або декількох точок. Після закінчення натисніть клавішу **«ESC»**.

Щоб закрити криву, натисніть правою кнопкою миші початкову точку й виберіть **«Закрывать кривую»**. Для видалення точки виберіть її і натисніть кнопку **«Удалить»**.

Порада: Для видалення сплайна зі збереженням визначальних точок перетворіть їх у початок координат, а потім виберіть сплайн і натисніть кнопку **«Удалить»**. Для поділу сплайна натисніть точку правою кнопкою миші й виберіть **«Разделить сплайн»**. Для зворотного редагування натисніть правою кнопкою миші сплайн і виберіть **«Сбросить ручку»** або **«Сбросить все ручки»**.

Щоб змінити визначальний метод, натисніть на сплайн правою кнопкою миші і виберіть одну з наступних дій:

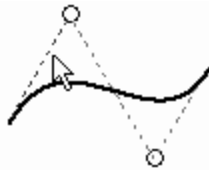
«Стандарт». Побудова кривих із плавною безперервністю між точками.

«**Минимум**». Побудова плавних кривих з поліпшеним представленням й розподілом кривизни. Сплайни з мінімальною енергією містять більше інформації, тому поверхні, створені з їхньою допомогою, вимагають більше часу для розрахунків і створення більших файлів.

«**AutoCAD**». Використання методу AutoCAD з визначенням сплайнів. Сплайни з інтерполяцією, у яких використовується метод визначення AutoCAD, не мають ручок і не підходять для створення поверхонь класу А.

Для налаштування натягу сплайну натисніть на ньому правою кнопкою миші й виберіть «**Натяжение сплайна**». Перемістіть регулятор до значення 100, щоб затягти криву чи до значення 0, щоб послабити її (зробити більш розімкнутою). Після завершення натисніть . Під час налаштування натягу сплайну автоматично перетвориться в спосіб визначення мінімальної енергії.

17.11.5. Редагування сплайнів з керуючими вершинами



Виконайте одну з наступних дій:

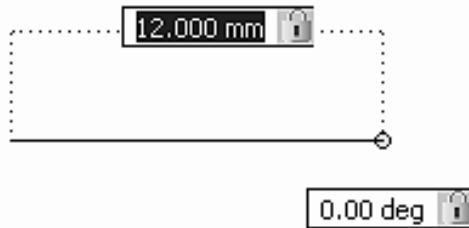
Перетягніть керуючу вершину, щоб змінити її положення. Перетягніть кінцеву точку для зміни розміру форми. Перетягніть керуючу рамку для зміни форми сплайна. Перетягніть сплайн, щоб перемістити його. Для видалення сплайну виберіть його й натисніть кнопку «**Удалить**».

Для додавання вершини до керуючої рамки натисніть на сплайн правою кнопкою миші й виберіть «**Вставить вершину**». Потім натисніть рамку для додавання однієї або декількох вершин. Після закінчення – клавішу «**ESC**». Для видалення вершини виберіть її й натисніть кнопку «**Удалить**».

Примітка: Керуючі точки можна вилучити тоді, коли в сплайні їх існує не менше чотирьох, включаючи початкову й кінцеву точки. Для включення й відключення видимості керуючої рамки, правою кнопкою миші виберіть «**Видимость многоугольника**».

17.12. Створення 2D-геометрії за допомогою функції динамічного введення

Inventor надає додатковий індикатор, за допомогою якого можна відслідковувати область ескізу під час роботи з більшістю інструментів 2D-геометрії ескізу.



Індикатор дозволяє вводити значення в плаваючі поля введення, які відображаються поруч із курсором у ході його переміщення. Значення оновлюються динамічно під час переміщення курсору.

17.12.1. Включення динамічного введення

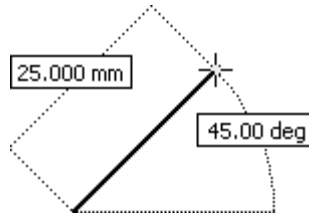
Виберіть вкладку «Сервіс» панель ► «Параметри» ► «Параметри приложения». На вкладці «Ескиз» у діалоговому вікні «Параметри приложения» виберіть «Індикатор».

Натисніть «Налаштування», щоб налаштувати параметри індикатора:

Включити введення за допомогою покажчика. Якщо вибраний параметр, то початкова точка елемента ескізу відображається в декартових або полярних координатах, залежно від вашого вибору, в плаваючому вікні введення поруч із курсором.



За замовчуванням для наступних точок застосовуються відносні полярні координати (відстань і кут).










З відключенням функції введення за допомогою покажчика відключається відображення координат і початкової точки елемента ескізу, однак наступні точки відображаються в полях введення значення.

Включіть введення розмірів, якщо можливо. Якщо обраний цей параметр, то коли команда запитує другу точку, в плаваючому полі введення відображаються декартові або полярні координати, залежно від вашого вибору. З переміщенням курсору розмірні значення змінюються.

Натисніть на кнопку «ОК», щоб включити індикатор.

17.12.2. Створення 2D-геометрії за допомогою функції динамічного введення

У активному 2D-ескізі перейдіть на вкладку «Ескиз» ► панель «Создать» і виберіть один з наступних інструментів:


1. Відрізок 
2. Коло із центром 
3. Дуга: 3 точки 
4. Дуга: дотична 
5. Центр дуги 
6. Прямокутник: 2 точки 
7. Прямокутник: 3 точки 

Перемістіть курсор у графічне вікно, де на індикаторі відображаються значення положення курсору на осях X і Y. Натисніть мишею в обраних координатах, щоб задати першу точку геометрії. У виділеному полі введення введіть значення – довжину або кут, діаметр, радіус тощо, залежно від геометрії. Натисніть на клавішу «ТАВ», щоб перейти в наступне поле введення. Після цього в полі відображається значок блокування, що вказує на те, що введене значення зв'язує курсор. Задайте в наступному полі введення інше

значення – відстань, кут або конкретні координати, залежно від геометрії. Натисніть на клавішу «ТАВ» і продовжіть введення необхідних значень. Після завершення створення геометрії натисніть клавішу «ENTER».

На основі введених значень виконується створення форми та визначення її розмірів. Продовжіть креслити форми або натисніть клавішу «ESC» для виходу.

17.12.3. Побудова точки за допомогою функції динамічного введення

У активному 2D-ескізі виберіть вкладку «Эскиз» ► панель «Черчение», виберіть «Точка» .

Перемістіть курсор у графічне вікно, де на індикаторі відображаються значення положення курсору на осях X і Y. Натисніть на клавішу «ТАВ», введіть значення координати X і натисніть клавішу «ТАВ» ще раз. Після цього в полі відображається значок блокування, що вказує на те, що введене значення зв'яже курсор. У другому полі введення введіть значення координати Y і натисніть клавішу «ENTER». Точка створюється точно у тому місці, яке визначається введеними координатами X і Y.

Продовжіть креслити точки або натисніть клавішу «ESC» для виходу.

17.13. Копіювання або імпорт даних AutoCAD в ескіз

Можна скопіювати дані AutoCAD у буфер обміну і вставити їх в Inventor або імпортувати файли AutoCAD прямо в ескіз Inventor.

Під час копіювання або імпорту даних AutoCAD в ескіз, об'єкти AutoCAD перетворюються в об'єкти Inventor і можуть повністю редагуватися. У такий спосіб можна, наприклад, перенести 2D-дані AutoCAD в ескіз і використати його для створення 3D-моделі, або скопіювати об'єкт AutoCAD в креслення й вставити анотації.

Примітка: Якщо просто відкрити файл AutoCAD в Inventor, перетворення об'єктів не відбудеться. Об'єкти будуть відображатися так само, як в AutoCAD, але при цьому в Inventor ви зможете лише переглядати, вимірювати й роздруковувати їх. Крім того, їх можна також вибирати для копіювання і вставки.

17.13.1. Копіювання й вставка даних AutoCAD в ескіз Inventor

Виконайте одну з наступних дій:

– в AutoCAD виберіть інформацію, як у потрібно імпортувати в Inventor, і натисніть CTRL + C, потім перейдіть в Inventor;

– у кресленні AutoCAD, відкритому в Inventor, виберіть інформацію, яку потрібно відредагувати в ескізі, і натисніть CTRL + C;

У активному ескізі Inventor правою кнопкою миші натисніть у графічному вікні й виберіть **«Вставити»** або вкладку **«Сервіс»** ► панель **«Буфер обміна»** ► **«Вставити»**. Натисніть у графічному вікні, щоб помістити інформацію в місці розташування курсору. У графічному вікні з'явиться обмежуюча рамка із скопійованою інформацією.

Примітка: Під час вставки інформації AutoCAD, яка містить базову точку, її можна розмістити, натиснувши у графічному вікні, при цьому обмежуюча рамка зміщується від курсору.

Щоб прийняти положення за замовчуванням, натисніть праву кнопку миші й виберіть **«Готово»**, або правою кнопкою миші виберіть **«Параметри вставки»**.

У діалоговому вікні **«Параметри вставки»** виберіть один з наступних варіантів:

«Определенные единицы» для використання в ескізі Inventor одиниць із даних AutoCAD;

«Указать единицы» для вибору зі списку й застосування різних масштабів одиниць до інформації, вставленої в ескіз Inventor;

«Зависимости в конечных точках» якщо вибрати цей параметр, відбувається автоматичне застосування залежностей у кінцевих точках, якщо ні, то можна вручну встановити залежності в кінцевих точках після вставки;

«Применить геометрические зависимости», якщо вибрати цей параметр, ескіз стає повністю залежним в ході вставки інформації, якщо ні, то можна вручну застосувати геометричні залежності після вставки;

«Импортировать параметрические зависимости», дає збереження параметричних 2D-залежностей AutoCAD в ескізі;

«Преобразовать блоки AutoCAD в блоки Inventor», дає автоматичне перетворення блоків AutoCAD в ескізні блоки Inventor, а якщо прапорець зняти, то блоки AutoCAD імпортуються як найпростіша геометрія;


«Преобразовать объекты-представители в обозначения, определяемые пользователем», для перетворення об'єктів-представників у користувачькі позначення.

Для закриття діалогового вікна **«Параметры вставки»** натисніть **«ОК»**.

Натисніть праву кнопку миші й виберіть команду **«Готово»**.

Порада: Щоб вставити ще копії даних AutoCAD, натисніть у графічному вікні ще раз.

17.13.2. Імпорт файлів DWG або DXF в ескіз Inventor

В активному 2D-ескізі натисніть іконку  ACAD на панелі **«Вставка»**.

Виберіть файл AutoCAD, який містить відомості, які потрібно імпортувати, і натисніть **«Открыть»**.

У діалоговому вікні **«Настройка импорта слоев и объектов»** виберіть шари й об'єкти, які потрібно імпортувати, користуючись попереднім переглядом.

Натисніть кнопку **«Далее»**.

Налаштуйте параметри в розділі **«Параметры назначения импорта»**.

Натисніть кнопку **«Готово»**.

17.14. Робота з ескізами

Для потрібної побудови можна перемикатися між геометрією ескізу та допоміжною геометрією, перевизначати ескіз в іншу площину, а в 2D-ескізах можна вимірювати властивості області, зрізу, а також додавати текст і зображення.

17.14.1. Пошук ескізу в браузері

Виберіть будь-яку геометрію в деталі або ескізі складання натисніть праву кнопку миші і виберіть **«Найти в обозревателе»**.

У браузері ескіз обраної геометрії підсвічується.

17.14.2. Перемикання між геометрією ескізу і допоміжною геометрією

Допоміжна геометрія дозволяє зв'язувати залежностями звичайну геометрію ескізу. Допоміжну геометрію можна застосовувати в ескізах, які використовують параметричні елементи, але цей тип геометрії не використовується для визначення профілів або траєкторій. Допоміжна геометрія не дозволяє додавати елементи під час поглинання ескізу.

Поведінка геометрії в ескізі залежить від призначеного їй типу ліній. Геометрія ескізу, в якій використовується звичайний тип ліній за замовчуванням, може поглинатися елементами.

Для виклику допоміжної геометрії виконайте одну з наступних дій:

– перед початком створення креслення в середовищі ескізів перейдіть на вкладку «Ескиз» ► панель «Формат» ► «Вспомогательная геометрия».

– в активному ескізі виберіть геометрію, а потім натисніть кнопку «Конструкция», щоб перетворити геометрію ескізу в допоміжну геометрію.


Для відключення допоміжної геометрії натисніть кнопку «Конструкция» удруге.

17.14.3. Перевизначення ескізу в іншу площину

Ескіз у файлі деталі або складання можна переміщати в іншу площину. Перевизначення площини ескізу варто використовувати, коли потрібно змінити орієнтацію елемента на деталі. Також цей параметр можна застосовувати, коли треба вилучити елемент зі збереженням ескізу для використання його в іншому елементі, на новій грані або робочій площині.

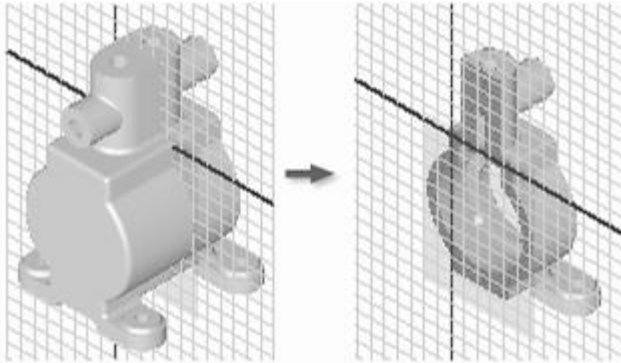
Натисніть ескіз в браузері правою кнопкою миші й виберіть «Переопределение». Виберіть грань або площину, на яку варто прикріпити ескіз.

17.15. Вимірювання властивостей області (2D-ескізи)

У активному Ескізі виберіть вкладку «Проверка» ► панель «Измерить» ► «Свойства области» . У графічному вікні виберіть

один або кілька контурів ескізу. У діалоговому «Свойства области» натисніть «Рассчитать». У програмі Inventor розраховуються значення вимірів залежно від вибору.


17.16. Розрізування моделі (2D-ескізи)



Іноді геометрія перекриває площину ескізу або її приховують інші компоненти в моделі деталі. Для відкриття площини ескізу можна тимчасово зрізати компоненти, що її перекривають.



Поверніть модель таким чином, щоб частина, що видаляється, розташовувалася на передньому плані (ближче до вас).

Двічі натисніть в браузері 2D-ескіз, який потрібно відредагувати.

У рядку стану виберіть «Разрезать модель»  або натисніть клавішу F7.

Inventor вилучить частину моделі, зверненої до користувача і відкриє площину геометрії ескізу. Використовуйте команди, щоб створити геометрію на площині ескізу.

Для відновлення зрізаної графіки виконайте одну з наступних дій:

- викличте команду побудови конструктивного елемента;
- виберіть «Принять эскиз» , щоб завершити побудову ескізу;
- у рядку стану виберіть «Разрезать модель» ;
- натисніть клавішу F7.

17.17. Додавання тексту (2D-ескізи)

У ескіз можна додати текст, наприклад номер моделі, дату виготовлення або марку. В остаточному підсумку текст буде нанесений на деталь у вигляді печатки, штампу або гравірування. Для цього можна додати текст в ескіз, прийняти ескіз і створити виступ, вибравши текст у вигляді профілю.

У Inventor можна додати лінійний текст або текст із вирівнюванням за геометрії. Обидва типи тексту використовуються як будь-яка інша геометрія. Створивши текст і двічі натиснувши на нього для редагування, перетягніть його, щоб перемістити, або виберіть та натисніть кнопку **«Удалить»** для видалення.

Щоб додати лінійний текст в активний 2D-ескіз, виберіть **«Текст»** на панелі стрічки **«Создать»**. Після цього виконайте наступні дії:

- у графічному вікні натисніть мишею, щоб розмістити точку вставки тексту або виконайте перетягування, щоб визначити текстове поле;

- у верхній частині діалогового вікна **«Форматирование текста»** виберіть шрифт, стиль і атрибуту тексту;

- у середній частині діалогового вікна **«Форматирование текста»** вкажіть модель, креслення та користувацькі властивості.

Тип. Вказуються типи властивостей із креслення, вихідної моделі й файлу джерела користувацьких властивостей (для зовнішніх користувацьких властивостей і користувацьких властивостей моделі), визначені на вкладці **«Чертеж»** діалогового вікна **«Процесс моделирования»**. Цей параметр доступний під час створення або редагування ескізного тексту, (на ескізах аркуша, вигляду та на ескізних виглядах), тексту позначень, основного напису й тексту рамки.

Властивість. Задавання властивості, пов'язаної з обраним типом, доступне під час створення або редагування всього тексту креслення, включаючи його властивості в примітках, текст на винесенні, ескізний текст, текст позначення, основний напис і текст рамки.

Точність. Виберіть необхідну точність у списку для її задавання та числових властивостей, відображуваних у тексті.

Примітка: Доступні параметри залежать від типу ескізу: аркуш, ескізний вигляд або ескіз вигляду.

У нижній частині діалогового вікна **«Форматирование текста»** вкажіть параметри, які доступні тільки під час додавання тексту до загальних приміток до креслення й розмірного тексту.


«Компонент». Вибір файлу моделі, що містить параметр. Якщо креслення містить вигляди кількох моделей, то файл вибирається зі списку, що розкривається. Якщо креслення містить похідні деталі, то в цей список включаються також і вихідні деталі.


«Источник». Вибір типу параметра для відображення в списку **«Параметр»**. У параметрах моделі утримується список іменованих параметрів, які автоматично додаються до моделі з нанесенням розмірів або додаванням елементів. У користувацьких параметрах утримується список параметрів користувача, що додаються до моделі.

«Параметр». Вибір параметра, який вставляється в текст. Відкрийте список і виберіть значення. Список параметрів визначається значенням, заданим у полі **«Источник»**.

Можна виконати одну або всі наступні дії:

Введіть текст у текстовій області сірого кольору в нижній частині діалогового вікна **«Форматирование текста»**.


Виберіть **«Добавить текстовый параметр»** , щоб вставити в текст параметри **«Тип»** і **«Свойство»**. Доступно у процесі створення або редагування тексту креслення, включаючи ескізний текст, текст позначення, текст примітки, текст на винесенні, основний напис і текст рамки. Недоступно для типу **«Подсказка»**.

Виберіть **«Добавить параметр»** , щоб вставити зазначений параметр з обраного компонента в текст.

Натисніть кнопку **«ОК»**, щоб прийняти текст і закрити діалогове вікно.

Щоб додати текст із вирівнюванням за геометрією в активний 2D-ескіз, виберіть **«Текст для геометрии»** на панелі стрічки **«Создать»**. Після цього виконайте наступні дії:

У графічному вікні виберіть лінію, дугу або коло, відносно яких потрібно вирівняти текст.


У діалоговому вікні **«Текст по линии»** укажіть напрямок, положення, початковий кут, відстань зміщення та інші параметри. Виберіть **«Запустить текстовый редактор»** , щоб відкрити діалогове вікно **«Форматирование текста»** і викликати властивості Inventor і параметри. Після натискання кнопки **«ОК»** у діалоговому вікні **«Форматирование текста»** обраний елемент буде доданий у діалогове вікно **«Текст по линии»**.

Виберіть **«Обновить»** для попереднього перегляду тексту в ескізі. Натисніть кнопку **«ОК»**, щоб прийняти текст і закрити діалогове вікно.

17.18. Додавання зображень (2D-ескізи)

Може знадобитися вставка графічного зображення в деталь для представлення маркування, розфарбування або трафаретного друку. Після вставки зображення в ескіз за допомогою команд «**Маркировка**» і «**Рельєф**» можна застосовувати такі ефекти, як піднятий текст, відбиток і шовкографія. Ці ж команди використовуються для зміни форми або поверхні зображення.

Ескізи Inventor можуть містити зображення у форматах BMP, GIF, JPG і PNG, а також з книг Excel чи документів Word. Для цього:

Виберіть плоску грань або робочу площину в 2D-ескізі, а потім виберіть «**Изображение**»  на панелі стрічки «**Вставка**». Перейдіть у папку, що містить файл зображення, і виберіть «**Открыть**».

Порада: Виберіть параметр «**Связь**», щоб внесені у файл зміни зображення відобразилися в Inventor.

Натисніть точку в графічному вікні, щоб розмістити зображення. Курсор прив'язується до лівого верхнього кута зображення.

Натисніть мишею для розміщення додатково таких самих зображень або правою кнопкою виберіть «**ОК**».

Після розміщення зображення виконайте одну з наступних дій:

- перетягніть зображення від центру, щоб змінити його положення;
- натисніть на куточок зображення, щоб повернути його;
- натисніть на ребро зображення, щоб змінити його розмір (зі збереженням пропорцій);
- натисніть на зображенні правою кнопкою миші й виберіть «**Свойства**», щоб змінити орієнтацію або зробити його прозорим.

Якщо файл зображення зв'язаний посиланням, натисніть на ньому правою кнопкою миші в браузері й виберіть «**Обновить**» для одержання останньої версії файлу.

Натисніть зображення правою кнопкою миші й зніміть прапорець «**Видимость**», щоб тимчасово сховати зображення в ескізі. Обмежуюча рамка залишиться видимою.

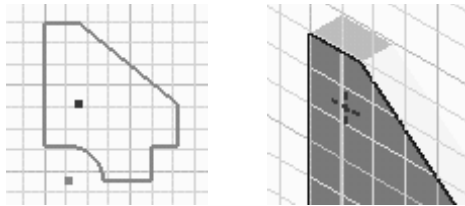
Натисніть на зображення правою кнопкою миші в браузері й виберіть «**Удалить**», щоб вилучити його з ескізу.

17.19. Робота з точками

Можна створювати центральні або ескізні точки за координатами у таблиці Microsoft Excel чи імпортувати їх із файлів STEP або IGES.

Ескізні точки, що представляють точки в просторі, можуть бути просто точками чи початком координат. Inventor дозволяє розмістити початок координат за замовчуванням, але його тип можна змінити за допомогою панелі «Формат».



Точка ескізу дозволяє створити допоміжну точку для розміщення геометрії ескізу. Наприклад, у команді «Отверстие» початок координат використовується для автоматичного розміщення елементів отворів. У графічному вікні звичайні ескізні точки відображаються як точки. Початок координат відображається як позначення перехрестя.



Точки розміщуються на площині ескізу в 2D-ескізах або в 3D-просторі відповідно до поточного вигляду площини. Для їхнього розміщення можна також вибрати вершини існуючої геометрії. Ескізні точки створюються без залежностей. Можна наносити розміри точок або обмежувати їх іншою геометрією в ескізі або обмежувати точки іншими ескізами або існуючою геометрією моделі.

17.19.1. Створення початку координат або точок ескізу

Виконайте в активному ескізі одну з наступних дій:

- (2D-ескіз) Виберіть вкладку «Эскиз» ➤ панель «Створити» ➤ «Точка» .
- (3D-ескіз) вкладка «3D-эскиз» ➤ панель «Рисование» «Точка» .

Для точного розташування точки на існуючій 2D-геометрії натисніть праву кнопку миші й виконайте одну з наступних дій:

- виберіть «Привязки точки» ➤ «Средняя точка» і вкажіть лінію або криву;
- виберіть «Привязки точки» ➤ «По центру» і вкажіть коло або еліпс;
- виберіть «Привязки точки» ➤ «Кажущееся пересечение» і вкажіть на два елементи, які перетинаються;

- виберіть **«Привязки точки»** ➤ **«Пересечение»** і вкажіть точку перетину двох або більше елементів;
- виберіть **«Привязки точки»** ➤ **«Конечная точка»** і вкажіть лінію або криву ближче до потрібного кінця;
- виберіть **«Привязки точки»** ➤ **«Квадрант»** і вкажіть коло або еліпс в зоні потрібного квадранту;
- виберіть **«Привязки точки»** ➤ **«Касательная»** і вкажіть криву в зоні потрібного дотику;
- виберіть **«Привязки точки»** ➤ **«Между двумя точками»** і виберіть дві точки.

Зміна стилю точок

Для перемикання між центральними точками й точками ескізу виберіть панель **«Формат»** ➤ **«Начало координат»**, а потім створіть або імпортуйте точки.

У 2D-ескізах натисніть точку правою кнопкою миші й виберіть **«Начало координат»**, щоб включити або відключити параметр.

Переміщення або видалення точок

Виконайте одну з наступних дій:

- для видалення точки з ескізу виберіть її та натисніть кнопку **«Удалить»**.
- для переміщення точки 3D-ескізу натисніть на ній правою кнопкою миші й виберіть **«3D-перенос/вращение»**.
- потім виберіть **«Переопределение ориентации или положения»** і введіть нові координати X, Y і Z.

17.19.2. Побудова точок за даними таблиці Microsoft Excel

Точки можна будувати за даними таблиці Microsoft Excel в ескізі Inventor. За замовчуванням точки будуються як точки ескізу. Побудовані точки не пов'язані з вихідним файлом. Зміни, внесені у вихідний файл після побудови, не впливають на геометрію Inventor. Якщо під час імпорту точок в 2D-ескіз імпортуються тільки значення осей X і Y (будується тільки за координатами робочої площини).

Виберіть панель **«Вставити»** ➤ **«Точки»** .

У діалоговому вікні **«Открыть»** знайдіть і виберіть файл, що містить точки, які необхідно імпортувати.

Натисніть кнопку **«Параметры»** і вкажіть спосіб імпорту точок:

- створити точки (імпорт тільки точок);
- створити відрізки (імпорт точок і їх з'єднання відрізками);

- створити сплайн (імпорт точок і їх з'єднання сплайном). Натисніть кнопку «ОК», а потім – «Открыть».

17.19.3. Практична допомога з імпорту точок

Під час підготовки до імпорту точок з іншого додатка необхідно враховувати наступне:

- таблиця точок повинна розміщуватися на початку файлу, розпочинатися з ячейки A1;
- одиниця виміру, яка використовується в ячейці (A1), застосовується до всіх точок таблиці; якщо одиниці не зазначені, застосовуються одиниці файлу за замовчуванням;
- необхідний порядок стовпців: стовпець A з координатами X, – B з координатами Y, – C з координатами Z;
- ячейки можуть містити формулу, за допомогою якої обчислюється числове значення;
- точки відповідають рядкам таблиці: перша імпортована точка відповідає першому рядку координат і так далі; автоматична побудова сплайну або лінії починається в першій точці через інші точки залежно від порядку, в якому вони були імпортовані.

Під час імпорту в 3D-ескізи за допомогою ліній Inventor автоматично створює кутові згини дотичних, якщо параметр «**Автосопряжение с созданием 3D-отрезков**» включений на вкладці «**Инструменты**» ► панель «**Параметры**» ► «**Параметры приложения**» ► вкладка «**Эскиз**».

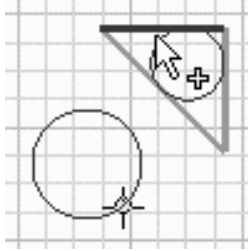
17.20. Створення 2D-геометрії форми

Створення кіл, еліпсів, прямокутників, пазів, багатокутників, спряжень і фасок.


У процесі створення 2D-геометрії форми спочатку виберіть грань деталі або робочу площину, щоб використовувати її як площину ескізу. Виберіть у порожньому файлі площину ескізу, а потім створіть ескіз.


17.20.1. Створення кола

Інструменти для роботи з колом дозволяють створити коло за центральною точкою і радіусом або за дотичною до трьох точок.

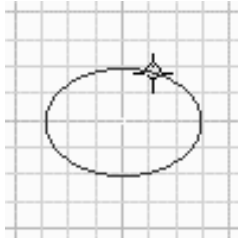



Натисніть вкладку «Ескиз» ► панель «Создать» і виберіть один з наступних параметрів.

«Окружность: центр» . Побудова кола за заданням центра і радіуса. Послідовність вибору: перше натискання задає центральну точку, друге визначає радіус. Залежність дотичності застосовується у тому випадку, якщо друга точка повинна бути розташована на лінії, дузі, колі або еліпсі.

«Окружность: касательная» . Побудова кола із заданням точок дотику. Послідовне вказування в місцях потрібного дотику на лінію, дугу, коло або еліпс. Натисніть у графічному вікні, щоб задати дотичні точки на колі або лінії. За необхідності створіть додаткові кола. Для завершення проектування натисніть «ESC» або виберіть іншу команду.

17.20.2. Створення еліпсів



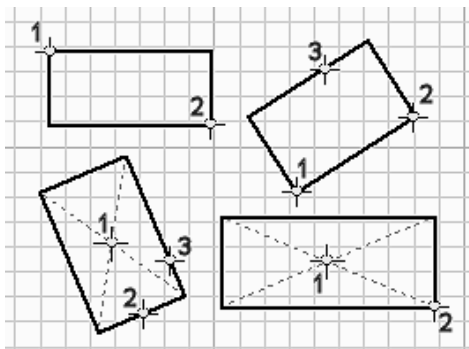
Інструмент «Эллипс» дозволяє створити еліпс за допомогою точки центра, великої та малої осі, визначених користувачем. Як і будь-яку іншу криву еліпси можна обрізати або подовжувати. Виберіть вкладку «Ескиз» ► панель «Создать» ► «Эллипс» . Натисніть у графічній області для вибору центра еліпса. Перемістіть курсор для визначення напрямку першої осі еліпса, яка позначена осьювою лінією. Натисніть

для визначення напрямку й довжини осі. Перемістіть курсор, вказуючи довжину другої осі еліпса. Потім натисніть у потрібній позиції для створення еліпса. Для завершення проєктування натисніть «ESC» або виберіть іншу команду.


Порада: За допомогою команди «Смещение» можна створити зміщення відносно еліпса. У результаті створюється математичний еліпс або асоціативний сплайн, залежно від точки вибору: якщо на осі зміщений об'єкт є еліпсом; якщо ні, то зміщений об'єкт є сплайном.


17.20.3. Створення прямокутників


Інструменти роботи із прямокутником дозволяють створювати прямокутники за кутом або початком координат у два або три натискання мишею.




Вкладку «Ескиз» ► панель «Создать» і виберіть один з наступних параметрів:

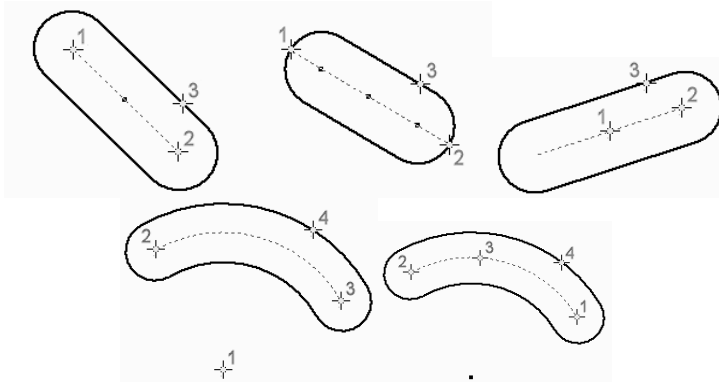
Прямоуготник: дві точки . Створення прямокутника за допомогою двох натискань мишею, які визначають кутові точки за діагоналлю. Сторони прямокутника за двома точкам вирівнюються паралельно осям координат ескізу.

Прямоуготник: три точки . Створення прямокутника шляхом визначення довжини, напрямку й суміжної сторони. Першим натисканням задається вершина, другим – напрямок і розмір однієї сторони, третім – розмір суміжної сторони. Таким чином, орієнтацію прямокутника, побудованого за трьома точками, можна задавати довільно.


Прямокутник за двома точками (центр) . Створення прямокутника шляхом визначення центра, ширини й довжини форми. Першим натисканням задається початок координат; другим – одна з вершин.


Прямокутник за трьома точками (центр) . Створення прямокутника шляхом визначення центра, напрямку і відстані до середини однієї зі сторін та розміру половини суміжної сторони. Першим натисканням задається центр, другим – напрямок і розмір однієї сторони, третім – половина розміру суміжної сторони. Натисніть у графічному вікні, щоб задати першу точку. Перемістіть курсор і натисніть, щоб задати другу й третю точки залежно від типу створюваного прямокутника. Завершення проєктування кнопка «ESC», або виберіть іншу команду.


17.20.4. Створення пазів





Виберіть вкладку «Ескиз» ► панель «Создать» і один з наступних параметрів.

Сегмент від центра до центра . Створення лінійного пазу шляхом визначення розміщення й відстані центрів дуг пазу і половини його ширини. Першими двома натисканнями задаються центри дуг, третім – половина ширини (радіус).

Загальний паз . Створення лінійного пазу шляхом визначення його орієнтації, довжини й ширини. Першими двома натисканнями задаються початкова й кінцева точки центральної лінії пазу, третім – половина його ширини.

Сегмент за центральною точкою . Створення лінійного пазу шляхом визначення його центра, відстані до одного з центрів дуг і половини ширини (радіуса). Першим натисканням миші задається центр паза, другим – центр його дуги. Третім – половина ширини.


Сегмент за трьома точками центральної дуги . Створення дугового пазу шляхом визначення центральної дуги і його ширини. Першими двома натисканнями миші задаються початкова й кінцева точки центральної дуги пазу, третім – центр його дуги. Четвертим – визначається ширина пазу.

Сегмент від центра до центра . Створення дугового пазу шляхом визначення початку його координат, кінцевих точок центральної дуги і ширини. Першим натисканням миші задається початок координат пазу, другим і третім – початкова й кінцева точки центральної дуги, четвертим – його ширина.

Натисніть у графічному вікні, щоб задати першу точку. Перемістіть курсор і натисніть, щоб задати другу, третю й четверту точки залежно від типу створюваного пазу. Або введіть значення в поле редагування чи натисніть правою кнопкою миші й введіть значення. Завершення проєктування, кнопка «ESC» або виберіть іншу команду.


17.20.5. Створення багатокутників

За допомогою інструмента «**Многоугольник**» можна створити багатокутники, що містять до 120 сторін.

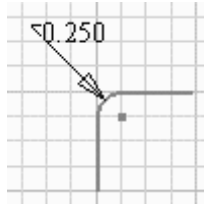
Вкладка «**Эскиз**» ► панель «**Создать**» ► «**Многоугольник**» .

У діалоговому вікні «**Многоугольник**» виберіть один з наступних параметрів:

Вписаний. Розмір і орієнтація багатокутника визначаються вказуванням його вершини.

Описаний . Розмір і орієнтація багатокутника визначаються вказуванням середини однієї з його сторін. Введіть необхідну кількість сторін для форми. Натисніть у графічному вікні, щоб задати центр багатокутника, а потім перетягніть курсор для створення форми. Для завершення натисніть клавішу «ESC», виберіть іншу команду або в діалоговому вікні «**Многоугольник**» кнопку «**Готово**».

17.20.6. Створення спряжень (закруглень)



За допомогою інструмента «Сопряжение» можна створювати закруглені кути (закруглені вершини) на перетині двох обраних ліній. Можна задати радіус дуги спряження, розташованого по дотичній до кривих, обрізаним або розширеним за допомогою спряження. Сполучатися можуть перпендикулярні й паралельні лінії, концентричні, перетини еліптичних дуг і сплайни, а також дуги з лініями.

Вкладка «Эскиз» ► панель «Создать» ► «Сопряжение» .

Виберіть у графічному вікні лінії, для яких потрібно створити спряження. У діалоговому вікні «2D-сопряжение» введіть радіус, натисніть кнопку «Равенство», щоб створити спряження з аналогічним радіусом. Для попереднього перегляду спряження перемістіть курсор на точку перетину двох обраних ліній.


Примітка: Сполучені лінії обрізаються в місцях з'єднання з дугою спряження. Радіус продовжує діяти, поки не буде введено нове його значення.

За необхідності виберіть інші лінії, що сполучаються. Для завершення натисніть клавішу «ECS», виберіть іншу команду або закрийте діалогове вікно «2D-сопряжение».

Примітка: Якщо немає очевидної необхідності створення спряжень на профілі, то спряження зручніше виконувати на моделі спеціальною однойменною командою.

17.20.7. Створення фасок

За допомогою інструмента «Фаска» можна створювати скошений кут на перетині двох непаралельних ліній.

Вкладка «Эскиз» ► панель «Создать» ► «Фаска» . У діалоговому вікні «2D-Фаска» вкажіть розміри або параметри.

Задавати розміри . Вибір включення розмірів фаски в ескіз.

Рівність параметрів $\square =$. Завдання відстані і кута додаткових фасок до значення першої побудованої фаски у поточному екземплярі. Рівність параметрів включена за замовчуванням. Скасуйте вибір параметра для призначення кожній з фасок своїх числових значень. Виберіть тип створюваної фаски й введіть значення відстані.

Рівна відстань \square° (симетрична). Визначається однаковою відстанню від точки перетину обраних ліній.

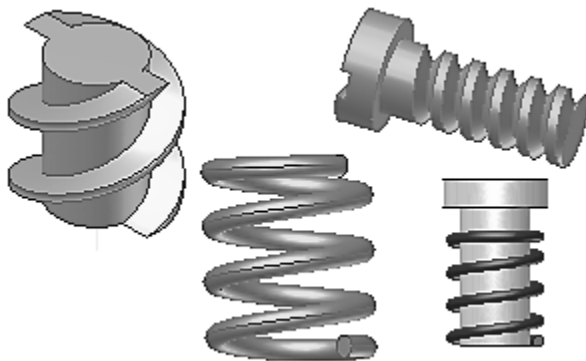
Нерівна відстань \square° (несиметрична). Визначається визначеною відстанню від точки перетину для кожної обраної лінії. Введіть значення для параметрів «Расстояние 1» і «Расстояние 2».

Довжина й кут \square° . Визначається за допомогою кута від першої обраної лінії і відстані від точки перетину з другою лінією. Введіть відстань і кут. Виберіть у графічному вікні лінії, для яких потрібно створити фаску. За необхідності створіть додаткові фаски. Для завершення натисніть клавішу «ESC», або виберіть іншу команду чи натисніть кнопку «ОК» у діалоговому вікні «2D-фаска».

17.20.8. Побудова 3D-кривих


Побудова спіралі, кривої контуру або перетину. Можна також створити каркас із кривої перетину в складеному елементі.

Побудова спіралі



За допомогою інструмента «Спіраль» можна створювати 3D-спіралі, наприклад пружини й різьбу. Спіралі можна з'єднувати з іншими об'єктами ескізу для створення складної траєкторії переміщення.

Примітка: Команда «2D-пружина» відрізняється від команди «Спираль» тим, що для створення елемента необхідний замкнений профіль 2D-ескізу і вісь.

У активному 3D-ескізі виберіть вкладку «3D-ескіз» ► панель «Чертеж» ► «Спираль» .

На вкладці «Спиралевидная форма» у діалоговому вікні «Спираль» виберіть тип:

«Шаг и вращение». Створення спіралі шляхом вказування розміру шагу й числа витків.

«Вращение и высота». Створення спіралі шляхом вказування числа витків і висоти.

«Шаг и высота». Створення спіралі шляхом вказування шагу й висоти.

«Спираль». Створення спіралі шляхом вказування числа витків.

Введіть значення для типу форми:

«Діаметр». (необов'язково). Діаметр спіралі. Inventor автоматично розрахує діаметр на основі висоти, кроку й обертання. Точка на діаметрі проєктується на площину початкової точки, перпендикулярну осьовий лінії.

«Висота» Довжина спіралі.

«Шаг». Відстань між сусідніми витками.

«Обороты». Число витків пружини має бути більше нуля, однак можливе створення неповних витків, наприклад 1,5. Якщо задано, кількість обертів може містити у собі граничні умови.

«Угол конуса». Кут конуса (за необхідності) для всіх типів форми, крім спіралі.

Виберіть параметр «Поворот»: за годинниковою стрілкою або проти неї.

На вкладці «Концы спирали» у діалоговому вікні «Спираль» задайте умови для початкової й кінцевої точок кривої:

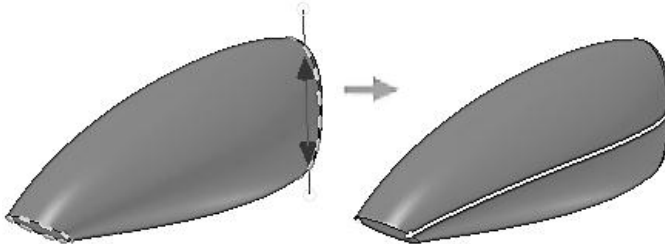


Натуральна. Відстань у градусах, через яку спіраль досягає переходу (зазвичай менше одного повного витка). На рисунку показана пружина, у верхній частині якої виконана побудова методом «Натуральная», а в нижній – задана перехідна ділянка в одну чверть витка (90°), але без плоскої ділянки.




Плоска. Довжина плоскої ділянки в градусах. Плоска ділянка впливає після перехідної ділянки, на ньому крок між витками дорівнює нулю. Він використовується для побудови плоского кінця спіралі. На рисунку показана спіраль, аналогічна попередній, але з половиною витка (180°) плоскої ділянки на нижньому кінці. Виберіть у графічному вікні для визначення початкової точки кривої, а потім натисніть, щоб задати кінцеву точку.

17.20.9. Побудова кривої силуету



За допомогою інструмента «Кривая силуета» можна створити асоціативну 3D-криву уздовж ребра тіла, як визначено вектором напрямку. Візуалізація променя світла, що висвітлює об'єкт. Крива силуету формується у тому місці де світло пропадає і починається тінь. Криві силуету (контуру) часто використовуються для визначення природньої лінії рознімання.

У активному 3D-ескізі виберіть вкладку «3D-эскиз» ➤ панель «Чертеж» ➤ «Кривая силуета» .

Активний інструмент «Выбор тела» у діалоговому вікні. У графічному вікні виберіть тіло.

Інструмент вибору в діалоговому вікні змінюється на «Направление». Виберіть робочу площину, плоску грань, ребро або вісь, щоб

вказати напрямок витягування. За необхідності можна виключити геометрію з формування кривої силуету, виконавши наступні дії:

У діалоговому вікні виберіть пункт **«Грани»**, а потім виберіть грані, які потрібно виключити з побудови кривої в графічному вікні. Установіть прапорець **«Исключить прямые грани»**. Установіть прапорець **«Исключить внутренние грани»**.

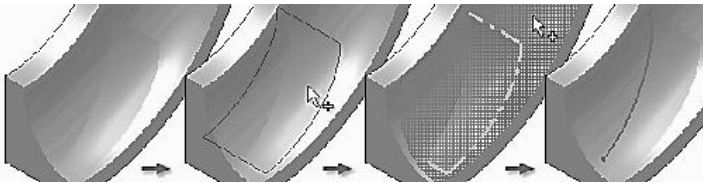
Натисніть кнопку **«ОК»**, щоб створити криву.

В Inventor створюється асоціативна крива уздовж зовнішньої границі поверхні. Грані, що лежать у напрямку добування, ігноруються. За необхідності додайте лінії або сплайни для створення замкненої границі.


Для того, щоб використовувати криву силуету для поділу об'єкта, сформуєте із замкненого ескізу зберігаючу поверхню поділу. Виберіть контур як інструмент поділу. Якщо контур не розділяє тверде тіло, подовжіть поверхню.

Щоб відключити зв'язок, виберіть у браузері криву силуету, натисніть праву кнопку миші й виберіть **«Разрыв связи»** у контекстному меню.

17.20.10. Побудова кривої перетину



За допомогою інструменту **«Кривая пересечения»** можна створювати криві 3D-ескізу з геометрії перетину. Їх можна використовувати для створення форм, які використовуються у виробництві споживчих товарів, трубопроводів, а також для керування формою складних лофт-елементів.

У активному 3D-ескізі виберіть вкладку **«3D-эскиз»** ► панель **«Чертеж»** ► **«Кривая пересечения»** .

У графічному вікні натисніть на грань, поверхню, криву 2D-ескізу, робочу площину або тіло деталі для визначення перетину. Для перетину натисніть одну або кілька граней, поверхонь, кривих 2D-ескізу або робочих площин, потім кнопку **«ОК»**, щоб створити криву.

17.20.11. Створення каркасу із кривої перетину в складеному елементі

Виконайте імпорт інформації поверхні в складений (об'єднаний з кількох об'ємів) елемент.

Створіть поверхню, що перетинає складений елемент. Створіть новий 3D-ескіз. У 3D-ескізі виберіть вкладку «3D-ескіз» ► панель «Создать» ► «Кривая пересечения». Виберіть складений елемент і поверхню. Натисніть кнопку «ОК».

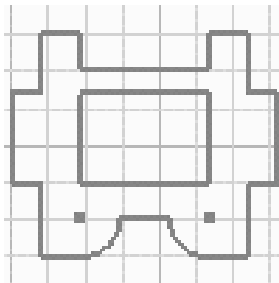
3D-криві будуть створені у 3D-ескізі в точках перетину. За відновленням тіл перетинання будуть оновлюватися й криві.

Примітка: Для кінцевих точок каркасів залежності відсутні. Може відбутися несумісний зсув.

Порада: Використовуйте команду «Кривая пересечения» для перетину двох плоских 2D-кривих в 3D-ескізі. Результуюча геометрія схожа на перетин, створений за допомогою двох видавлених поверхонь.

17.21. Робота з профілями ескізу

Можна створити ескіз профілю за допомогою команди «Отрезок» чи закрити відкритий профіль (замкнути контур).



Профіль може складатися з одного або кількох замкнених контурів, проте контури можуть перетинатися, бути вкладеними або острівцями. Ескіз може бути створений на наявній плоскій грані, де у якості профілю можна вибрати один або кілька замкнених контурів. Усі замкнені контури однієї операції групуються в один профіль.

Замкнений контур, утворений ескізною або запозиченою геометрією, зазвичай представляє поперечний переріз створюваного конструктивного елемента. Розімкнутий контур, складений з відрізків, дуг і сплайнів, може задавати форму поверхні, або, поширюючись до обмежників – деяку область простору. Може містити острівці.

Профіль визначає поперечні перерізи ескізного конструктивного елемента.

Конструктивний елемент – це елемент, основою для якого є 2D-ескіз. Об'єм надається ескізу шляхом видавлювання, зсуву, обертання або лофтингу. Залежно від вибраної користувачем логічної операції, об'єм нового конструктивного елемента може бути доданий до деталі, віднятий від неї або представляти перетин з нею.

Можна використовувати будь-який замкнений 2D-ескіз (включаючи кромки моделі, які під час об'єднання утворюють замкнений контур) у якості профілю для елемента. Інструменти «**Выдавливание**», «**Вращение**», «**Сдвиг**», «**Лофт**» і «**Пружина**» вимагають ескізи профілів. У процесі створення елемента профіль поглинається ним.

Додавання розмірів або залежностей для профілів запобігає зміні їх розміру й форми. Якщо є необхідність зміни форми або розміру елемента в процесі проєктування, використовуйте неповне визначення залежностей для нього. Змінити розміри і залежності в ескізі можна буде пізніше.

Для відносно замкненої, але відкритої геометрії ескізу, варто виконати операцію «**Замкнуть контур**», щоб створити замкнений профіль, який необхідний для виконання таких команд, як «**Выдавливание**» і «**Вращение**».

Залежності спряження виконують таку саму функцію, але під час використання параметра «**Замкнуты контур**» не потрібно щораз вручну збільшувати й перевіряти перетин в складному профілі.

17.21.1. Створення ескізу профілю

Побудова одного або декількох контурів.

На вкладці «**3D-модель**» виберіть команду побудови ескізного елемента (видавлювання, обертання, зсув тощо).

У графічній області виберіть одну або кілька граней. Для скасування вибору окремого профілю потрібно натиснути профіль, утримуючи натиснутою клавішу «**CTRL**».

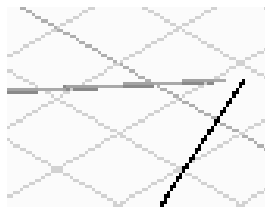
17.21.2. Створення закритого профілю за допомогою команди «Отрезок»

За допомогою команди «Отрезок» створіть ескіз із використанням трьох або більше відрізків.

Після вказування кінцевої точки передостаннього сегмента, коли команда «Отрезок» ще виконується, натисніть праву кнопку й виберіть «Закрити».

Програма доводить останній сегмент лінії до початкової точки профілю й замикає профіль. Команда «Отрезок» залишається активною.

17.21.3. Закриття відкритого профілю (замкнути контур)



На 2D-ескізі деталі натисніть правою кнопкою миші ділянку геометрії, де необхідно замкнути контур.

Виберіть початок або кінець ескізної геометрії, яку необхідно замкнути. Продовжуйте вибір допоки не буде сформований замкнений контур. Натисніть «ОК», щоб завершити створення контуру.

Редагування геометрії ескізу.

Виконується шляхом зміни, видалення геометрії або доповнення геометрії за допомогою точного введення.

Зміна розміру геометрії без залежностей.

Виберіть геометрію і перетягніть будь-яку точку або криву для зміни її розміру або форми.

Видалення геометрії.

Виконайте одну з наступних дій.

Команда «Отменить» у панелі швидкого доступу дозволяє видаляти одне за одним сегменти лінії чи дуги у зворотному порядку.

Правою кнопкою миші натисніть точку або сегмент і виберіть «Отменить», або окремі криві й натисніть «Удалить».

17.21.4. Створення 2D-геометрії за допомогою точного введення

У панелі «Рисование» на стрічці виберіть команду «Отрезок», «Спираль», «Дуга», «Слайн» або «Точка», щоб зробити елемент активним.

Розгорніть панель і виберіть команду «Точное введение».

У міні-панелі інструментів «Точное введение» введіть координати X, Y і Z і натисніть клавішу «ENTER».

У будь-який час ви можете натиснути кнопку «Сменить положение триады» для переміщення триади в задані координати або «Обновить исходное», щоб перемістити триаду координат у точку початку координат ескізу (0, 0, 0).

Виберіть «Относительное», щоб задати відстань від останньої точки, або «Абсолютное», щоб вказати точні значення координат X, Y і Z.

Для завершення натисніть праву кнопку миші й виберіть «Закорити».

17.21.5. Перегляд або зміна властивостей геометрії

Натисніть правою кнопкою будь-яку геометрію в графічній області й виберіть «Свойства».

Змініть кожну з доступних властивостей, включаючи колір ліній, тип, масштаб, вагу лінії.

Примітка: у діалоговому вікні «Свойства геометрии» тип лінії означає графічний її стиль: суцільна, штрихова, пунктирна і так далі.

Натисніть кнопку «Применить», щоб внести зміни й продовжити редагування властивостей, або кнопку «ОК», щоб внести зміни й закрити діалогове вікно «Свойства геометрии».


Для відновлення властивостей за замовчуванням натисніть «Показать формат» у панелі «Формат».

17.21.6. Копіювання, переміщення або поворот геометрії 2D-ескізу

Під час копіювання або переміщення геометрії в ескізі Inventor необхідно вибрати один або кілька елементів, а потім визначити базову точку для нового положення геометрії. Для повороту геометрії виберіть елементи, а потім визначите базову точку.

Порада: За замовчуванням базові й центральні точки прив'язані до найближчої вертикальної або горизонтальної осі. Для перевизначення прив'язки задайте точку, утримуючи клавішу «CTRL». Або, перш ніж почати, скасуйте вибір параметра «Привязка к узлам сетки» на вкладці «Эскиз» діалогового вікна «Параметры приложения» (вкладка «Инструменты» ► панель «Параметры»).

17.21.7. Копіювання геометрії

Виберіть у 2D-ескізі вкладку «Эскиз» ► панель «Изменить» ► «Копировать» .

Відкриється діалогове вікно «Копировать», а режим вибору буде активний за замовчуванням.

У діалоговому вікні «Копировать» вкажіть кожен з параметрів.

Оптимізувати для вибору одного значення.

Автоматичне перемикання в режим базової точки у процесі вибору одного об'єкта в графічному вікні. Використовуйте цей параметр для зміни тільки одного вибраного елемента.

Точне введення.

Потрібен виклик панелі інструментів «Точный ввод», на якій можна вказати папки для зміненої геометрії шляхом введення певних координат X і Y.

Буфер обміну [Ctrl+C].

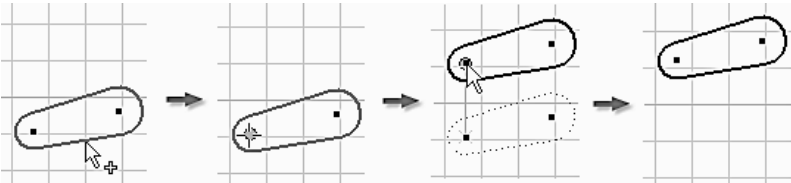
Збереження тимчасової копії обраної геометрії для можливості вставки в інший ескіз. У графічному вікні виберіть геометрію, яку необхідно скопіювати.


Натисканням кнопки миші виберіть один елемент. Перетягніть його, щоб створити набір об'єктів. Потім правою кнопкою миші виберіть «Выбрать все». За необхідності натисніть «Базовая точка» у діалоговому вікні «Копировать», щоб перейти до цього режиму. Натисніть у графічному вікні, щоб задати базову точку, або введіть координати на панелі інструментів «Точный ввод». Натисніть у графічному вікні або використовуйте панель інструментів «Точный ввод», щоб задати кінцеву точку. Натисніть «BACKSPACE» для скасування дії.

Під час переміщення курсору в області динамічного перегляду будуть з'являтися штрихові лінії, що представляють вихідну геометрію, і суцільні лінії, які представляють скопійовану геометрію.

Для завершення натисніть кнопку «Готово» у діалоговому вікні «Копировать», натисніть правою кнопкою миші й виберіть «Готово», або «ESC».

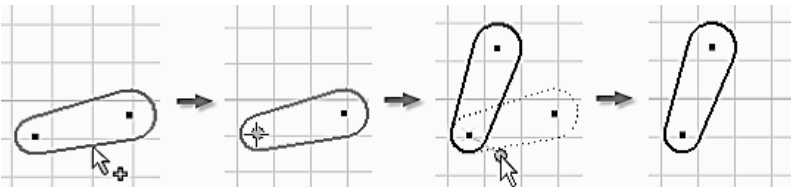
17.21.8. Переміщення геометрії




Виберіть у 2D-ескізі вкладку «Эскиз» ► панель «Изменить» ► «Переместить» . Відкриється діалогове вікно «Перенос», а режим вибору буде активний за замовчуванням.

У діалоговому вікні «Перенос» вкажіть кожен з параметрів.

17.21.9. Поворот геометрії



Виберіть у 2D-ескізі вкладку «Эскиз» ► панель «Изменить» ► Поворот . Відкриється діалогове вікно «Поворот», а режим вибору буде активний за замовчуванням.

У діалоговому вікні «Поворот» задайте кожен з параметрів.

У діалоговому вікні «Поворот» значення кута оновлюється динамічно.

Примітка: Кут повороту можна задати також вручну. Під час введення значення залишається фіксованим доки не буде зазначено інше значення. Крім того, можна просто натиснути в графічному вікні.

Для завершення – кнопку «Готово» у діалоговому вікні «Поворот», натисніть праву кнопку виберіть «Готово», або «ESC».

17.22. Зміна поведінки залежностей під час переміщення або повороту геометрії

Якщо залежності будуть перешкоджати переміщенню або повороту геометрії, в Inventor відкриється відповідне діалогове вікно з попере-

дженням. Ця поведінка, задана за замовчуванням, її можна змінити в розгорнутій області діалогових вікон **«Перенос»** і **«Поворот»**.

Щоб розірвати геометричні залежності під час зміни геометрії, натисніть кнопку **«Дополнительно»** ► у діалоговому вікні **«Перенос»** або **«Поворот»**. Далі виберіть параметр, який дозволить перевизначити поведінку за замовчуванням (**«Запрос»**).

«Никогда». Геометричні залежності не змінюються. У процесі виконання операції зберігаються всі існуючі геометричні залежності. Якщо відбудеться збій, з'явиться діалогове вікно.

«Всегда». Видалення тільки залежностей фіксації, пов'язаної з обраною геометрією. Видалення залежностей між вибраною й невибраною геометрією, за винятком наступного:

- переміщення всіх залежностей, крім залежностей паралельності, перпендикулярності й рівності;
- поворот усіх залежностей, крім залежності рівності.


«Запрос». Якщо відбувається збій, з'являється повідомлення з описом проблеми (за замовчуванням).

17.23. Розтягування, масштабування або зсув геометрії 2D-ескізу

Під час розтягування або масштабування геометрії в ескізі Inventor необхідно вибрати один або кілька елементів, а потім визначити базову точку змінюваної геометрії. Для зсуву геометрії виберіть елементи й просто перетягніть їх, щоб створити зсув.

Порада: За замовчуванням базові точки прив'язуються до найближчої вертикальної або горизонтальної осі. Для перевизначення прив'язки задайте точку, утримуючи клавішу **«CTRL»**. Або, перш ніж почати, скасуйте вибір параметра **«Привязка к узлам сетки»** на вкладці **«Эскиз»** діалогового вікна **«Параметры приложения»** (вкладка **«Инструменты»** ► панель **«Параметры»**).

17.23.1. Розтягування геометрії


У 2D-ескізі виберіть вкладку **«Эскиз»** ► панель **«Изменить»** ► **«Растянуть»** .

Відкриється діалогове вікно **«Растянуть»**, а режим вибору буде активний за замовчуванням.

У діалоговому вікні **«Растянуть»** вкажіть кожен з параметрів.

Для завершення – кнопка «Готово» у діалоговому вікні «Растянуть», натисніть праву кнопку і виберіть «Готово», або «ESC».

17.23.2. Масштабування геометрії

У 2D-ескізі і виберіть вкладку «Эскиз» ► панель «Изменить» ► «Масштаб».  Відкриється діалогове вікно «Масштаб», а режим вибору буде активний за замовчуванням.

У діалоговому вікні «Масштаб» вкажіть кожен з параметрів.

Порада: Коефіцієнт масштабування можна вказати також вручну. Під час введення значення залишається фіксованим допоки не буде зазначено інше значення. Крім того, його можна вказати в графічному вікні.

Для завершення – кнопка «Готово» у діалоговому вікні «Масштаб», натисніть праву кнопку і виберіть «Готово», або «ESC».


17.23.3. Зміна поведінки залежностей під час розтягування або масштабування геометрії

Якщо залежності будуть перешкоджати розтягуванню або масштабуванню геометрії, в Inventor відкриється відповідне діалогове вікно з попередженням. Цю поведінку, задану за замовчуванням, можна змінити в розгорнутій області діалогових вікон «Растянуть» і «Масштаб».

Щоб зняти розмірні залежності у процесі зміни геометрії, натисніть кнопку «Дополнительно» ► у діалоговому вікні «Растянуть» або «Масштаб». Далі виберіть параметр, який дозволить перевизначити поведінку за замовчуванням («Запрос»).

Щоб розірвати геометричні залежності під час зміни геометрії, натисніть кнопку «Дополнительно» ► у діалоговому вікні «Растянуть» або «Масштаб». Далі виберіть параметр, який дозволить перевизначити поведінку за замовчуванням («Запрос»). Значення параметрів за аналогією, наведеною вище.

17.24. Зміщення геометрії

Виберіть вкладку «Эскиз» ► панель «Изменить» ► «Смещение» 

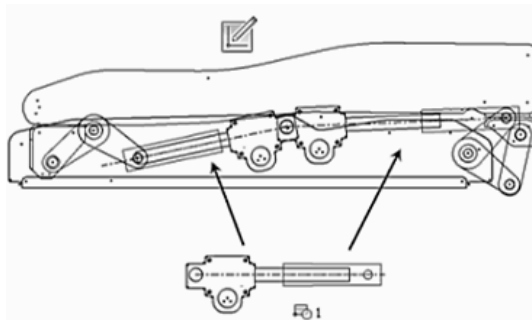


Виберіть у графічному вікні геометрію ескізу, яку потрібно скопіювати.

Перемістіть курсор і натисніть мишею, щоб створити копію зміщення обраної геометрії, або введіть значення в поле відстані плаваючого зміщення.

За замовчуванням в Inventor вибираються замкнені контури (криві, з'єднані в кінцевих точках), а на зміщену геометрію накладаються залежності, роблячи її рівновіддаленою від вихідної кривої. Щоб вибрати криві для зміщення окремо, натисніть праву кнопку миші й зніміть прапорець «**Вибір контура**». Щоб відключити рівну залежність зміщення, натисніть праву кнопку миші й зніміть прапорець «**Ограничить смещение в**». Змінити зміщення геометрії за допомогою розмірів і залежностей. Задайте величину зміщення за допомогою команди «**Размер**».

17.25. Створення й редагування блоків 2D-ескізів для повторного використання




У проектах багатьох складань повторюються усталені форми. Ескізні блоки можуть захопити такі форми, як фіксований набір, а потім можна розміщувати екземпляри набору. Наприклад, є 2D-ескіз, що представляє гідравлічний циліндр. Складання містить чотири гідравлічні циліндри. Якщо створити ескізний блок, який буде представляти гідравлічний циліндр, то в підоснову складання можна вставити чотири екземпляри такого блоку. Екземпляри визначаються в ескізованому блоці, тому вони відображають усі зміни, внесені в конструкцію блоку.

Наступна геометрія 2D-ескізів неприпустима для ескізних блоків:

- центральні точки дуги/кола/багатокутника;
- кінцеві точки дуги/кола/сплайну;
- окремі точки сплайну – повинен бути обраний увесь сплайн;
- спроектована геометрія;
- запозичена геометрія;
- геометрія, скопійована з операції розгортання або повторного згортання листового металу;
- геометрія, яка розміщується параметричним елементом.

Якщо ви створюєте ескізний блок, який містить неприпустиму геометрію, Inventor створить блок, але не включить у нього неприпустиму геометрію (рис. 17.6).

17.25.1. Створення ескізних блоків

У 2D-ескізі деталі виберіть вкладку «Ескіз» ► панель «Підоснова» ► «Создать блок» .

Примітка: Команда «Создать блок» також доступна на вкладці «Ескіз» ► панель «Создать».

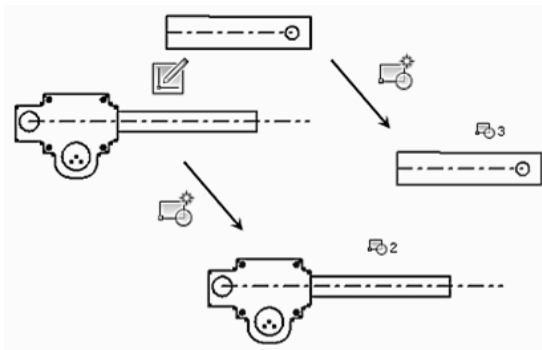


Рис. 17.6. Створення ескізованого блоку

Відкриється діалогове вікно «Создать блок». За замовчуванням активується режим вибору. У графічному вікні виберіть геометрію, яку потрібно включити в блок. Натисніть мишею, щоб вибрати один елемент, виберіть вікно, щоб створити набір об'єктів.

Порада: Крім того, можна спочатку вибрати геометрію, а потім команду «Создать блок». У діалоговому вікні «Создать блок» введіть ім'я й опис блоку.

Ім'я блоку відображається в браузері поруч із папкою «Блоки» і у всіх розташуваннях екземплярів в браузері. Наприкінці імені додається дві крапки і номер екземпляра. Наприклад, під час визначення блоку з іменем «Цилиндр» і вставці блоку в ескіз 2, екземпляр в ескізі 2 буде мати назву «Цилиндр:1».

Визначення ескізних блоків і екземпляри можна перейменувати. У випадку перейменування визначення блоку імена екземплярів будуть змінені відповідно до нового імені. Однак зміна імені екземпляра має перевагу над зміною імені визначення блоку.

У діалоговому вікні «Создать блок» натисніть кнопку «Выбрать» у групі «Точка вставки». Виберіть «Видимость», щоб відобразити точку вставки.

Натисніть у графічному вікні, щоб помістити екземпляр блоку в місце точки вставки.

У діалоговому вікні «Создать блок» натисніть «ОК», щоб завершити створення блоку й роботу з командою, або «Применить», щоб завершити створення блоку й перейти до створення наступного.

Порада: Щоб створити вкладені блоки, включайте екземпляри блоків у новий ескізний блок. Вкладені блоки і атрибут «Несвязанные компоненты» використовуються для моделювання кінематичних вузлів.

17.25.2. Редагування ескізних блоків

Щоб відредагувати ескізний блок у контексті, двічі натисніть мишею екземпляр в браузері або натисніть на ньому правою кнопкою миші й виберіть «Редактировать блок». Після завершення роботи двічі натисніть мишею в графічному вікні або браузері й виберіть «Завершить редактирование блока».

Щоб відредагувати ескізний блок поза контекстом, двічі натисніть визначення блоку в папці «Блок» в браузері або натисніть правою кнопкою миші і виберіть «Редактировать блок». Після завершення роботи двічі натисніть в графічному вікні або браузері й виберіть «Завершить редактирование блока».

Порада: Щоб відредагувати видимі розміри визначень блоків, не редагуючи саме визначення блоку або ескіз, двічі натисніть видимий розмір, внесіть необхідні зміни, поставте галочку або натисніть клавішу «**ENTER**». Визначення блоку оновиться. Щоб зробити розміри видимими, натисніть правою кнопкою визначення блоку в браузері й виберіть «**Видимость размеров**».

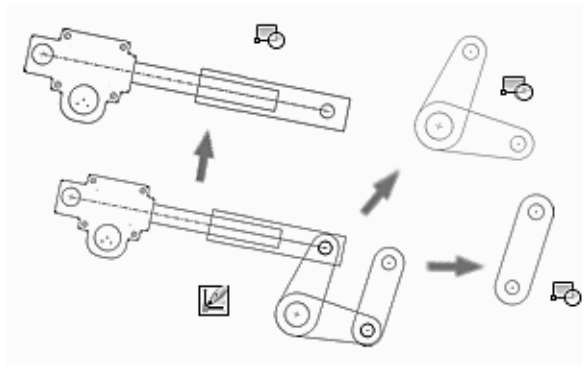
17.25.3. Зміна властивостей ескізних блоків

У графічному вікні виберіть ескізний блок, натисніть на нього правою кнопкою й виберіть «**Редактировать блок**».

Натисніть правою кнопкою поза геометрію блоку й виберіть «**Свойства блока**».

Змініть значення «**Имя блока**», «**Описание**», «**Точка вставки**» або «**Видимость**». Натисніть «**ОК**».

17.26. Розчленовування ескізних блоків

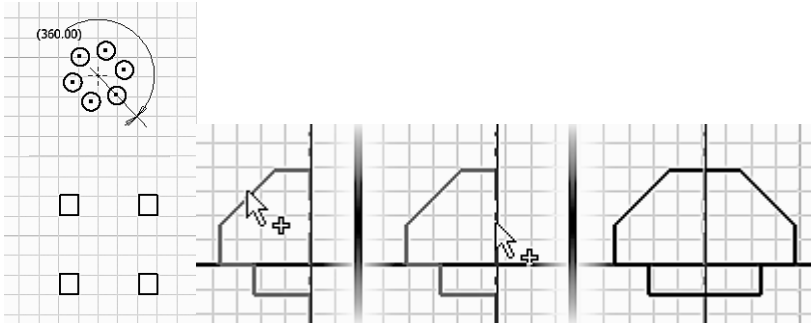


Під час розчленовування ескізних блоків видаляється екземпляр блоку, однак зберігаються об'єкти, які входять в блок. Для нескладених екземплярів блоків команда «**Расчленить**» видаляє екземпляр блоку і залишає утворюючу його 2D-геометрію. Для складеного екземпляра блоку екземпляр видаляється, але утворюючі блоки й 2D-геометрія зберігається в ескізі.

Натисніть правою кнопкою екземпляр блоку й виберіть «**Расчленить**».

Примітка: Для розчленування блоків, розташованих у вкладених блоках, необхідно спочатку розчленувати вкладений блок.

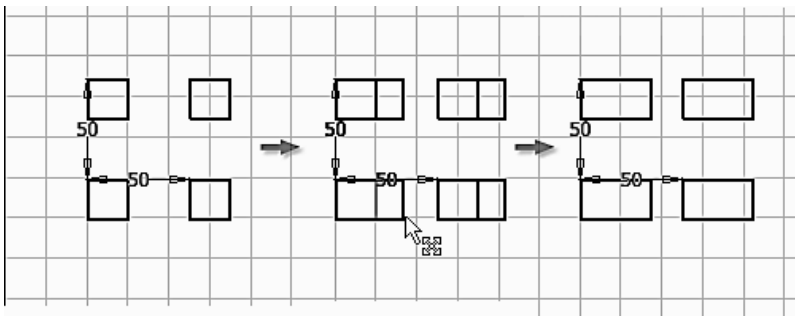
17.27. Створення й редагування масивів у ескізах




Використовуйте команди масиву для створення масивів геометрії ескізу. Геометрія масиву повністю визначена, однак залежності зберігаються у вигляді групи. Під час видалення залежності масиву видаляються всі залежності, накладені на геометрію масиву.

Якщо вилучити асоціативний зв'язок між елементами масиву, геометрія більше не буде масивом, а стане набором геометричних елементів, які можна редагувати окремо.

17.27.1. Створення прямокутних масивів (2D-ескізи)



У режимі побудови ескізу виберіть вкладку «**Эскиз**» ➤ панель «**Массив**» і натисніть «**Прямоугольный**» . Відкриється діалогове вікно «**Прямоугольный массив**», а режим вибору буде активний за замовчуванням. Виберіть у графічному вікні геометричні об'єкти, які потрібно об'єднати в масив. У діалоговому вікні «**Прямоугольный массив**» натисніть інструмент вибору в полі «**Направление 1**» і вкажіть геометрію, щоб визначити перший напрямок масиву. Зелена стрілка в графічному вікні вказує напрямок. Для параметра «**Направление 1**» введіть кількість створюваних елементів у полі «**Количество**» і відстань між ними в полі «**Интервал**».

Примітка: Інтервал може бути параметричною формулою.

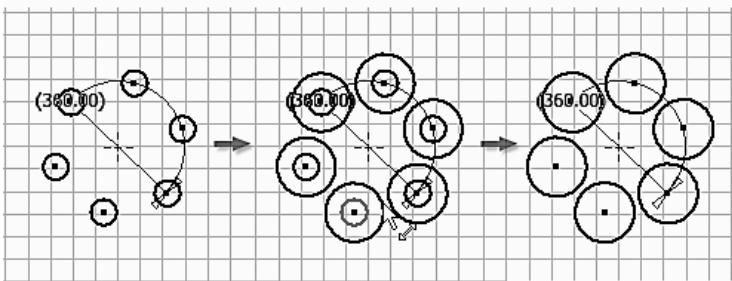
Для параметра «**Направление 2**» повторіть кроки 3 і 4. Розгорніть діалогове вікно й виберіть додаткові параметри:

«**Подавить**». Подавлення обраних елементів. Подавлені елементи не включаються в контури та не відображаються в ескізах креслень. Елементи, що поглинають геометрію, необхідно подавлювати вручну. У графічному вікні вони будуть зображені штриховими лініями.

«**Ассоциативность**». Якщо параметр обраний, масив буде оновлюватися під час внесення змін у деталь. Якщо параметр відключений, залежності видаляються, а масив не оновлюється в ході зміни елемента.

«**Полный угол**». Вказування того, чи будуть елементи масиву рівномірно розподілені усередині заданої відстані. Якщо параметр відключений, то інтервал масиву дозволяє виміряти відстань між елементами замість загальної відстані для всього масиву. Натиснути «**ОК**» для побудови масиву.

17.27.2. Створення кругових масивів (2D-ескізи)



У режимі побудови ескізу виберіть вкладку «**Эскиз**» ➤ панель «**Массив**» і натисніть «**Круговой**» .

Відкриється діалогове вікно «**Круговой массив**», а режим вибору буде активний за замовчуванням. Виберіть у графічному вікні геометричні об'єкти, які потрібно об'єднати в масив. У діалоговому вікні «**Круговой массив**» натисніть інструмент вибору в полі «**Ось**», а потім точку, вершину або робочу вісь, щоб визначити їх як осі масиву. Синя стрілка в графічному вікні вказує вісь. Уведіть кількість створюваних елементів у полі «**Количество**», а також число градусів між першими й останніми елементами масиву в полі «**Угол**».

Примітка: Кут може бути параметричною формулою.

17.27.3. Редагування прямокутних і кругових масивів

Виконайте одну з наступних дій:

Натисніть правою кнопкою елемент масиву в графічному вікні й виберіть «**Редактировать массив**». Змініть значення в діалоговому вікні «**Прямоугольный массив**» або «**Круговой массив**» і натисніть кнопку «**ОК**».

Двічі натисніть розмір масиву в графічному вікні, щоб змінити його.

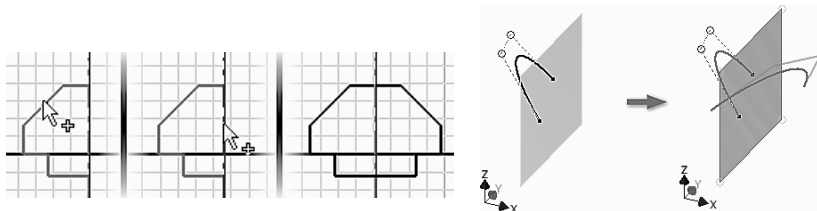
Виберіть масив або елемент масиву в графічному вікні, натисніть праву кнопку й виберіть одну з наступних дій (залежно від того, що обране):



«**Удалить**». Видалення з ескізу геометрії, що не входить у масив.

«**Удалить массив**». Видалення всього масиву з ескізу.

«**Подавить элементы**». Елементи стають недоступні в ескізі. Зв'язки між іншими елементами масиву зберігаються. У графічному вікні подавлені елементи будуть зображені штриховими лініями.

17.27.4. Створення дзеркальних масивів

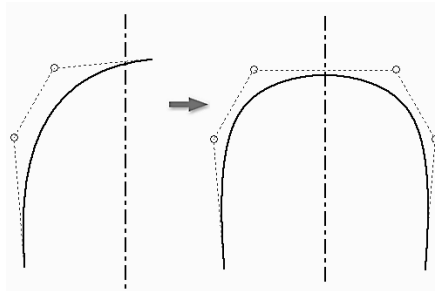


1. У режимі побудови ескізу виберіть вкладку «**Эскиз**» ► панель «**Массив**» ► «**Зеркальное отражение**»  (2D) або вкладку «**3D-эскиз**» ► панель «**Массив**» ► «**Зеркальное отражение**» 

(3D). Відкриється діалогове вікно «**Зеркальний масив**», а режим вибору буде активний за замовчуванням. Виберіть у графічному вікні геометричні об'єкти, які потрібно об'єднати в масив.

У діалоговому вікні «**Зеркальний масив**» натисніть інструмент вибору в полі «**Ось симетрії**» (2D) або «**Площина симетрії**» (3D), а потім виберіть лінію або площину, відносно якої буде відображатися геометрія. Синя стрілка в графічному вікні вказує лінію або площину.

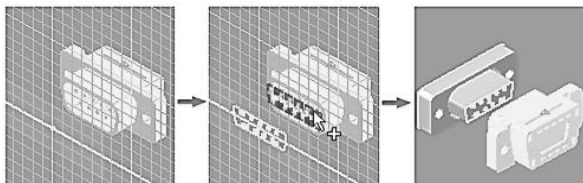
Під час дзеркального відображення сплайну, який перетинає вісь симетрії, виберіть параметр «**Самосиметричне**», щоб створити один сплайн, симетричний щодо осі симетрії.



Натисніть кнопку «**Применить**», щоб завершити створення масиву й побудувати нові, або кнопку «**Готово**», щоб створити масив і закрити команду.

17.28. Проектування геометрії 2D-ескізу

У Inventor можна спроектувати геометрію проекту з існуючих об'єктів на площину активного ескізу.



Можна спроектувати ребра, вершини, замкнені контури, робочі елементи та інші елементи геометрії ескізу. Спроектвана геометрія пов'язана з вихідною, тому під час зміни вихідної геометрії, спроектована оновлюється відповідним чином. Спроектвана геометрія також відома як посилальна, оскільки вона являє собою посилання на вихідні дані. Наприклад, прямокутна проєкція рознімання зміниться в ході побудови фаски на вихідному розніманні.

Посилальну геометрію можна створювати двома способами.

Під час створення ескізу на плоскій грані моделі всі ребра автоматично додаються на ескіз як посилальна геометрія.

Команда «**Проецирование геометрии**» дозволяє проєктувати ребра, вершини, робочі елементи, точки або криві з видимого ескізу на площину активного ескізу як посилальну геометрію.

Примітка: Посилальну геометрію, отриману за допомогою проєктування, можна видаляти. Ребра моделі, автоматично спроектовані у процесі створення ескізу на плоскій грані, вилучити неможливо.

Проектування рекомендується використовувати під час роботи з проєктом складання, побудованого за принципом «зверху вниз», оскільки воно дозволяє затратити менше зусиль на відновлення й позиціонування повторюваних деталей вручну. Спроектвану геометрію можна також використовувати для:

- додавання силуету на площину ескізу, щоб використовувати його в профілі або траєкторії;

- проєктування ескізу конструктивного елемента на площину ескізу для його використання як контуру або траєкторії для нового конструктивного елемента. Визначте границю для вигляду місцевого розрізу на кресленні. Скопіюйте ребра моделі й геометрії у 2D-ескіз чи у 3D-ескіз. Накладіть геометричні або розмірні залежності на криві або точки ескізу (наприклад, проєктування початку координат за замовчуванням на площину ескізу для накладення залежності на ескіз у відношенні до початку системи координат).

Посилальна геометрія щоразу оновлюється під час зміни її вихідної геометрії. Таким чином, геометрія і її проєкція на площину побудов завжди відповідають одне одній. Наприклад:

- вершини або ребра, що додаються у вихідний конструктивний елемент, додаються й до запозиченої геометрії;

- відрізки, поділені або з'єднані у вихідному елементі, у запозиченій геометрії поводяться як один відрізок;

- зміна кута нахилу грані або глибини видавлювання вихідного елемента викликає відповідну зміну місця розташування запозиченої геометрії;

- під час обрізування ребра вихідного елемента відбувається зміна довжини його відрізка-проекції;
- якщо вилучити вихідний проєктуючий елемент, то посилальна геометрія втрачає асоціативність і перетворюється у звичайну закріплену геометрію ескізу; наявні в ескізі залежності й розміри зберігаються.

Під час роботи зі спроектованою геометрією потрібно урахувати кілька моментів.

Можна розірвати зв'язок між вихідною й спроектованою геометрією, після чого використовувати будь-яку команду ескізу або залежності для редагування вихідної або спроектованої геометрії окремо.

Щоб автоматично спроектувати геометрію ескізу, виберіть **«Сервіс»** ► панель **«Параметри»** ► **«Параметри приложенія»**. На вкладці **«Ескіз»** діалогового вікна виберіть **«Автопроецирование ребер при создании кривой»**.

Розміри й розташування проєктуючої геометрії зафіксовані відносно вихідного ескізу. Далі у процесі побудови об'єктів ескізу можна накладати залежності з опорою на спроектовану геометрію.

Під час проєктування кривих сплайну із середовища конструювання на 2D-ескіз створюються неасоціативні опорні сплайни. Редагування опорного сплайну створюється апроксимацією вихідного сплайну, що може спричинити втрату точності кривої.


Ребра компонента, перетнуті розрізом складання, можна спроектувати на площину ескізу, якщо деталь буде перетинати площину ескізу. Спроектовані ребра не є асоціативними в ескізі. Геометрія являє собою «знімок» геометрії під час проєктування і зміни батьківської геометрії, спроектована геометрія не оновлюється.

Якщо проєктуються всі замкнені контури на грань деталі, то зміни батьківського елемента або грані (наприклад, накладення замкнених контурів) автоматично обрізають спроектований контур. Це відбувається тільки у випадку проєктування всього контуру. Якщо виконувати проєктування окремих границь контуру, то такі зміни не виконуються.

17.29. Проєктування геометрії в 2D-ескізі

Можна спроектувати геометрію, ребра, розгорнення (деталі з листового металу), блоки DWG чи сформувати каркас і спроектувати в 3D-ескізі.


Проєктування геометрії.

На 2D-ескізі натисніть грань або робочу площину для визначення площини ескізу. Виберіть вкладку «Эскиз» ► панель «Создать» ► «Проецирование геометрии» .


У графічному вікні виберіть геометрію, яку потрібно спроектувати на площину ескізу. Можна вибрати ребра, вершини, робочі елементи, замкнені контури й криві. Якщо ціль вибору невидима, можна повернути модель.

Порада: Якщо потрібно вибрати замкнений контур (замкнений сплайн, коло або еліпс) і доступно кілька варіантів вибору, то, за замовчуванням, буде виділена грань. Використовуйте команду «**Выбрать другое**» для циклічного перебору об'єктів. Якщо потрібна геометрія виділена, натисніть її, щоб вибрати. Під час вибору грані будуть спроектовані всі розташовані на ній контури. Для завершення, правою кнопкою виберіть «**Готово**», натисніть «**ESC**» або виберіть іншу команду.


17.29.1. Проєктування ребер

На 2D-ескізі натисніть грань або робочу площину для визначення площини ескізу. Виберіть вкладку «Эскиз» ► панель «Создать» ► «Проецирование ребер» . У графічній області натисніть деталь, яку перетинає січна площина. Усі ребра, перетнуті цією площиною, проєктуються на площину ескізу. Для завершення, правою кнопкою миші виберіть «**Готово**», натисніть клавішу «**ESC**» або виберіть іншу команду.


17.29.2. Проєктування об'єднаних ребер

Виконайте імпорт даних поверхні (визначте поверхню) в об'єднаний елемент. Розмістіть 2D-ескіз на поверхні, яка перетинає об'єднаний елемент. У режимі ескізу виберіть вкладку «Эскиз» ► панель «Создать» ► «Проецирование ребер» . Виберіть об'єднаний елемент. Криві будуть створені в місці перетину площини ескізу й поверхонь, які перетинаються з нею. Під час переміщення ескізу криві оновлюються.

17.23.3. Проектування розгортання (деталі з листового металу)

На 2D-ескізі у файлі деталі з листового металу виберіть грань або робочу площину, щоб задати площину ескізу, потім вкладку «Эскиз» ► панель «Создать» ► «Проецирование развертки» . У графічному вікні виберіть одну або кілька граней, щоб спроектувати їх на площину активного ескізу. Грані повинні бути приєднані до ескізної площини зі згинами й розташовуватися з тієї ж сторони листового металу, що й ескізна площина. Для завершення, правою кнопкою й виберіть «Готово», натисніть «ESC» або виберіть іншу команду.


17.29.4. Проектування у 3D-ескізі

На 2D-ескізі виберіть грань або робочу площину для визначення площини ескізу, потім вкладку «Эскиз» ► панель «Создать» ► «Проецирование в 3D-эскиз» . Відкриється діалогове вікно «Проецирование в 3D-эскиз». За замовчуванням активується інструмент вибору граней. Натисніть в графічному вікні, щоб вибрати одну або кілька граней, які потрібно спроектувати. У діалоговому вікні «Проецирование в 3D-эскиз»:

- зніміть прапорець «Проекция», щоб відключити проектування 2D-геометрії на грані;
- включіть або відключіть попередній перегляд, щоб переглянути або сховати відображення спроектованої геометрії у ході зміни вихідного 2D-ескізу.

Натисніть кнопку «ОК». Після завершення новий 3D-ескіз буде містити спроектовану геометрію.

17.29.5. Проектування геометрії DWG

Активуйте 2D-ескіз і натисніть грань або робочу площину для визначення площини ескізу. Перейдіть на вкладку «Эскиз» ► панель «Создать» ► «Спроецировать геометрию DWG» . Виберіть геометрію для проектування. Для цього виберіть один із трьох параметрів:

- окремий об'єкт геометрії;

- з'єднані об'єкти геометрії: замкнений контур і/або розімкнутий контур;
- блок геометрії.

Примітка: Окремі об'єкти й блоки геометрії підтримують вибір рамкою.

Після завершення правою кнопкою виберіть **«ОК»** або натисніть **«Отмена»**.

Після проєктування геометрії блоку DWG можна видавити геометрію DWG і створити бажані 3D-функції.

17.29.6. Редагування спроектованої геометрії

Щоб розірвати спроектовану асоціативність, виберіть спроектовану геометрію у графічному вікні, натисніть правою кнопкою **«Разорвать связь»**.

Щоб вилучити спроектований замкнений контур, правою кнопкою в браузері виберіть **«Удалить»**. Крім того, можна натиснути на спроектований замкнений контур у графічному вікні, циклічно обробити обрані області, щоб вибрати весь контур, після чого натиснути **«Удалить»**.

Щоб вилучити опорну геометрію, натисніть її в браузері правою кнопкою миші і виберіть **«Удалить»**.

Щоб вилучити геометрію, спроектовану в ескіз, із цієї ж моделі, натисніть геометрію правою кнопкою й виберіть **«Удалить»**.

17.30. Поділ, обрізування й подовження кривих

17.30.1. Поділ кривих

За допомогою команди **«Разделение»** в 2D-ескізі можна розділити обрану криву до найближчого її перетину зі збереженням розмірів. Обидва сегменти поділу успадковують такі типи залежностей вихідного елемента, як залежності горизонтальності, вертикальності, паралельності, перпендикулярності та колінеарності. Залежності рівності й симетричності за необхідності видаляються.

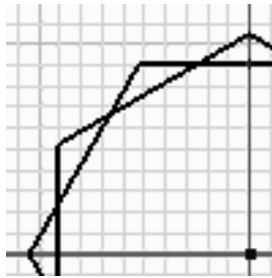
У 3D-ескізі за допомогою команди поділу виконується поділ лінії, дуги або сплайну до перетину із гранню, робочою площиною або поверхнею.

Під час поділу виділенням кривої поруч із серединою змінюється та частина, кінцева точка якої, розташована ближче до курсору. За наявності кількох перетинів Inventor вибере найближчу з них.

Виберіть в ескізі вкладку «Ескиз» ► панель «Изменить» ► «Разделение» —|—. Наведіть курсор у графічному вікні на криву й дочекайтеся появи попереднього перегляду поділу. Вкажіть точку на кривій, де її розділити. Натисніть правою кнопкою, щоб перейти до обрізування або подовження, або натисніть мишею для створення додаткових поділів.



Для завершення, правою кнопкою миші виберіть «Готово», натисніть клавішу «ECS» або виберіть іншу команду.

17.31. Обрізування кривих



За допомогою команди «Обрезка» в 2D-ескізі можна обрізати криву до найближчого перетину з нею, відрізком або дугою або обрізати обрану геометрію так, як визначено її границями. У процесі обрізування між кінцевою точкою обрізаної кривої і обмежувачими кривими створюється залежність суміщення.

За допомогою команди «Обрезка» в 3D-ескізі можна обрізати криві до точки перетину із гранню, робочою площиною або поверхнею.

Виберіть в ескізі вкладку «Ескиз» ► панель «Изменить» ► «Обрезка»  (2D) або вкладку «3D-эскиз» ► панель «Изменить» ► «Обрезка»  (3D).

Наведіть курсор у графічному вікні на криву й дочекайтеся появи попереднього перегляду обрізки. Натисніть мишею, щоб обрізати криву.

Примітка: Під час вибору кривої без фізичних або віртуальних перетинань вона видаляється за допомогою команди «Обрезка».

Натисніть правою кнопкою миші, щоб перейти до поділу або подовження, або щоб обрізати додаткові криві.

Для завершення, правою кнопкою виберіть «Готово», натисніть клавішу «ECS» або виберіть іншу команду.

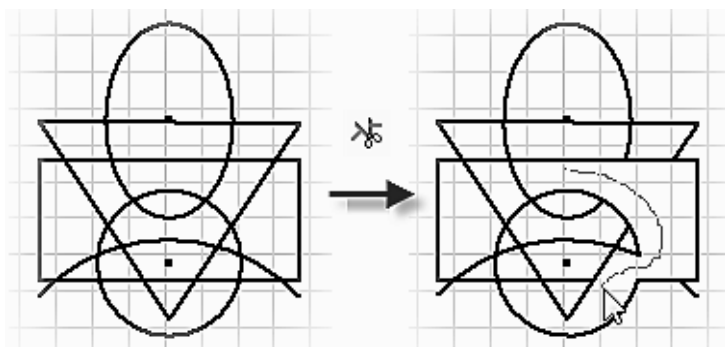
Порада: Щоб тимчасово перейти до команди «Удлинить», натисніть клавішу «SHIFT», виберіть одну або кілька кривих для подовження, а потім відпустіть клавішу «SHIFT».


17.32. Обрізування геометрії шляхом визначення границь (2D-ескізи)

Виберіть в ескізі вкладку «Эскиз» ► панель «Изменить» ► «Обрезка» ✂.

Натисніть клавішу «CTRL», щоб вибрати геометрію (а не криволінійний сегмент). Відпустіть клавішу «CTRL». За необхідності виберіть додаткові об'єкти геометрії для обрізування. Наведіть курсор у графічному вікні на криву й дочекайтеся появи попереднього перегляду обрізування. Потім натисніть криву, щоб завершити обрізування. Для завершення, правою кнопкою виберіть «Готово», натисніть клавішу «ECS» або виберіть іншу команду.

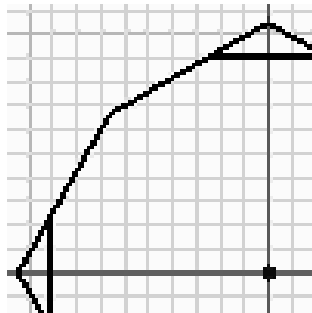
17.32.1. Динамічне обрізування кривих (2D-ескізи)



Виберіть в 2D-ескізі вкладку «Эскиз» ► панель «Изменить» ► «Обрезка» .



У графічному вікні, утримуючи ліву кнопку миші, перемістіть курсор на ескіз. Inventor виконає обрізування усіх ліній і кривих під час наведення на них курсора. Для завершення, натисніть правою кнопкою виберіть «Готово», натисніть клавішу «ECS» або виберіть іншу команду.

17.33. Подовження кривих



За допомогою команди «Удлинить» в 2D-ескізі можна подовжити криву до найближчого її перетину або подовжити обрану геометрію, як визначено її границями. У процесі подовження між кінцевою точкою обрізаної кривої і обмежуючими кривими створюється залежність суміщення.

За допомогою команди «Удлинить» в 3D-ескізі можна подовжити криві до перетину із гранню, робочою площиною або поверхнею.

Виберіть в ескізі вкладку «Эскиз» ► панель «Изменить» ► «Удлинить»  (2D) або вкладку «3D-эскиз» ► панель «Изменить» ► «Удлинить»  (3D).


Наведіть курсор у графічному вікні на криву й дочекайтеся появи попереднього перегляду подовження. Натисніть мишею, щоб подовжити криву.

Натисніть праву кнопку, щоб перейти до поділу або обрізування, чи для подовження додаткових кривих.

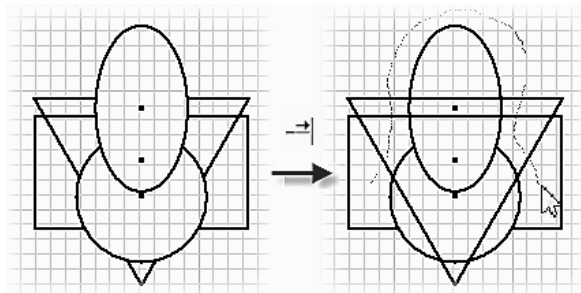
Порада: Щоб тимчасово перейти до команди «Обрезать», натисніть клавішу «SHIFT», виберіть одну або кілька кривих для обрізування, а потім відпустіть клавішу «SHIFT». Для завершення


правою кнопкою виберіть «Готово», натисніть клавішу «ECS» або виберіть іншу команду.

17.33.1. Подовження геометрії шляхом визначення границь (2D-ескізи)

Виберіть в ескізі вкладку «Эскиз» ► панель «Изменить» ► «Удлинить» . Натисніть клавішу «CTRL», щоб вибрати геометрію (а не криволінійний сегмент). Відпустіть клавішу «CTRL». За необхідності виберіть додаткові об'єкти геометрії для подовження. Наведіть курсор у графічному вікні на криву й дочекайтеся появи попереднього перегляду подовження. Потім натисніть криву мишею, щоб завершити подовження. Для завершення, правою кнопкою виберіть «Готово», натисніть клавішу «ECS» або виберіть іншу команду.

17.33.2. Динамічне подовження кривих (2D-ескізи)



Виберіть в ескізі вкладку «Эскиз» ► панель «Изменить» ► «Удлинить» . У графічному вікні, утримуючи ліву кнопку миші, перемістіть курсор на ескіз. Inventor виконає подовження всіх ліній і кривих з наведенням на них курсору. Для завершення, правою кнопкою виберіть «Готово», натисніть клавішу «ECS» або виберіть іншу команду.

Розділ 18.

Приклад створення ескізу

Створимо двомірний ескіз. Спочатку створюємо проєкт. У вікні «Проекты» вибираємо – ТКП. У вікні «Создать» тиснемо «Деталь». З'являється робоче вікно. Ліворуч уже бачимо браузер і назву «Деталь 1». На вкладці 3D-модель, виберемо команду – «Начать 2D-эскиз», з'являється вікно з трьома початковими площинами. Далі нам необхідно вибрати площину, у якій буде створюватися ескіз (Рис. 18.1). Оскільки ескіз започатковує орієнтацію деталі в просторі, то бажано її вибирати зважаючи на те, наскільки буде зручно формувати деталь за ескізом, а не прогнозувати орієнтацію так, щоб майбутній головний вигляд співпадав з виглядом «Спереди». Inventor дозволяє після закінчення створення моделі зорієнтувати її так, як буде потрібно під час виконання виробу загалом в ході збирання чи створення креслення цієї деталі. У розділі виглядовий куб ця процедура описана детально.

Отже тиснемо на вибраній площині і приступаємо до побудови ескізу.

Вибираємо площину XY, натискаємо на неї. Тепер ескіз буде створюватися в цій площині.

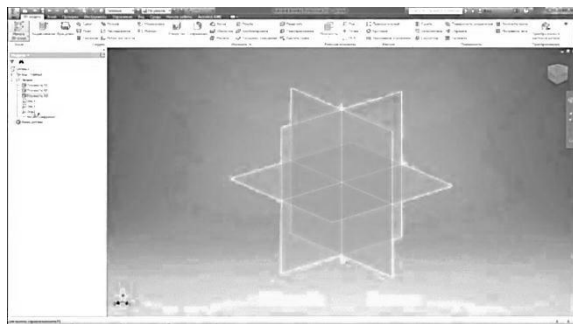
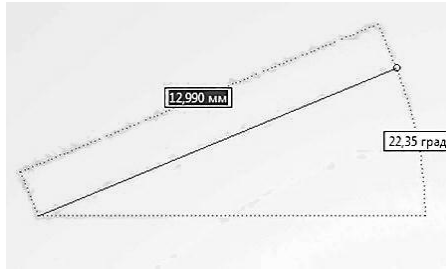


Рис. 18.1. Вибір робочої площини для ескізу

Для створення ескізу можна використовувати різні команди. Розглянемо їх послідовно. Почнемо з команди «**Отрезок**». Для створення відрізка, нам необхідно вибрати початкову точку й указати кінцеву. Вказуючи наступні точки послідовно, ми можемо створювати низку відрізків довільної довжини, з'єднаних один з одним.



Примітка: Зверніть увагу на розмірність у процесі динамічної побудови відрізка. У прямокутнику довжини повинні бути 12,990 мм, якщо ні, то необхідно закрити побудову ескізу і зайти знову через «Создать» > «Метрические» > «Обычный».

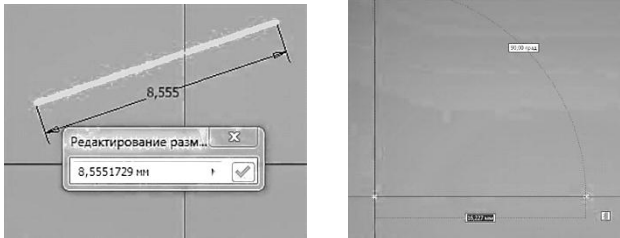


Рис. 18.2. Корегування потрібного розміру

Якщо останню точку побудови третього, чи будь-якого з відрізків вказати на початкову точку першого відрізка, то отримаємо замкнений багатокутник. Далі накладаємо геометричні залежності там де це потрібно. Для нанесення розмірних залежностей вибираємо команду «**Размеры**». Тиснемо лівою клавішею на потрібний відрізок і тягнемо у потрібному напрямку (горизонтально, вертикально чи перпендикулярно відрізка), щоб ініціювати потрібний розмір (див. рис. 18.2). Вибираємо розмір та викликаємо вікно «**Редактирование размеров**», у якому вказуємо потрібний розмір. Натискаємо «**ОК**».

У центрі ескізу в нас завжди є точка, яка відповідає за початок координат.

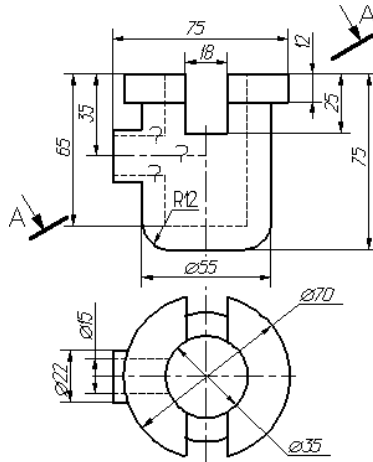


Рис. 18.3. Умова до завдання 4

На наш погляд, набагато зручніше і економніше будувати ескіз зразу за відомими напрямками (горизонтальності, вертикальності, перпендикулярності та ін.), вказуючи потрібні розміри на полях, які люб'язно пропонує Inventor. Проілюструємо це під час виконання варіанту завдання рис. 18.3.

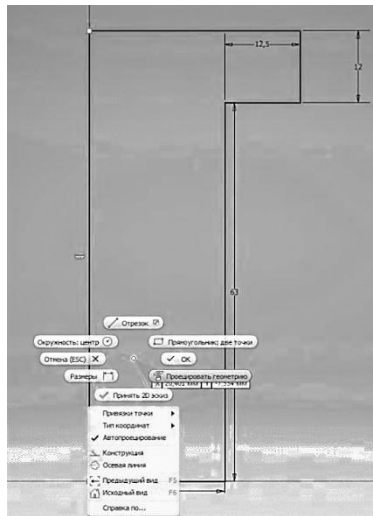


Рис. 18.4. Побудова профілю для обертання

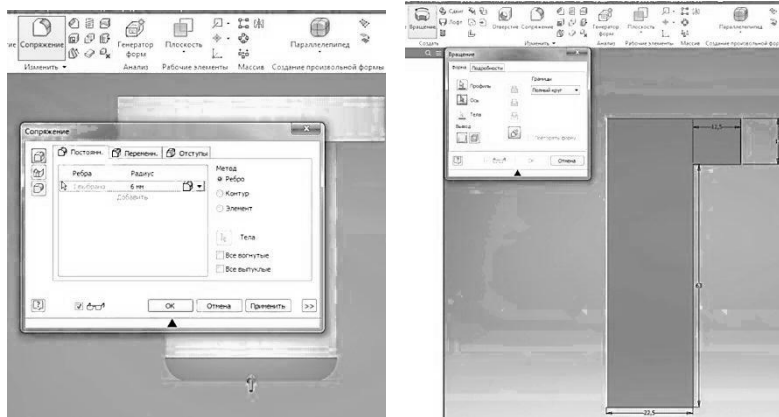
У якості прикладу візьмемо деталь (рис. 18.3), та проаналізуємо її. Умовно її можна розділити на три циліндри з отворами діаметрами: $\varnothing 70$, $\varnothing 55$ і $\varnothing 22$. Зручніше буде використати обертання профілю навколо осі і отримати пустотілий циліндр $\varnothing 55$ з фланцем $\varnothing 70$. Цього було б достатньо, як би не було поперечного циліндра $\varnothing 22$, який, після побудови буде виступати всередину великого циліндра. Тому будемо створювати всі три циліндри без внутрішніх порожнин. Наступним кроком буде створення циліндра $\varnothing 22$, а потім створимо циліндри $\varnothing 35$ і $\varnothing 18$ з відніманням від побудованих раніше циліндрів. Останнім кроком буде створення пазу 18×12 .

Зважаючи на послідовність будемо створювати відповідні ескізи. На площині YZ побудуємо ескіз у вигляді профілю для обертання навколо осі Y (рис. 18.4). Профіль буде являти собою праву частину поперечного перерізу деталі без пазу.

Вибираємо інструмент «**Отрезок**» теснемо ліву клавішу в точку початку координат і тягнемо в правий бік. Якщо б це не був початок координат, то Inventor запропонував би два поля Y і Z у які ви могли б ввести відповідно абсолютні координати. Тепер вам пропонується ввести відносну координату: відстань і кут. Рухаючи курсор шукаєте положення другої точки відрізка, щоб він був горизонтальним, а кут був рівним 90° . У поле відстані потрібно ввести половину $\varnothing 45$. Можна ввести формулою. Вводимо $45/2$ натискаємо на «**Enter**» або праву клавішу миші. У результаті побудувався горизонтальний відрізок довжиною 22.5 мм. Тягнемо вверх так, щоб кут був рівний 90° , поле довжини відрізка активне (сіне), набираємо у полі висоту циліндра – $(75-12)$ і натискаємо праву клавішу. Тягнемо курсор в правий бік і у полі довжини вводимо $(75-55)/2$, якщо кут не вдалося установити курсором, натискаємо клавішу (TAB) для переходу в поле величини кута і набираємо 90. Після натискання правої клавіші отримуємо потрібний горизонтальний відрізок. Аналогічно будуємо вертикальний відрізок висоти фланця і горизонтальний відрізок рівний радіусу фланця. Нам потрібно замкнути профіль, для цього тягнемо курсор вниз і тиснемо на початкову точку першого відрізка. З'являється жовта точка залежності суміщення, що говорить про те, що профіль замкнувся. Після натискання правою клавішею профіль стає увесь темносиній, тобто повністю визначений. Залишається прийняти ескіз і перейти до побудови першого об'єму деталі. Натискаємо правою клавішею на профіль і з'являється меню, вибираємо пункт прийняти ескіз.

Розділ 19.

Приклад побудови моделі



Переходимо до побудови моделі за готовим ескізом. Відкриваємо вкладку «3D-модель» і натискаємо інструмент «Вращение». Профіль підсвічується і відкривається однойменне вікно. Профіль вибрався, оскільки він у нас один. Якщо їх було б більше тоді натискаючи активну кнопку «Профиль» можна було б вибирати шляхом перебирання. Наступний крок вибір осі обертання. Для цього потрібно натиснути кнопку «Ось» і вибрати існуючу лінію, спеціально побудовану. Далі потрібно активувувати за допомогою кнопки «Осевая линия», яка після цього стає штрихпунктирною і надає додаткові можливості створення геометрії.

У нашому випадку така лінія є на профілі і немає сенсу її додатково будувати. До того ж, ми почали будувати профіль на осі Y. Ми можемо обирати або ліву сторону профілю, або у пащі «Начало» ► «Ось Y». За замовчуванням пропонується повний поворот «Полный круг», тому натискаємо «ОК».

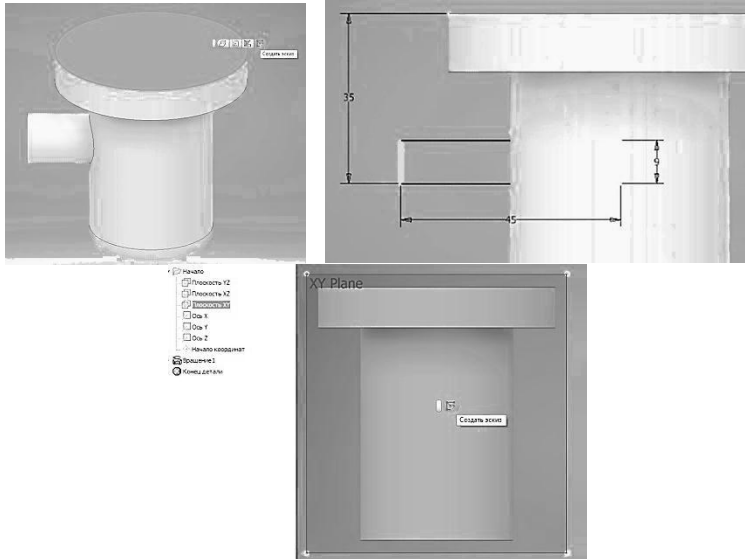


Рис. 19.1. Побудова профілю для бокового циліндра

Наступний крок – побудова бокового циліндра $\varnothing 22$. На вигляді спереду він розташовується з лівої сторони перпендикулярно. Але на виглядовому кубі стоїть «**Слева**». Тиснемо на бокову стрілочку з лівої сторони і куб повертається на вигляд «**Спереди**». Тепер необхідно створити чи вибрати робочу площину. На вкладці «**3D-модель**» ► «**Плоскость**» виберіть один з варіантів визначення робочої площини. У нашому випадку, модель розташована в центрі координат і в якості робочої площини можна вибрати одну з основних площин – XY або YZ. Вона активується і на ній з'являється іконка «**Создать эскиз**».

Залежно від вибраної робочої площини можливі два варіанти побудови бокового циліндра:

- на XY – побудова прямокутного профілю для обертання;
- на YZ – побудова на осі кола $\varnothing 22$ для видавлювання.

Побудуємо прямокутний профіль. Приймаємо ескіз і виконуємо обертання. Залишилося зробити внутрішні отвори.

Якщо ви звернули увагу на те, що на великому циліндрі є заокруглення, його ми на ескізі не виконали на профілі навмисно, тому що на моделі його робити зручніше.

На вкладці «**3D-модель**» вибираємо «**Сопряжение**», з'являється однойменне вікно, у якому вказуємо радіус заокруглення і вибираємо ребро (вказуємо стрілкою) і натискаємо «**ОК**».

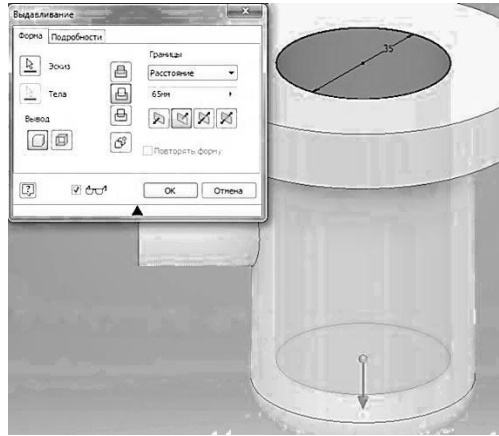


Рис. 19.2. Виконання заокруглення

Будемо будувати внутрішній циліндр. Для створення ескизу потрібно вибрати робочу площину. Для цього потягнемо вниз за верхнє ребро виглядового куба, щоб нахилити модель вперед. Тиснемо лівою клавішею миші на верхню грань; вона підсвічується (активується) і на ній з'являються іконки інструментів, які дозволяють працювати з моделлю. Вибираємо «Создать эскиз». Робоча площина стає паралельною екрана і на ній будемо коло діаметром внутрішнього циліндра. Приймаємо ескіз і переходимо до видавлювання, кнопка «**Выдавливание**». У одоименному вікні ескіз уже обраний. Обираємо напрямок вниз. З бульових операцій вибираємо відняти. Глибину вказуємо 65 мм і натискаємо «**ОК**».

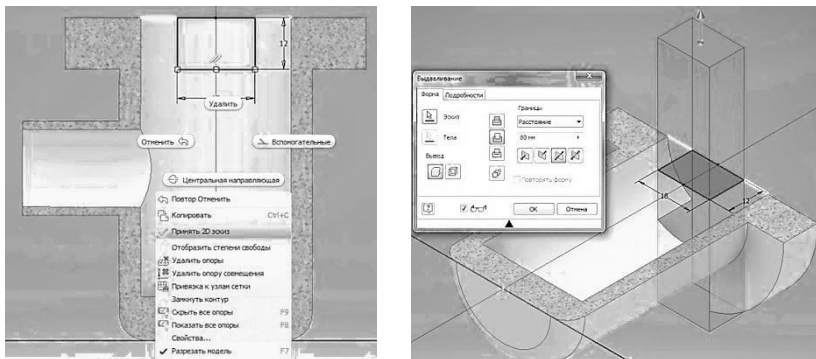


Рис. 19.3. Створення профілю для паза і його виконання

Аналогічно будемо отвір бокового циліндра $\varnothing 18$ мм і глибиною до осі.

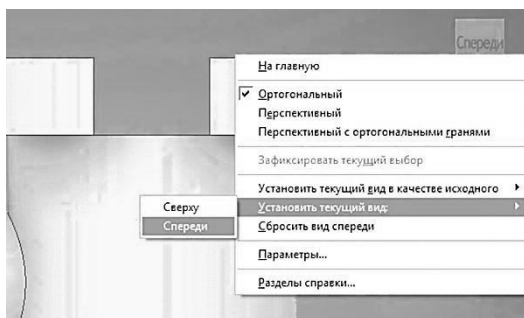
Залишилося зробити прямокутний паз 18×12 . Робочу площину вибираємо ХУ. Але ми її не бачимо, оскільки вона всередині моделі. Є можливість розрізати модель робочою площиною. Унизу робочого вікна є однойменна іконка або в контекстному меню. Модель повинна бути розташована таким чином, щоб та частина, яку ми хочемо відрізати була ближче до нас. Тепер є доступ, будемо прямокутник і вирівнюємо його відносно осі накладенням залежності вертикальності середини нижньої сторони і осі (див. рис. 19.3). Приймаємо ескіз і переходимо до видавлювання.

Профіль у нас один, тому він обирається за замовчуванням. У якості бульових операцій вибираємо відняти. Напрямок обираємо в обидва боки і задаємо відстань більше діаметра фланця – 80 мм, натискаємо «ОК».

Натискаємо на іконку «Розрізати модель», щоб повернутися до повного об'єму.

Розділ 20.

Побудова креслення за моделлю

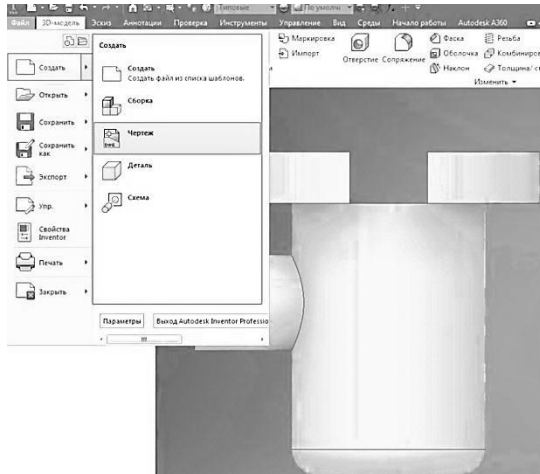


Сучасні пакети Inventor і AutoCAD надають можливість побудови креслення за 3D-моделлю. Але потрібно виконати певні умови. За першою умовою потрібно встановити правильну орієнтацію. Для деяких процедур вона має важливе значення. В Inventor для створення моделі це не має значення. Для створення креслення потрібно визначитися, який вигляд моделі можна вибрати для головного вигляду креслення (робоче положення деталі, положення деталі у процесі виготовлення чи надання максимальної інформації). Для подальшого використання моделі під час створення (складання) виробу загалом. Вибираємо, який вигляд нас найкраще влаштовує. У нашому випадку, ми намагалися його створювати як вигляд спереду. У завданні головний вигляд уже був створений. Якщо в процесі створення моделі він не співпадає з виглядом спереду, то обертаючи виглядовий куб виставляємо потрібну орієнтацію моделі. Якщо він не є виглядом «Спереди», то натискаємо правою клавішею на виглядовий куб і в контекстному меню вибираємо «Установить текущий вид» ➤ «Спереди».

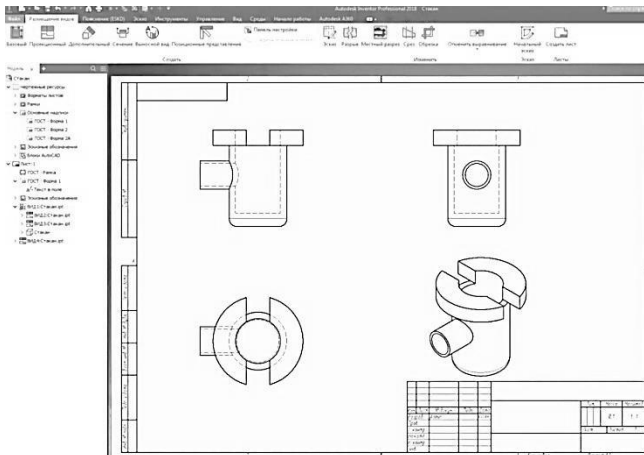
Далі у нас є два варіанти:

- побудувати чотири вигляди (спереду, зверху, з лівої сторони і зверху з лівої сторони) в Inventor і дооформлювати його;

– експортувати модель в AutoCAD і вже там будувати три вигляди і дооформлювати креслення деталі.



Є й третій варіант – побудоване креслення з чотирьох виглядів в Inventor експортувати в AutoCAD і вже там дооформлювати креслення деталі. В Inventor дооформлення креслення можливе, але дещо складніше та й не так зручно (пізніше ми розглянемо і цей варіант більш детально).



Розглянемо ці варіанти. Виставляємо модель у вигляд спереду і зберігаємо її. Переходимо до вкладки «Файл», Вибираємо «Создать» ► «Чертеж». Зразу з'являється формат А3 з рамкою і відкривається вкладка «Размещение видов». Вибираємо «Базовый» в центрі з'являється вигляд спереду, вказуємо на нього лівою клавішею і тягнемо ліворуч вгору на місце розташування головного вигляду, відпускаємо клавішу. Далі вибираємо на стрічці панель «Размещение видов» іконку «Проекционный», тиснемо на головному вигляді і тягнемо вниз, у потрібному місці тиснемо лівою клавішею і фіксуємо вигляд зверху. Відпускаємо клавішу, наводимо її на головний вигляд і тягнемо в правий бік, тиснемо в потрібному місці і фіксуємо вигляд з лівого боку. Відпускаємо клавішу, наводимо її на головний вигляд і тягнемо її вниз-праворуч по діагоналі і вказуємо місце розташування наочного зображення. Тиснемо правою клавішею і чотири вибрані вами вигляди формуються у вказаних місцях. Пізніше, для порівняння, ми детально розглянемо оформлення креслення в Inventor.

Примітка: Намагайтеся розмістити вигляди рівномірно на кресленні, залишаючи місце для розмірів, основного напису та іншого оформлення.

Зважаючи на досвід, самим зручним варіантом є експорт моделі в AutoCAD і в ньому будувати три вигляди і наочне зображення. Ця процедура детально розглянута вище.

Розділ 21.

Середовище моделювання складань

Складальне середовище дозволяє сформувати з деталей і вузлів складання, яке можна розглядати як окремий компонент. Деталі й вузли зв'язуються між собою складальними взаємозв'язками. Взаємозв'язки керують розміщенням компонентів і ступенями свободи (DOF). Вони дозволяють редагувати як окремі деталі, так і все складання загалом. Можна також визначити групу конструктивних елементів складання, які взаємодіють із кількома деталями.

21.1. Відмінності між середовищем складання і середовищем деталі

Складальне середовище активізується під час створення нового або відкриття вже наявного файлу складання. Засоби цього середовища дозволяють працювати з деталями й вузлами та створювати з них складні складання.

Під час створення нового або відкриття вже наявного файлу деталі, активізується середовище моделювання деталей. Його засоби призначені для роботи з ескізами й конструктивними елементами, з яких створюються деталі. Їх можна вставляти в складання, розташовувати і визначати свободу переміщення.

Можна вставляти в складання існуючі деталі або створювати деталі в контексті складання за допомогою команд моделювання деталей і ескізів. Під час створення або редагування деталі в контексті складання всі інші його компоненти залишаються видимими.

У середовищі складання можна створити складання, іменоване також вузлом. Він дозволяє групувати функціонально зв'язані між собою деталі в окремий компонент. Наприклад, пневматичний циліндр є вузлом, який може бути вставлений в інші складання. Можна використовувати вузли для побудови складань, тоді змінами проекту буде легше керувати.

Для завершення моделі можна застосувати елементи складання. Конструктивні елементи належать тільки складанню й впливають на складні деталі, та описують специфічні виробничі процеси.

21.1.1. Призначення складального середовища

Складальне середовище налаштоване для можливості і зручності виконання специфічних операцій, таких як:

- створення нового або відкриття наявного файлу складання;
- створення або вставка в складання деталей і вузлів;
- розташування компонентів відносно інших деталей, елементів і вузлів;
- для створення елементів, які впливають на кілька деталей складання, а також можливості використовувати такі команди як зріз, отвір і фаска;
- редагування компонентів, ескізів, елементів, взаємозв'язків, іменованих і позиційних представлень і представлень з рівнем деталізації, а також керування видимістю деталей і елементів за допомогою браузера;
- імпорт і експорт деталей для використання в інших складаннях;
- аналіз масових властивостей, перевірка перетинань, а також вимір відстані між деталями;
- перетворення складання в деталь, яка з'єднується зварюванням.

Розділ 22.

Прискорення й спрощення моделювання складання

22.1. Налаштування перегляду складання

Для зручності роботи зі складанням бажано налаштувати його вигляд таким чином:

- після додавання в складання компонентів, рекомендується відключити видимість тих компонентів, які не використовуються в поточній роботі над складанням;
- для того щоб підсвітити компонент у графічній області, варто помістити курсор на значок цього компонента в браузері;
- для пошуку необхідного компонента потрібно правою кнопкою вибрати **«Найти в браузері»** або **«Найти в окне»**;
- натисніть значок із зображенням бінокля в рядку меню браузера, щоб активувати діалогове вікно **«Поиск»**; задайте критерії пошуку залежностей, конструктивних елементів і файлів;
- компоненти, які не потрібно вибирати, але які необхідно відображати, рекомендується робити недоступними для вибору;
- для виділення вузлів у складанні рекомендується використовувати колір.

Наприклад, усі компоненти пневматичної системи можна зобразити одним кольором, а всі компоненти, що поставляються одним поставальником – іншим. Збережіть кольорові підсистеми й налаштування видимості в іменованому вигляді.

22.2. Використання представлень для налаштування статусу компонента

– рекомендується зберігати Виглядові представлення або представлення з рівнем деталізації для складного вузла і включати видимість тільки для компонентів, необхідних для вставки вузла; представлення з рівнем деталізації використовуються у процесі вставки вузла;

– відключіть видимість несуттєвих компонентів і збережіть виглядове представлення проекту з унікальним іменем; кожного разу під час роботи над складанням, повторно завантажуйте виглядове представлення проекту;

– скопіюйте виглядове представлення у представлення з рівнем деталізації та налаштуйте видимість і статус подавлення;

– створіть і збережіть позиційні представлення для отримання миттєвих знімків, використовуваних для вивчення руху й перегляду складання в різних положеннях;

– створіть накладення в кресленнях позиційних представлень, наприклад для відображення складання з різними розширеннями;

– щоб уникнути завантаження в пам'ять непотрібних компонентів, створіть представлення з рівнем деталізації; підвищіть продуктивність комп'ютера шляхом зниження використання пам'яті;

– створіть підстановку з рівнем деталізації, використовуючи складений зовнішній контур поверхні або похідну деталь, щоб зменшити розмір файлу й використання ресурсів пам'яті;

– під час відкриття складання вкажіть групу представлень, необхідних для отримання відповідного робочого вигляду й ефективного моделювання.



22.3. Планування для підвищення ККД проєктування

Для підвищення коефіцієнта корисної дії під час проєктування рекомендується:

- планувати ієрархічну структуру, як для складання верхнього рівня, так і для вузлів, рекомендується ще до створення деталей; ієрархія сприяє підвищенню продуктивності;

- створювати логічні вузли й формувати з них більші складання; під час створення вузлів корисними є команди «Повисить рівень» або «Понизить рівень»;

- усі компоненти, які використовуються у вузлі, рекомендується зберігати в одній папці;

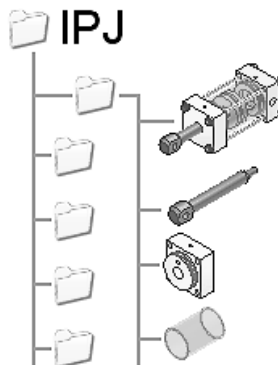
- компоненти, які використовуються багатьма конструкторами і у багатьох проєктах, рекомендується зберігати в папках із загальним доступом;

- рекомендується задавати властивості документа й проєкту для окремих компонентів;

- для створення компонентів визначеного проєкту або вузла рекомендується використовувати спеціально створений шаблон; попередньо задайте загальні властивості шаблону, щоб усі компоненти, створені з його допомогою, приймали ті самі властивості.

- для пошуку файлів необхідних компонентів як в Autodesk Inventor, так і поза програмою рекомендується використовувати атрибути;

- рекомендується зберігати умови пошуку за атрибутами під смисловим іменем для можливості подальшого використання.



22.4. Керування зв'язками в складанні

Зв'язки в складанні відіграють важливу роль і тому:

- рекомендується застосовувати рівно таку кількість зв'язків, яка потрібна для керування позиціонуванням і переміщенням компонентів, тому що зв'язки використовують ресурси пам'яті;

- запобігання надмірності; у діалоговому вікні «**Параметри приложения**» на вкладці «**Сборка**» використовуйте параметр «**Выполняют анализ избыточных связей**» для перевірки на наявність надлишкових зв'язків; вилучіть надлишкові зв'язки;

Важливе зауваження: відключіть параметр після виконання аналізу:

- для підвищення ефективності роботи зі складаннями потрібно, як мінімум один компонент у складанні зробити базовим;

- за можливості використовуйте посилання на загальні зв'язки; з'єднання усіх компонентів із загальним компонентом або геометрією підвищує продуктивність і знижує складність, наприклад, використовуйте координатні робочі елементи для пошуку компонентів у складанні там, де це можливо;

- зв'яжіть симетричні складання з проміжними площинами й центральними осями;

- використовуйте конструктивні пари, щоб знизити непродуктивні витрати й забезпечити несуперечність;

- для вибору зв'язку, перемкніть браузер з вигляду складання у вигляд моделювання, усі зв'язки будуть розміщені в папці браузера «**Связи**»;

- для того щоб виділити зв'язок у графічному вікні, наведіть на нього курсор;

- не рекомендується зв'язувати елементи, які надалі можуть бути змінені або вилучені;

- з наведенням курсору на значок зв'язку в браузері з'являється вся інформація, що стосується властивостей обраної залежності;

- для відображення інформації про помилку у зв'язку варто навести курсор на значок зі знаком оклику в браузері;

- перед видаленням або зміною зв'язків рекомендується усунути помилки моделі;

- знайдіть і виправте помилки зв'язків або подавіть їх, ізоляція компонентів виконується за допомогою коректора помилок.

22.5. Пошук помилок у зв'язках

Зв'язки з помилками позначаються жовтими символами. Для повного відображення усіх зв'язків у складанні виконайте наступне:

- відкрийте папку зв'язків у верхній частині ієрархічного списку в браузері, щоб відобразити всі зв'язки в складанні;
- вибравши зв'язок з помилкою в браузері, можна виділити кольором всі деталі, які беруть у ньому участь і збільшити їх у графічному вікні;
- використовуйте метод вільного переміщення для переміщення компонента; гнучкий зв'язок відображає зв'язки з іншими компонентами;
- для перегляду параметрів натисніть на зв'язок правою кнопкою; у графічному вікні відображаються символи з'єднань і помилок;
- натисніть зв'язок правою кнопкою й виберіть пункт **«Другая половина»**, щоб розгорнути браузер і відобразити іншу половину обраного зв'язку;
- правою кнопкою миші натисніть конфлікуючий зв'язок і виберіть **«Діагностика»**, щоб відкрити діалогове вікно **«Анализ конфликта связей»**; у діалоговому вікні **«Анализ конфликта связей»** подавіть або вилучіть зв'язок й видаліть пов'язані з ним помилки;
- скористайтеся коректором помилок для діагностики помилок зв'язків і отримання пропозицій щодо їх виправлення;
- натисніть зв'язок правою кнопкою й виберіть **«Изолировать компоненты»**, щоб відобразити тільки компоненти, включені в цю залежність.

22.6. Організація файлів проєкту в структурі папок

Не варто зберігати всі файли складання в одній папці. Якщо Inventor потрібно знайти потрібний файл у папці, що містить кілька сотень або тисяч файлів, то їх відкриття може займати багато часу. Inventor додає в ім'я файлу шлях до папки, у якій перебуває файл. Якщо в папці утримується мало файлів, їх пошук і відкриття відбувається швидше. За можливості всі компоненти вузлів потрібно розміщати в одному каталозі.

Розділ 23.

Визначення місця розташування і зв'язків компонентів

23.1. Огляд зв'язків у складаннях

Залежності й з'єднання складання створюють зв'язки, які визначають розташування компонентів і припустиме переміщення.

Команди **«Зависимость»** і **«Сборка»** – це інструменти з попередніх версій: під час позиціонування компонентів, з їхньою допомогою, ступені свободи поступово виключаються за допомогою залежностей.

Команда **«Соединение»** дозволяє зменшити складність зв'язків між компонентами. За допомогою команди **«Соединение»** можна задати положення компонента й характер його переміщень. Разом з командою **«Соединение»** можна використовувати команди **«Блокировать»** і **«Установить защиту»**. Ці параметри доступні в контекстному меню у процесі вибору з'єднання в браузері. Блокування видаляє всі ступені свободи, але місце розташування компонента може мінятися під час переміщення зв'язаних компонентів. Під час завдання компонента в якості базового відбувається видалення всіх ступенів свободи, але водночас його положення в просторі фіксується. Для виведення попередження під час додавання зв'язків, що порушують необхідний характер переміщень, можна використовувати команду **«Установить защиту»**. Можна задати припустимий діапазон переміщення і для залежностей, і для з'єднань.

23.2. Позиціонування компонентів: початок роботи

У більш ранніх версіях Inventor перша деталь, розташовувана в складанні, ставала базовою. Її положення фіксувалося так, що початок

координат цієї деталі збігався з початком координат складання. Рекомендується фіксувати в такий спосіб хоча б один компонент, щоб він не переміщався і міг виступати в ролі якоря для інших компонентів. Щоб зробити необхідний компонент базовим, після вставки компонента, відкрийте контекстне меню й виберіть «**Разместить базовый компонент в начале координат**».

Під час розміщення компонента в складанні за допомогою контекстного меню його можна повернути навколо осей X, Y або Z для завдання вихідної орієнтації.

23.3. З'єднання складань

На наступному рисунку для розміщення компонентів і визначення ступенів свободи використовуються два типи з'єднань у складаннях: жорстке й обертальне. Оскільки команда «**Соединение**» дійсно визначає місце розташування і ступінь свободи компонентів, то, для забезпечення погодженості і передбачуваності результатів, тепер потрібно менше з'єднань. Зверніть увагу, що найчастіше використовується жорстке з'єднання, а повертаються всього два підшипники (рис. 23.1). Іншими словами, за допомогою цієї команди можна правильно визначити переміщення усіх компонентів складання. Для отримання необхідних результатів можна використовувати з'єднання разом із залежностями.

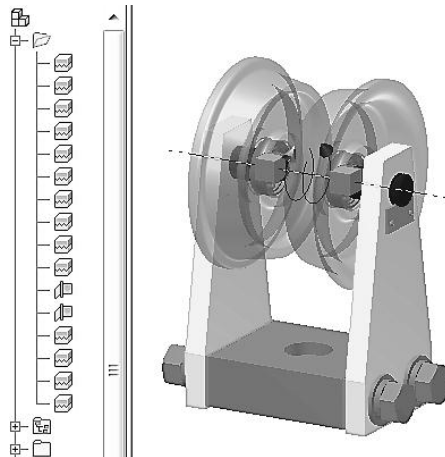


Рис. 23.1. Приклад жорсткого і обертального з'єднань

23.4. Залежності в складанні

На наступному рисунку для розміщення компонентів і визначення діапазону їх переміщень використовуються залежності «Совмещение», «Заподлицо» і «Вставка». Під час використання залежностей для визначення ступенів свободи й розміщення компонентів зазвичай потрібно більше зв'язків, ніж під час використання з'єднань. Зверніть увагу, що кріпильні елементи на наступному рисунку можна повертати. Якщо орієнтація не має значення, то в ході роботи із залежностями, зазвичай, залишають додаткові ступені свободи. Для отримання необхідних результатів можна використовувати залежності разом зі з'єднаннями.

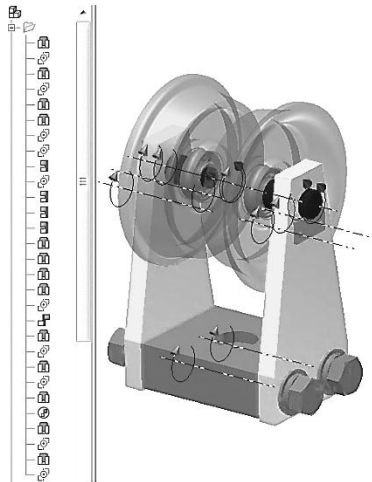


Рис. 23.2. Приклад використання залежностей під час складання

2.5. Створення зв'язків у складанні

23.5.1. Команда «Соединение»

Команда «Соединение» дозволяє автоматично визначати тип з'єднання на основі вихідних даних обраних об'єктів. Крім того, можна спочатку вибрати тип з'єднання, а потім – об'єкти для розміщення й з'єднання. Крім створення зв'язку можна також змінити ім'я в браузері й накласти обмеження.

Команда «Соединение» переміщує перший обраний компонент у другий. За необхідності можна скасувати існуючі зв'язки або статус базового компонента для забезпечення можливості переміщення першого компонента. Результат з'єднання можна переглянути перед тим як воно буде застосовано, що дозволяє забезпечити коректність розміщення компонентів.

23.5.2. Команда «Наложить зависимость»

Виберіть тип залежності для відновлення діалогового вікна «Зависимости в сборке», а потім виберіть об'єкти для накладення залежностей. Крім створення залежності можна також змінити ім'я в браузері й застосувати граничні значення.

Попередній перегляд результату до фактичного накладення залежності допомагає коректно позиціонувати компоненти. Після вибору типу залежності, двох компонентів, завдання кута або зсуву компоненти автоматично позиціонуються відповідно до залежності, що накладається. Це дозволяє необхідним чином налаштувати параметри і тільки після цього застосувати їх.

23.5.3. Команда «Сборка»

Виберіть об'єкти для накладення залежностей, а потім тип залежності, який потрібно застосувати. У графічному вікні замість діалогового вікна відображається міні-панель інструментів. У складанні, відповідно до зазначеної геометрії, автоматично вибираються припустимі типи залежностей. Наприклад, у процесі вибору плоскої грані в списку відображаються тільки типи залежностей: **совмещение/совмещение, совмещение/расположение заподлицо та угол/направление**. Якщо першим варіантом вибору є дугове ребро, у списку відображаються тільки залежності: **вставка/противоположно і вставка/выравнивание**, а другий варіант вибору обмежується дуговим ребром.

Під час виконання команди «Сборка» перший обраний компонент завжди переміщується до другого варіанта вибору. За необхідності існуючі залежності або статус закріплення можна скасувати для забезпечення можливості переміщення першого варіанта вибору. У разі виходу з команди «Сборка» розраховуються всі нові й існуючі залежності. За наявності конфлікту з'явиться діалогове вікно «Управление зависимостями сборки», у якому можна подавити або вилучити залежності. Цей спосіб виконання використовується для

зміни місця розташування компонента за відсутності точної інформації про накладені залежності. Можна змінити позицію компонента й розв'язати будь-які конфлікти між залежностями.

Команда «Сборка» не підтримує деякі типи залежностей (**движение, перемещение, угол/направление и угол/точный опорный вектор**). Крім того неможливо змінити ім'я залежності або застосувати граничні значення. Після створення, залежність можна відредагувати з метою зміни цих параметрів налаштування.

23.6. Накладення залежності суміщення або залежності типу «Заподлицо» у складаннях



За допомогою залежності суміщення обрані компоненти розташовуються грань до грані або «заподлицо». Вибрана геометрія зазвичай відноситься до граней компонента, але можна також вибрати криві, площини, ребра або точки.

Залежність суміщення можна накласти трьома способами:

- виберіть на стрічці вкладку «Сборка» ► панель «Связи» ► «Зависимость» для вставки залежності суміщення між двома компонентами складання;
- виберіть на стрічці вкладку «Сборка» ► панель «Связи» ► «Сборка» для вставки залежності суміщення між двома компонентами складання;
- для автоматичного накладення залежності суміщення утримуйте клавішу «ALT» і перетягніть компонент у необхідне місце.

Насамперед, необхідно вставити компоненти, на які потрібно накласти залежність, у файл складання.

23.7. Використання команди «Зависимость» для вставки залежності суміщення або залежності вирівнювання «Заподлицо»

Виберіть на стрічці вкладку «Сборка» ► панель «Взаимосвязи» ► «Зависимость» . На вкладці «Сборка» у полі «Тип» за замовчуванням встановлено значення «Совмещение». За необхідності натисніть «Совмещение» . Якщо компоненти перебувають близько до необхідної позиції, установіть прапорець «Оценка смещения и

орієнтації». Зсув – це відстань між обраними компонентами. У поле «**Смещение**» автоматично вводиться поточна відстань.

Залежно від орієнтації встановлюється варіант «**Совмещение**» або «**Заподлицо**». Якщо компоненти розташовуються паралельно одне до одного, а нормаль – протилежно до поверхні (позначене стрілками), встановлюється варіант залежності «**Совмещение**». А якщо ні, то варіант залежності «**Заподлицо**».

Виберіть першу точку, криву, грань або робочий елемент. За необхідності натисніть «**Выбор 1**» для активації можливості вибору. Для циклічного проходу по геометрії натисніть «**Выбрать другое**».

Виберіть геометрію для суміщення з першим варіантом. За необхідності натисніть «**Выбор 2**» для активації можливості вибору. Для циклічного проходу по геометрії натисніть «**Выбрать другое**».

У вікні «**Решения**» вибрати:

- «**Совмещение**» для суміщення граней (або для суміщення кривих, площин, ребер або точок);
- для накладення залежностей граней або площин «**Заподлицо**» натисніть «**Заподлицо**».

За необхідності введіть інше значення зсуву. Для зміни імені залежності або установки граничних значень натисніть кнопку «**Дополнительно**».

У полі «**Имя**» укажіть ім'я залежності або залишіть його порожнім. В останньому випадку буде автоматично створене ім'я за замовчуванням.

Для вказування максимальної граничної позиції встановіть прапорець «**Максимум**» і введіть значення. Для вказування мінімальної граничної позиції встановіть прапорець «**Минимум**» і введіть значення.

Для вказування опорної позиції встановіть прапорець «**Использовать перемещение как опорную позицию**» і введіть необхідне значення в полі «**Смещение**».


Для видалення граничних значень виучіть цей прапорець. Значення зберігаються в неактивному стані.

Прапорець «**Просмотр образца**» дозволяє попередньо переглянути результат накладення залежності. Якщо який-небудь із компонентів є адаптивним, попередній перегляд неможливий.

Виконайте одну з наступних дій:

- для того щоб накласти залежність, не закриваючи діалогового вікна, натисніть «**Применить**»;
- для того щоб накласти залежність і закрити діалогове вікно, натисніть «**ОК**».

23.8. Використання команди «Сборка» для вставки залежності суміщення або залежності вирівнювання «заподлицо»

Виберіть на стрічці вкладку «Сборка» ► панель «Связи» ► «Сборка» .

Виберіть точку, криву, грань або робочий елемент компонента, який змінює свою позицію. Виберіть точку, криву, грань або робочий елемент компонента, який зберігає свою позицію. Задайте необхідний зсув (якщо застосовно). Змініть варіант «Совмещение» на «Заподлицо» для збереження напрямку першого компонента. Натисніть «Применить» і визначте інші залежності, а для створення залежностей і виходу з команди «Сборка» натисніть «ОК».

Для скасування вибору й визначення інших залежностей натисніть «Отменить».

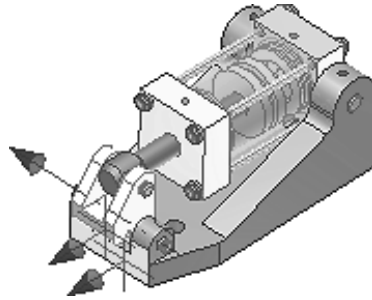
23.9. Перетягування компонента й накладення залежності суміщення

Можна перетягнути компонент і автоматично накласти залежність суміщення без зсуву.

Під час переміщення циліндричної деталі над іншою циліндричною деталлю або отвором, накладення залежності суміщення відбувається уздовж осей. У процесі розташування деталі над гранню компонента залежність суміщення накладається між планарними гранями.

Утримуючи натиснутою клавішу «ALT» виберіть компонент і перетягніть його в необхідне положення або просто перетягніть компонент у необхідне положення. З наближенням компонента, якого перетягують, до цільового з'являється попередній вигляд залежності. Відпустіть кнопку миші, коли компонент перебуватиме в необхідному положенні. Під час цього відбувається накладення залежності суміщення.

23.10. Накладення залежності типу «Угол» у складаннях



Використовуйте команду **«Зависимость»** або **«Сборка»** для розміщення залежності дотичності між компонентами складання. Залежність цього типу дозволяє позиціонувати ребра або плоскі грані компонентів під заданим кутом.

Насамперед, необхідно вставити компоненти, на які потрібно накласти залежність, у файл складання.

23.11. Використання залежностей для розміщення кутів

Виберіть на стрічці вкладку **«Сборка»** ► панель **«Взаимосвязи»** ► **«Зависимость»** . На вкладці **«Сборка»** у вікні **«Тип»** натисніть кнопку **«Угол»**. Якщо компоненти перебувають близько до необхідної позиції, встановіть прапорець **«Оценка смещения и ориентации»**. У полі **«Угол»** автоматично вказується поточний кут між обраними варіантами. Виберіть першу грань або ребро. За потреби натисніть **«Выбор 1»** для активації можливості вибору. Для накладення залежностей щодо першого варіанта вибору натисніть другу грань або ребро. За необхідності натисніть **«Выбор 2»** для активації можливості відповідного вибору.

Якщо обраний параметр **«Точный опорный вектор»**, то стає доступною третя команда вибору. Виберіть грань, лінійне ребро, робочу площину або робочу вісь. Вибір вказує напрямок векторного

добутку (вісь Z) з перших двох варіантів вибору. За необхідності натисніть «**Выбор 3**» для активації вибору.

Примітка: для отримання найкращих результатів використовуйте третій інструмент вибору зі стаціонарними компонентами.

У вікні «**Разрешения**» вибрати відповідний дозвіл:

– натисніть кнопку «**Направленный угол**» для застосування правила правої руки (умовно взяти вісь у праву руку так, щоб великий палець вказував напрямок осі, а інші пальці показують позитивний напрямок кута), в усіх випадках; у деяких випадках, якщо кут рівний 0 або 180° , напрямок може змінюватися на протилежний; встановлюється вісь Z або векторний добуток;

– для виконання зворотної дії натисніть кнопку «**Ненаправленный угол**». Якщо завершена позиція близька до останньої обчисленої позиції, за замовчуванням, застосовується правило лівої руки (аналогічно правій). Установлюється вісь Z або векторний добуток;

– натисніть кнопку «**Базовый вектор**» для вибору осі Z або добутку векторів, заданих першими двома інструментами вибору.

За необхідності в поле «**Угол**» можна ввести інше значення кута.

Для зміни імені залежності або установки граничних значень натисніть кнопку «**Дополнительно**». У полі «**Имя**» вкажіть ім'я залежності або залишіть його порожнім. В останньому випадку буде автоматично створене ім'я за замовчуванням.

Для вказування максимальної і/чи мінімальної граничної позиції встановіть прапорець «**Максимум**»/«**Минимум**» і введіть значення.

Для вказування опорної позиції встановіть прапорець «**Использовать смещение в качестве опорной позиции**» і введіть необхідне значення в полі «**Смещение**».

Для видалення граничних значень зніміть цей прапорець. Значення зберігаються в неактивному стані


Примітка: До граничних значень застосовуються наступні правила:

- граничні значення недоступні для спрямованих кутів;
- якщо загальна сума не перевищує 180° , підтримуються граничні значення для ненаправлених кутів у діапазоні від -180° до 180° ;
- якщо загальна сума не перевищує 360° , підтримуються граничні значення точних опорних векторів у діапазоні від -360 до 360° .

Прапорець «**Просмотр образца**» дозволяє попередньо переглянути результат накладення залежності. Якщо який-небудь із компонентів є адаптивним, попередній перегляд неможливий.

Для того щоб накласти залежність, не закриваючи діалогового вікна, натисніть «**Применить**», а для того щоб накласти залежність і закрити діалогове вікно, «**ОК**».

23.12. Використання «Сборка» для розміщення залежностей спрямованих кутів

Виберіть на стрічці вкладку «Сборка» ► панель «Связи» ► «Сборка» 

Виберіть грань або ребро компонента, який змінив свою позицію, або зберіг її. Виберіть «Направленный угол» зі списку «Тип варианта». Введіть необхідний зсув.

Виконайте одну з наступних дій: «Применить»; «ОК».

Примітка: Якщо необхідні компоненти загорожені іншими компонентами, виконайте одну з наступних операцій:

- перед накладенням залежності тимчасово відключіть видимість, для цього потрібно вибрати компонент, натиснути правою кнопкою зняти прапорець «Видимость» у контекстному меню;



- щоб задати вибір геометрії для визначеної деталі, у діалоговому вікні встановіть прапорець «Начать с выбора детали», потім натисніть компонент, на який необхідно накласти залежність. Щоб відновити режим вибору, прапорець варто зняти.

23.13. Накладення залежності дотичності в складаннях

Використовуйте команду «Зависимость» або «Сборка» для розміщення залежності дотичності між компонентами складання. Залежність дотичності позиціонує площини, циліндри, сфери, конуси і сплайнові поверхні вздовж дотичної одна до одної.

Насамперед необхідно вставити компоненти, на які потрібно накласти залежність, у файл складання.

23.13.1. Використання команди «Зависимость» для накладення залежностей дотичності


Виберіть на стрічці вкладку «Сборка» ► панель «Взаимосвязи» ► «Зависимость» . В області «Тип» діалогового вікна натисніть «Касательность» . Виберіть першу грань, криву або робочу площину. За необхідності натисніть «Выбор 1» для активації

можливості вибору. Якщо незручно безпосередньо вибрати, то для циклічного проходу по геометрії натисніть **«Вибрати друге»**.

Виберіть другу грань, криву або робочу площину. За необхідності натисніть **«Вибор 2»** для активації можливості вибору чи, для циклічного проходу по геометрії, натисніть **«Вибрати друге»**. Задайте необхідний зсув. Для вказування типу дотичності натисніть **«Внутри»** або **«Снаружи»**. Для зміни імені залежності або установки меж натисніть кнопку **«Дополнительно»**. У полі **«Имя»** укажіть ім'я залежності або залишіть його порожнім. В останньому випадку буде автоматично створене ім'я за замовчуванням.

Прапорець **«Просмотр образца»** дозволяє попередньо переглянути результат накладення залежності. Якщо який-небудь із компонентів є адаптивним, попередній перегляд неможливий. Далі **«Применить»** або **«ОК»**.

23.13.2. Використання команди **«Сборка»** для накладення залежностей дотичності

Виберіть на стрічці вкладку **«Сборка»** ► панель **«Связи»** ► **«Сборка»** . Виберіть грань, криву або робочу площину компонента, яка змінила свою позицію, або ту, яка її зберегла. Задайте необхідний зсув.



Для вказування типу дотичності змініть варіант **«Снаружи»** на **«Внутри»**. Виконайте **«Применить»** або **«ОК»**.

23.14. Накладення залежностей типу **«Вставка»** у складаннях

Використовуйте команду **«Зависимость»** или **«Сборка»** для накладення залежності вставки. Залежність вставки використовується для плоского або осевого суміщення як одинична залежність між обраними циліндричними гранями або ребрами. Наприклад, залежність вставки використовується для розміщення болта в отворі, він може вільно обертатися, але обмежений в площинах і осях.

Насамперед необхідно вставити компоненти, на які потрібно накласти залежність, у файл складання.

23.14.1. Використання команди «Залежність» для накладення залежностей вставки

Виберіть на стрічці вкладку «Сборка» ► панель «Взаємозв'язки» ► Залежність . В області діалогового вікна «Тип» виберіть «Вставити залежність» .

Виберіть першу дугу або дугове ребро. За необхідності натисніть «Вибір 1» для активації можливості вибору. Для циклічного проходу по геометрії натисніть «Вибрати друге».

Виберіть другу дугу або дугове ребро для накладення залежності щодо першого варіанта вибору. За необхідності натисніть «Вибір 2» для активації можливості вибору. Для циклічного проходу по геометрії натисніть «Вибрати друге». Задайте необхідний зсув. Для зміни напрямку залежності натисніть «Встречно» або «Согласовано». Для зміни імені залежності або установки меж натисніть кнопку «Дополнительно».

У полі «Имя» укажіть ім'я залежності або залишіть його порожнім. В останньому випадку буде автоматично створене ім'я за замовчуванням.

Для вказівки максимальної граничної позиції встановіть прапорець «Максимум» і введіть значення.

Для вказівки мінімальної граничної позиції встановіть прапорець «Минимум» і введіть значення.

Для вказівки опорної позиції встановіть прапорець «Использовать смещение в качестве опорной позиции» і введіть необхідне значення в поле «Смещение».

Для видалення граничних значень вилучіть цей прапорець. Значення зберігаються в неактивному стані

Прапорець «Просмотр образца» дозволяє попередньо переглянути результат накладення залежності. Якщо який-небудь із компонентів є адаптивним, попередній перегляд неможливий. Виконайте одну з наступних дій:

Для того щоб накласти залежність і закрити діалогове вікно, натисніть «ОК».

Для того щоб накласти залежність, не закриваючи діалогового вікна, натисніть «Применить».

23.14.2. Використання команди «Сборка» для накладення залежностей вставки

Виберіть на стрічці вкладку «Сборка» ► панель «Взаємозв'язки» ► «Сборка» . Виберіть дугу або дугове ребро компонента, що змінює

свою позицію. Виберіть дугу або дугове ребро компонента, що зберігає свою позицію. Задайте необхідний зсув.

1. Для зміни напрямку залежності змініть варіант зі «**Вставка-встречная**» на «**Вставка-согласованная**».

Виконайте одну з наступних дій:

Натисніть «**Применить**» і визначте інші залежності. Для створення залежності й виходу з команди «**Сборка**» натисніть «**ОК**».

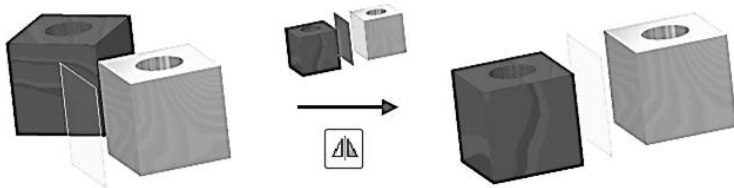
Для скасування вибору й визначення інших залежностей натисніть «**Отменить**».

Примітка: Якщо необхідні компоненти загороджені іншими компонентами, варто виконати одну з наступних операцій.


Перед накладенням залежності тимчасово відключіть видимість. Виберіть компонент у браузері, натисніть праву кнопку й виберіть пункт «**Видимость**».


Щоб задати вибір геометрії для визначеної деталі, у діалоговому вікні встановіть прапорець «**Начать с выбора детали**», потім натисніть компонент, на який необхідно накласти залежність. Щоб повернутися до нормального режиму вибору, цей прапорець потрібно зняти.

23.15. Накладення залежності симетричності в складаннях



Залежність симетричності забезпечує розміщення двох об'єктів симетрично відносно площини або плоскої грані.

1. Виберіть на стрічці вкладку «**Сборка**» ► панель «**Взаимосвязи**» ► «**Зависимость**» .

У діалоговому вікні «**Зависимости в сборке**», у списку «**Тип**» виберіть «**Зависимость симметричности**». .

Виберіть перший елемент геометрії для накладення залежності, другий елемент геометрії для накладення залежності відносно першого

обраного елемента. Для циклічного проходу по геометрії натисніть **«Вибрати друге»**. Виберіть площину симетрії.

Прапорець **«Просмотр образца»** дозволяє попередньо переглянути результат накладення залежності. Якщо який-небудь із компонентів є адаптивним, попередній перегляд неможливий.

Для того щоб накласти залежність, не закриваючи діалогового вікна, натисніть **«Применить»**. Для того щоб накласти залежність і закрити діалогове вікно, **«ОК»**


23.16. Створення залежностей складання з використанням команди «Сборка»

Складальні залежності задають положення компонентів складання один відносно другого. Команда **«Сборка»** використовується для створення залежностей шляхом вибору геометрії з наступним вказуванням типу залежності. Обрана геометрія визначає доступний тип залежності.

За допомогою команди **«Сборка»** протягом однієї операції можна створити залежність тільки для одного компонента. Після завершення визначення залежностей для компонента натисніть **«ОК»** для створення залежностей і виходу з команди. Виконайте команду **«Сборка»** ще раз для накладення залежностей для наступного компонента.

Нові залежності порівнюються з існуючими, тільки після завершення виконання команди **«Сборка»**. У разі виявлення яких-небудь конфліктів залежностей з'явиться діалогове вікно **«Управление зависимости сборки»**. У ньому можна виконати діагностику й вирішити конфлікти.

23.16.1. Звичайний робочий процес

Виберіть на стрічці вкладку **«Сборка»** ► панель **«Связи»** ► **«Сборка»** .

Виберіть геометрію компонента, що змінює свою позицію, далі геометрію компонента, що зберігає свою позицію. Введіть необхідний зсув або кут. За необхідності змініть тип варіанта. Виконайте одну з наступних дій:

- натисніть «**Применить**» і визначіть інші залежності. Для створення залежностей і виходу з команди «**Сборка**» натисніть «**ОК**»;
- для скасування вибору й визначення інших залежностей натисніть «**Отменить**».

23.17. Накладення залежностей складання перетягуванням із утриманням клавіші «ALT»

Складальні залежності задають положення компонентів складання один відносно другого. Замість діалогового вікна «**Зависимости в сборке**» або команди «**Сборка**» можна використовувати функцію перетягування з використанням клавіші «**ALT**».

Тип залежності, що накладається, визначається вибором геометричних об'єктів. Для накладення залежності суміщення або залежності типу «**Заподлицо**» варто вибрати плоску грань, прямолінійне ребро або вісь. Для накладення залежності дотичності виберіть криволінійну грань, для залежності типу «**Вставка**» – дугове ребро.

Утримуйте натиснутою клавішу «**ALT**», виберіть компонент і перетягніть його в необхідне положення. Під час переміщення над конструктивними елементами інших деталей відображаються типи залежностей.

За необхідності можна циклічно перебирати опції за допомогою клавіші пробілу.

Виберіть залежність суміщення або залежність типу «**Заподлицо**», потім сторону для залежності дотичності (зовнішню або внутрішню сторону криволінійної грані). Виберіть напрямок для залежності типу «**Вставка**». За необхідності перетягніть компонент у нове положення й перегляньте параметри залежності.

Після переміщення деталей у необхідні положення, відпустіть кнопку миші для накладення залежності. Звуковий сигнал прив'язки вказує на те, що на компоненти накладена залежність.

Якщо грань, на яку потрібно накласти залежність є закритою, потрібно дочекатися відображення команди «**Выбрать другое**». Виберіть необхідний параметр із можливих, потім натисніть центральну точку для підтвердження вибору й накладення залежності.

У браузері символ накладеної залежності відображається для обох компонентів.

Розділ 24.

Бібліотека компонентів

Для установки в Inventor доступний набір бібліотек компонентів, що містять більш 750 000 стандартних компонентів.



- Для установки з Inventor доступні наступні стандартні бібліотеки:
- Inventor ANSI;
 - Inventor DIN;
 - Inventor ДЕРЖСТАНДАРТ;
 - Inventor ISO;
 - Inventor JIS і GB;
 - Inventor – інші (включені наступні стандарти: AFNOR, AS, BSI, CNS, CSN, IS, KS, PN, SFS, SS, STN, UNI);
 - Inventor Feature;
 - Inventor Parker (містить стандартні компоненти, використовувані фірмою Parker для фітингів труб і трубопроводів);

- Inventor Routed Systems (компоненти стандартів кабелів, проводки й труб);
- Inventor Sheet Metal (містить кріпильні деталі для листового металу) (торговельна марка PEM);

Можна доповнювати стандартну базу даних, створюючи користувацькі бібліотеки, що містять користувацькі компоненти. Користувацькі бібліотеки можуть містити користувацькі компоненти, скопійовані зі стандартної бібліотеки, або нові деталі й елементи, опубліковані користувачами.

24.1. Інструменти «Бібліотеки компонентів»

Для навігації у базі даних бібліотеки компонентів використовується браузер бібліотеки компонентів. Для налаштування відображення елементів у бібліотеці компонентів можна використовувати різні фільтри. Для пошуку певних компонентів у базі даних бібліотеки компонентів застосовується функція пошуку. За допомогою діалогового вікна **«Вставити із Бібліотеки компонентів»** можна додати в складання деталь або елемент із бібліотеки компонентів. У папці **«Избранное»** Бібліотеки компонентів можна створити список вибраних компонентів. За допомогою діалогового вікна **«Вставити елемент»** можна вставити в деталь елемент із бібліотеки компонентів. Командою **«Замінити із Бібліотеки компонентів»** можна замінити деталь у складанні деталлю з бібліотеки компонентів. Командою **«Изменить размер»** можна змінювати розмір стандартних деталей з бібліотеки компонентів, вставлених у складання.

Деталі з бібліотеки компонентів можна використовувати в генераторах компонентів (наприклад, для створення болтового з'єднання або вала).

За допомогою команди **«Открыть із Бібліотеки компонентів»** можна відкривати деталі з бібліотеки компонентів в Autodesk Inventor.

За допомогою редактора бібліотеки компонентів можна редагувати наявну в бібліотеці інформацію (наприклад, властивості сімейства, таблиці, їх шаблони або імена файлів).

За допомогою функції публікації бібліотеки компонентів можна виконувати публікацію деталей, параметричних деталей або елементів у Бібліотеці компонентів.

24.2. Конфігурація «Бібліотеки компонентів»

З цією конфігурацією можна працювати як в однокористувацькому режимі, так і в складі робочої групи.

Для роботи в однокористувацькому режимі під час встановлення виберіть параметр «**Бібліотека компонентів**». Бібліотеки компонентів встановлюються в локальну папку Бібліотеки компонентів, яка була зазначена в ході установки. Після встановлення, бібліотека компонентів буде готова до роботи.

Щоб учасникам робочої групи не довелося встановлювати власні бібліотеки компонентів і синхронізувати їх, варто установити їх на сервер «**Vault**».

Поради: У вікні майстра установки виберіть тільки ті бібліотеки, які вам потрібні.

Щоб додати не встановлену раніше стандартну бібліотеку, запустіть знову програму установки Inventor.

Під час роботи із загальними бібліотеками необхідно створити загальний проєкт і надати доступ до нього всім учасникам групи.

Налаштуйте проєкт таким чином, щоб використовувалися тільки необхідні бібліотеки. Вилучте всі невикористовувані бібліотеки, щоб скоротити кількість відображуваних відомостей і збільшити їх продуктивність. Вилучені з проєкту, вони зберігаються в папці бібліотеки, і їх можна додати в проєкт пізніше.

24.3. Браузер бібліотеки компонентів

Для навігації базою даних бібліотеки компонентів використовується браузер бібліотеки компонентів.

Щоб налаштувати середовище огляду, використовуйте вигляд дерева і таблиці, керуйте відображенням інформації за допомогою мініатюр, списку й списку виносних елементів.

Для налаштування вигляду списку деталей, натисніть правою кнопкою миші заголовок стовпця у таблиці списку деталей і «**Адаптація**». У діалоговому вікні «**Настройка выбора**» виберіть властивості сімейства для відображення, налаштуйте порядок їх відображення й натисніть «**ОК**».

🔍 Використовуйте фільтри, щоб вилучити з вигляду окремі категорії, виробників або міжнародні стандарти.

🕒 Для відображення панелі «Журнал», виберіть «Журнал».

★ Щоб зробити навігацію більш зручною і швидкою, рекомендується зберігати часто використовувані деталі, елементи й сімейства деталей (елементів) у списку «Избранное».

🔍 Використовуйте функцію «Поиск» для пошуку деталей, відповідних до певних параметрів.

24.4. Робота з фільтрами бібліотеки компонентів

За допомогою фільтрів можна налаштувати відображення тільки окремих стандартів, виготовлювачів або категорій.

🔿 Щоб включити фільтр, у діалоговому вікні бібліотеки компонентів натисніть стрілку вниз поруч із полем «Фильтры» і виберіть існуючий фільтр.

🔿 Для відключення фільтру, в діалоговому вікні бібліотеки компонентів натисніть стрілку вниз поруч із полем «Фильтры» і зніміть прапорець для цього фільтра.

Примітки: Активні фільтри застосовуються під час використання функції «Поиск».

Використання фільтрів може призвести до зниження продуктивності у процесі роботи з Бібліотекою компонентів.

Порада: Якщо бібліотека компонентів не використовується, вилучіть її в діалоговому вікні «Настроить библиотеку». Вона буде відключена, а продуктивність середовища підвищиться.

24.5. Вставка компонентів з бібліотеки компонентів у складання

Для додавання стандартних деталей або компонентів у проекти, а також для їхнього редагування й відновлення можна використовувати команди бібліотеки компонентів.



Функція авторозміщення є використовуваним за замовчуванням методом вставки компонентів з бібліотеки компонентів. Вона розширює можливості перетягування за рахунок автоматизації функціонального проектування. Якщо функція авторозміщення відключена, у діалоговому вікні «Семейство» необхідно вибрати розмір компонента й вставити його в складання вручну. Спосіб розміщення вручну використовується автоматично для всіх компонентів, що не підтримують функцію автозміщення.


24.5.1. Стандартні й користувацькі деталі

Бібліотека компонентів містить семейства двох типів:

Стандартні семейства визначають усі параметри для своїх елементів у таблиці сімейств. Під час вибору елемента сімейства для вставки в складання всі відомості елемента сімейства для екземпляра беруться зі стандартної деталі.

Елементи стандартних сімейств за замовчуванням вставляються як **стандартні деталі**. Файл стандартної деталі створюється в папці файлів бібліотеки компонентів, заданої в проекті. Властивості сімейства «**Имя файла**» і «**Имя папки**» визначають ім'я файлу й папку файлу стандартної деталі. Файли стандартної деталі доступні тільки для читання, а їх редагування здійснюється за допомогою команд «**Изменить размер**» і «**Обновить стандартные компоненты**». Стандартні деталі бібліотеки компонентів позначаються спеціальним значком у браузері складання

Користувацькі семейства включають один або кілька користувацьких параметрів, зіставлених з геометричним параметром у шаблоні сімейства. Користувацький параметр може являти собою діапазон або послідовність числових значень або логічне значення. Значення користувацького параметра вводиться під час вставки деталі. На основі одного елемента користувацького сімейства може бути створено безліч різних деталей.

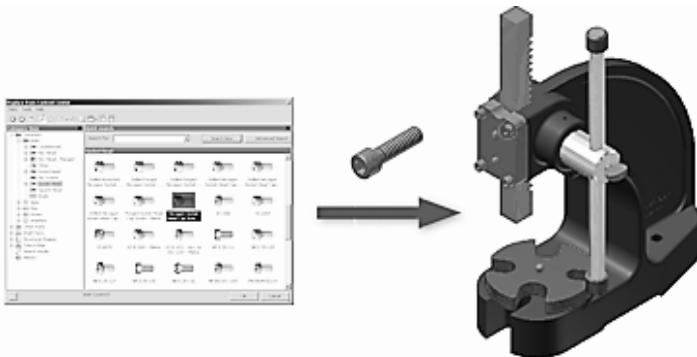
Елементи користувацьких сімейств за замовчуванням вставляються як користувацькі деталі. Папка й ім'я файлу для користувацької деталі вказуються під час вставки деталі. Вони обробляються як стандартні файли Inventor і позначаються значком деталі в браузері .

За необхідності можна вставляти елементи стандартних сімейств як користувацькі деталі, а елементи користувацьких сімейств – як стандартні деталі. У діалоговому вікні «Сімейство» виберіть параметр «**Как пользов.**» або «**Как стандартный**». Для того щоб змінити налаштування за замовчуванням для користувацьких сімейств, у діалоговому вікні «**Параметри додатка**» на вкладці «**Бібліотека компонентів**» встановіть параметр «**Настройки пользовательского семейства по умолчанию**».


24.6. Вставка деталі з бібліотеки компонентів ручним способом

Можна вручну вставляти в складання компонента з бібліотеки компонентів, використовуючи стандартні процедури вставки. Компонент із бібліотеки компонентів можна вставити, як стандартну або як користувацьку деталь.

За замовчуванням використовується метод авторозміщення. Щоб вставити компоненти вручну в діалоговому вікні «**Вставити из Библиотеки компонентов**» відключіть кнопку «**Авторазмещение**». Можна також, нажавши й утримуючи клавішу ALT, вибрати «**ОК**» або двічі натиснути сімейство, яке потрібно вставити.



24.7. Вставка деталі з бібліотеки компонентів як стандартної деталі

Відкрийте файл складання й виберіть вкладку **«Сборка»** ► панель **«Компонент»** ► **«Вставить из Библиотеки компонентов»** .

У діалоговому вікні **«Вставить из Библиотеки компонентов»** знайдіть сімейство деталей, з якого потрібно вставити елемент. Перейдіть у структуру бібліотеки: двічі натисніть категорію, щоб відобразити дочірні категорії або сімейства деталей. Щоб знайти компонент, використовуйте команду **«Поиск»**. Виберіть у журналі раніше вставлений компонент. Виберіть компонент у вибраному. Виберіть сімейство й натисніть **«ОК»**.

На вкладці **«Выбор»** або **«Вид таблицы»** діалогового вікна **«Семейство»** виберіть елемент сімейства, який потрібно вставити (тільки для деталей з користувацькими параметрами). Введіть користувацькі параметри.

Якщо застосовуються логічні користувацькі параметри, то для вказування логічного значення виберіть 1 або 0 (1 означає **«Истина»**, 0 – **«Ложь»**).

Виберіть **«Как стандартный»** (тільки для деталей з користувацькими параметрами), щоб зберегти файл деталі в папці файлів бібліотеки компонентів і працювати з ним як зі стандартною деталлю.

Натисніть кнопку **«ОК»** у діалоговому вікні **«Семейство»**.

Для розміщення деталі в складанні виконайте стандартну процедуру розміщення. Додайте залежності, необхідні для прив'язки деталі до іншого геометричного об'єкта.


Примітка: Файл деталі буде створений у папці **«Файлы Библиотеки компонентов»** для всіх деталей, розміщених з бібліотеки компонентів. Під час створення екземпляра раніше розміщеної деталі, існуючий файл деталі порівнюється з деталлю з бібліотеки. Якщо бібліотека містить нову версію деталі й обраний параметр **«Обновить устаревшие стандартные детали во время размещения»**, то вихідний файл деталі замінюється новим файлом. Якщо існуючий файл має атрибут **«Только чтение»**, бібліотека компонентів не може завершити операцію розміщення деталі.

Порада: Потім можна вставити інший екземпляр компонента з бібліотеки, який є в складанні. Виберіть компонент у графічному вікні або в браузері, а потім натисніть вкладку **«Сборка»** ► панель **«Компонент»** ► **«Вставить из Библиотеки компонентов»**. Відкриється діалогове вікно **«Вставить из Библиотеки компонентов»**, у

якому на панелі списку будуть виділені компоненти. Під час вставки компонента в діалоговому вікні «Сімейство» буде обраний відповідний розмір.

24.8. Вставка деталі з бібліотеки компонентів як користувацької деталі


Користувацькі деталі з бібліотеки компонентів обробляються як звичайні файли деталей. Їх можна редагувати за допомогою команд редагування Autodesk Inventor.

Відкрийте файл складання й виберіть вкладку «Сборка» ► панель «Компонент» ► «Вставити из Библиотеки компонентов» .

У діалоговому вікні «Вставити из Библиотеки компонентов» знайдіть сімейство деталей, з якого потрібно вставити елемент. Перейдіть у структуру бібліотеки: двічі натисніть категорію, щоб відобразити дочірні категорії або сімейства деталей. Використання функції «Поиск».

24.9. Вставка деталей за допомогою функції авторозміщення

Функція авторозміщення дозволяє автоматично визначати розміри й вставляти стандартний вміст. За допомогою функції авторозміщення можна вставляти наступні компоненти: болти (крім «Болты» ► «Прочее»), гайки, шайби (крім сферичних), штифти з отвором під шплінт, підшипники й стопорні кільця.

Виберіть на стрічці вкладку «Сборка» ► панель «Компонент» ► «Вставити из Библиотеки компонентов» .

У діалоговому вікні «Вставити из Библиотеки компонентов» знайдіть відповідне сімейство. Виберіть сімейство, що підтримує функцію авторозміщення і натисніть кнопку «ОК». Можна також двічі натиснути на таке сімейство. Щоб вибрати розмір компонента й виконати його вставку, використовуйте команди авторозміщення.

Функція авторозміщення дозволяє автоматично знайти, вставити й розмістити відповідну деталь у контексті складання. Геометрія, потенційно сумісна стосовно обраного сімейства компонентом, виділяється і

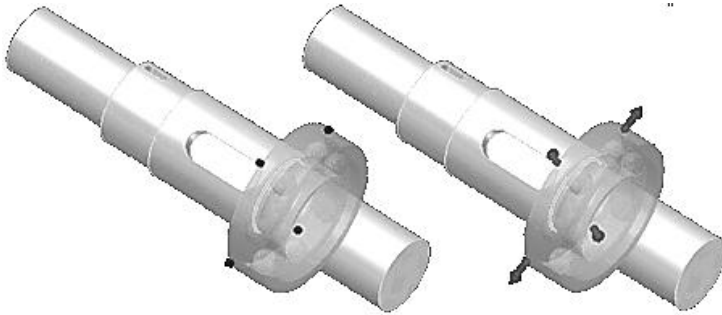
відображається попереднє зображення рекомендованого розміру й місця вставки. З переміщенням курсору уздовж зазначеної геометрії, функція авторозміщення динамічно оновлює попереднє зображення, поки не буде обраний потрібний компонент. За допомогою команд контекстного меню можна змінити або підтвердити обрані значення розміру й місця вставки.

У рядку стану відображається підказка щодо обрання цільової геометрії. Крім того, відображається підказка з інформацією про поточний елемент сімейства.

Якщо для зазначеного елемента доступно кілька розмірів, засіб попереднього перегляду відображає ручку розміру.

Перетягніть ручку, щоб вибрати елемент сімейства. Грань у попередньому перегляді оновлюється, тільки якщо відомості про грань уже збережені в кеші. А якщо ні, то у процесі перетягування ручки змінюються тільки положення ручки й інформація, що відображається в підказці. Після перетягування, попереднє зображення оновлюється.

Двічі натисніть ручку, щоб відкрити меню для швидкого вибору доступних розмірів.

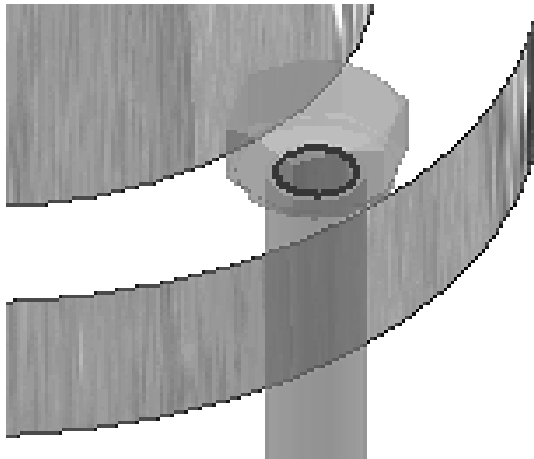


Якщо під час вибору команди **«Применить»** ✓ або **«Готово»** ⏏ виявляється, що існуючому критерію задовольняє кілька елементів сімейства, інструмент авторозміщення відображає таблицю, у якій можна вказати елемент для вставки. Виберіть елемент із потрібними значеннями матеріалу, типу різьби, ширини підшипника тощо.

Якщо обрано цільову геометрію, яка не повністю обмежує положення компонента, у режимі попереднього перегляду будуть відображатися тільки обрані елементи. Наприклад, в ході перетягування болта можна вибрати дугове ребро, яке буде повністю

обмежувати діаметр болта й розміщення. Також можна вибрати циліндричну поверхню. Потім діаметр болта буде оновлений відповідно до діаметра поверхні. Елемент попереднього перегляду можна перетягнути тільки уздовж його осі. Звичайні плоскі поверхні до циліндра можна підбирати в послідовному порядку.

Якщо в сімействі, обраному в бібліотеці компонентів, немає розміру деталі, що підходить обраній геометрії, попереднє зображення деталі й підказка виділяються червоним кольором.

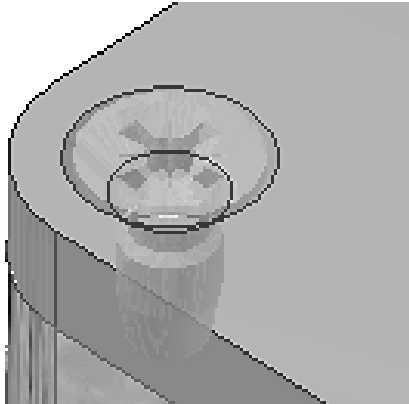


Щоб змінити розмір компонента, натисніть правою кнопкою «**Изменить размер**» у контекстному меню.

Примітка: Щоб використовувати функцію авторозміщення за замовчуванням, встановіть прапорець «**Авторазмещение**» у діалоговому вікні «**Вставить из Библиотеки компонентов**». Якщо в активному складанні немає деталей, функція авторозміщення буде недоступною.

24.10. Вставка болта в складання


Перемістіть курсор на зенковану грань отвору для з'єднання. Поруч із курсором, крім попереднього зображення деталі, з'явиться знак питання й обумовлений контекстом значок. Значок указує на тип геометрії, яка потрібна для вставки деталі в складання.



Якщо в попередньому перегляді навести курсор на відповідну геометрію, розмір деталі автоматично змінюється відповідно до розмірів деталей, доступних в бібліотеці компонентів. У підказці вказуються ім'я деталі і її оновлений розмір. Якщо розмір деталі відповідає цільовій геометрії, курсор приймає форму зеленої галочки.

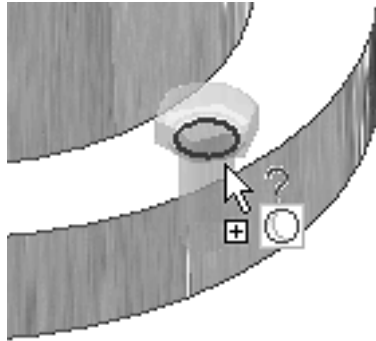
Виберіть цільову геометрію. Відобразиться панель інструментів авторозміщення. Можна перетягнути ручку, щоб задати довжину болта. Доступна тільки стандартна довжина бібліотеки компонентів.

Виберіть **«Применить»**, щоб вставити й сполучити компонент.

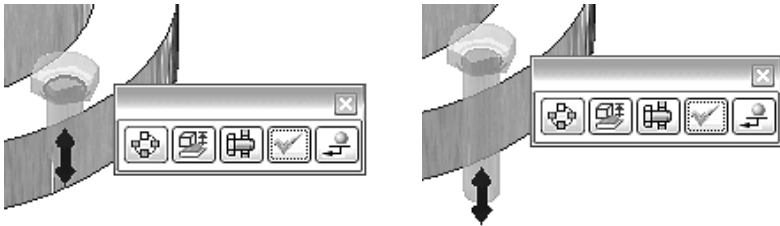
Порада:  Під час роботи з болтами, які підтримуються генератором болтових з'єднань, доступ до цього генератора можна одержати безпосередньо з функції авторозміщення. Виберіть команду **«Болтовое соединение»** у діалоговому вікні **«Авторазмещение»**. Можна також виділити цільову геометрію в ході перетягування болта, натиснувши правою кнопкою й у контекстному меню вибрати **«Генератор болтовых соединений»**.

24.10.1. Вставка болта в шаблонний отвір

Помістіть курсор на ребро. Поруч із курсором, крім попереднього зображення деталі, з'явиться знак питання й обумовлений контекстом значок.



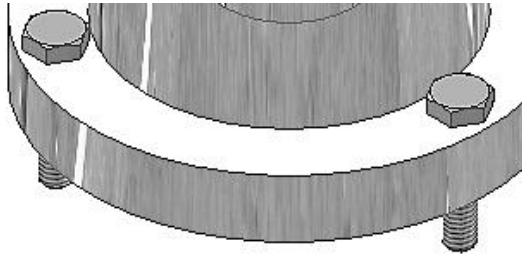
Якщо навести курсор на цільову геометрію, розмір попереднього зображення деталі автоматично зміниться відповідно до доступних розмірів деталей. У підказці вказується ім'я деталі і її оновлений розмір. Якщо розмір деталі відповідає цільовій геометрії, курсор приймає форму зеленої галочки. Натисніть цільове ребро.



❖ Відобразиться панель інструментів авторозміщення, де за замовчуванням обраний параметр **«По образцу»**. Скасуйте вибір цього параметра, щоб вставити одиничний компонент замість масиву.

Щоб указати довжину болта, перетягніть ручку довжини або двічі натисніть ручку й виберіть довжину зі списку. Доступна тільки стандартна довжина бібліотеки компонентів.

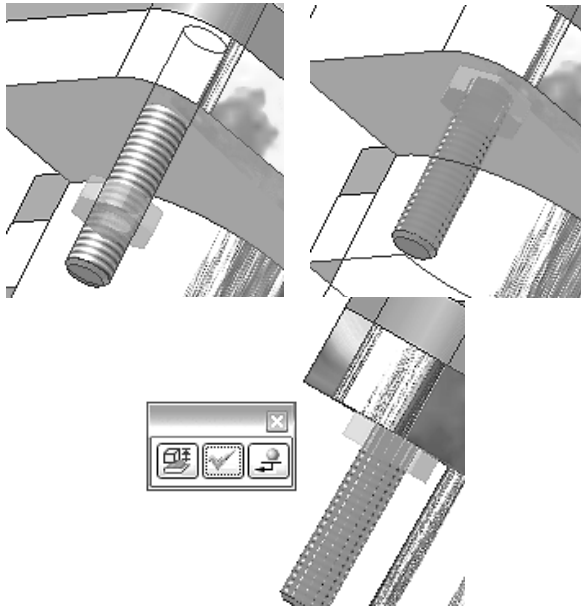
Виберіть **«Применить»**, щоб вставити й сполучити болтом.



24.10.2. Вставка гайки або шайби в складання

Виберіть тіло болта, щоб визначити підходящий діаметр і різьбу гайки або підходящий діаметр шайби. Потім виберіть цільову поверхню.





Можна вибрати дугове ребро отвору для вставки гайки, шайби тощо. Однак, тільки процедура вибору тіла болта гарантує, що інформація про різьбу використовується для ідентифікації необхідного кріплення. Натисніть кнопку «**Применить**».



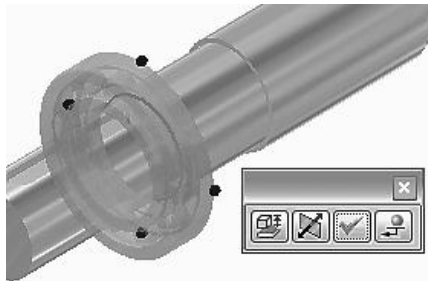
24.11. Вставка підшипника в складання

Вставте компонент із бібліотеки або з вибраного в панелі браузеру. Після перетягування сімейства у вікно моделювання виконайте наступні дії.




Наведіть курсор на ребро корпуса або вала. Поруч із курсором, крім попереднього зображення деталі, з'явиться знак питання й обумовлений контекстом значок. Він змінюється відповідно до останньої цільової геометрії. Наприклад, поруч із курсором відобразиться запит вала. Якщо навести курсор на втулку, відобразиться запит втулки    

Виберіть цільову геометрію. Відкриється панель інструментів авто-розміщення. Щоб указати розмір підшипника, можна перетягнути ручку діаметра або двічі натиснути на неї й використати список розмірів. Можна вказати тільки стандартні розміри з бібліотеки компонентів. Якщо ручка діаметра не відображається, існує тільки один розмір підшипника, що підходить для цільової геометрії.



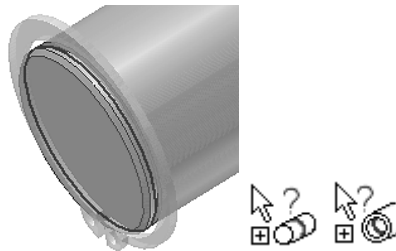
Примітка: Перед вставкою компонента натисніть правою кнопкою «**Изменить размер**», щоб відкрити діалогове вікно сімейства деталей, у якому можна змінити компонент.

 Переверніть підшипник за допомогою команди «**Обратить**». Рекомендується використовувати цю команду під час роботи з роликівими конічними підшипниками, які можна сполучати з валом або корпусом.


Виберіть «**Применить**», щоб вставити й сполучити компонент.

24.12. Вставка хомути в складання

Наведіть курсор на цільове ребро, щоб вибрати відповідну деталь. Відкриється попередній перегляд деталі, і на курсорі буде відображений знак питання й контекстно-залежний значок. Значок указує на тип геометрії, яка потрібна для вставки деталі в складання. Для внутрішніх і зовнішніх стопорних кілець використовуються різні значки.



Якщо навести курсор на цільове ребро, розмір попереднього зображення деталі зміниться відповідно до деталей, доступних у бібліотеці компонентів. У підказці вказується ім'я деталі і її оновлений розмір.

Якщо розмір деталі відповідає цільовій геометрії, поруч із курсором з'явиться зелена галочка .


Якщо змінений розмір деталі як і раніше не відповідає цільовому розміру, знак питання на курсорі зберігається. Приклад: діаметр найменшого стопорного кільця як і раніше занадто великий для вставки. З'являється попереднє зображення обох деталей, і колір підказки міняється на червоний, указуючи на розбіжність.

Виберіть цільове ребро. Відкриється панель інструментів авторозміщення.

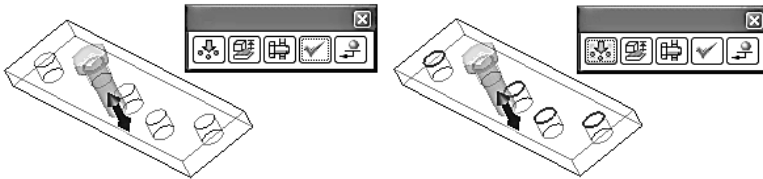
Виберіть «**Применить**», щоб вставити й сполучити компонент.



24.13. Вставка кількох деталей у складання

Якщо ви вибираєте цільову геометрію, то функція автосуміщення визначить можливість вставки декількох екземплярів одного елемента. На панелі інструментів доступний перемикач вставки множинного компонента . Відключіть перемикач, щоб вставити одну деталь.

Включіть перемикач, щоб заповнити всі виділені цільові геометрії.

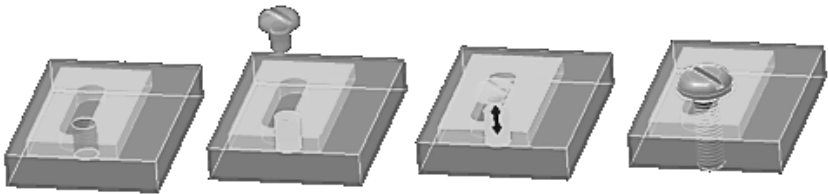


Якщо цільова геометрія вибрана за зразком, можна вставити зразок компонента, кілька компонентів або тільки один компонент, залежно від використовуваного перемикача.

24.14. Розміщення деталі на циліндричній поверхні

Під час виконання вставки гайки, вибір циліндричної поверхні дозволяє підібрати гайку, що підходить до різьби болта.

24.14.1. Вставка болта в шліц



Виберіть циліндричну поверхню нижнього отвору, щоб вказати діаметр болта. Попередній перегляд буде обмежуватися віссю циліндра.

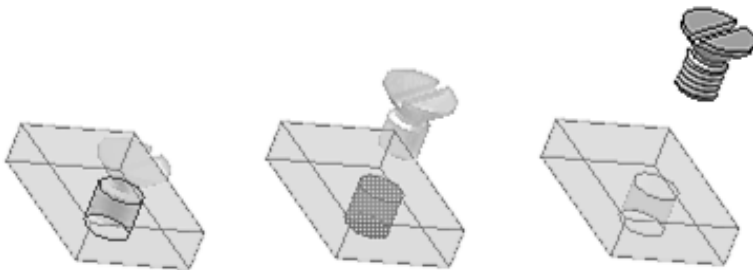
Примітка: Краї шліца не можуть бути використані для вставки. Виберіть плоску поверхню, щоб вказати точне місце вставки.

24.15. Вставка підшипника



Виберіть циліндричну поверхню, щоб вказати діаметр підшипника. Виберіть плоску поверхню торця, щоб завершити розміщення.

24.15.1. Обмеження деталі тільки циліндричною гранню



Виберіть циліндричну поверхню. Перетягніть деталь уздовж циліндра. Для завершення вставки використовуйте команди контекстного меню «**Применить**» або «**Разместить**».

Деталь підбирається за розміром й обмежується циліндричною поверхнею.

24.16. Довідник по функції авторозміщення

Функція авторозміщення забезпечує розширені можливості вставки стандартних компонентів у складання.

Виклик

Відкрийте діалогове вікно «**Вставити из Библиотеки компонентов**» і виконайте у ньому наступні дії. Виберіть сімейство, до якого була застосована функція авторозміщення, і натисніть кнопку «**ОК**». Двічі натисніть сімейство, до якого була застосована функція авторозміщення. Виберіть параметр «**Избранное**» у меню, що розкривається, панелі браузера й перетягніть деталь у графічне вікно або двічі натисніть вибране сімейство, до якого була застосована функція авторозміщення.




Курсор авторозміщення




Курсор приймає різний вигляд для окремих категорій бібліотеки компонентів і елементів геометрії. Як правило, курсор містить позначення й значок геометрії.




? Не вибрана цільова геометрія, або розмір у попередньому перегляді ще не був оновлений.


✓ Цільова геометрія вибрана, і оновлений елемент їй відповідає.


× Цільова геометрія вибрана, а оновлений елемент їй не відповідає.


   Виберіть конічну порожню грань. Використовуйте для болта з потайною головкою. Цільовий кут конуса й кут конуса головки болта повинні збігатися.


   Виберіть циліндр вала. Використовуйте для підшипників, шайб, стопорних кілець тощо.


   Виберіть ребро на валу. Використовуйте для підшипників, шайб, стопорних кілець тощо.


 Виберіть ребро в корпусі. Використовуйте для підшипників.


 Виберіть порожню циліндричну грань. Використовуйте для болтів, штифтів, підшипників тощо.

 Виберіть ребро отвору. Використовуйте для болтів, гайок, шайб, штифтів тощо.

 Виберіть різьбову циліндричну грань. Використовуйте для гайок.

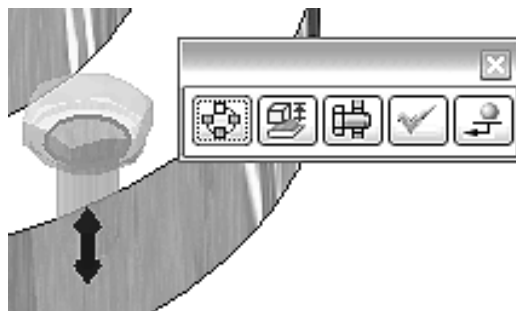
 Виберіть звичайну плоску грань. Використовуйте для гайок, болтів, шайб, підшипників, штифтів тощо. Використовуйте додатково після вибору циліндричної поверхні.


 Виберіть ребро з насічкою.


 Виберіть внутрішнє ребро з канавкою. Використовуйте для зовнішніх і внутрішніх стопорних кілець.


24.17. Панель інструментів авторозміщення


Якщо цільова геометрія повністю визначена, функція авторозміщення оновлює розмір у попередньому перегляді (якщо він ще не був оновлений) і відображає панель інструментів авторозміщення з командами вставки.





Змінити розмір . Вставка деталі й відкриття діалогового вікна «Семейство деталей», у якому можна змінити компонент.


Болтові з'єднання . Відкриття генератора болтового з'єднання. Доступне тільки для підтримуваних болтів.

Застосувати  Поточна операція вставки завершується, і триває робота із зазначеним сімейством, що дозволяє вставляти додаткові розміри. Розміром за замовчуванням завжди буде останній перетягнений елемент.

Готове . Вставка компонента в складання й завершення роботи функції авторозміщення.


За зразком  . Функція авторозміщення додержується заданого зразка. Якщо цільова геометрія розташована у круговому або прямокутному масиві, то цей параметр вибирається за замовчуванням.

Примітка: Недоступно для масивів складання.

Вставка множинного компонента . Вставка кількох компонентів. Доступна, якщо функція авторозміщення визначає кілька цільових об'єктів, схожих на обрані. Наприклад, якщо кілька компланарних дугових ребер мають однаковий діаметр, то ця команда заповнює компоненти для всіх отворів.

Функція авторозміщення виділяє цільові об'єкти. У спливаючій підказці відобразиться кількість вставлених компонентів.

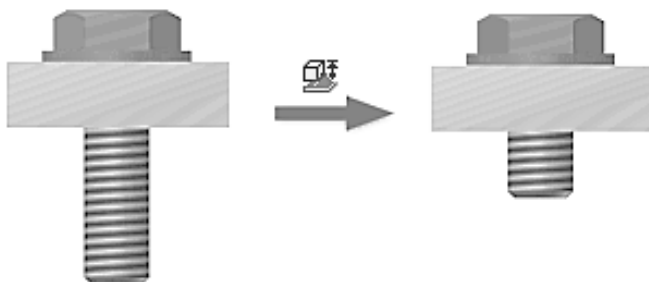
Під час вставки множинного компонента вже використовувани цільові об'єкти (навіть якщо існуючі компоненти невидимі або подавлені) не пропонуються для вставки.

Повернути . Зміна сторони підшипника, яка використовується для сполучення.

Ця команда недоступна, якщо на обох сторонах підшипника не визначені конструктивні пари.


24.18. Редагування деталей, доданих з бібліотеки компонентів

Стандартні компоненти, додані з бібліотеки компонентів, доступні тільки для читання. У бібліотеці компонентів доступні команди для зміни розміру або заміни компонента, доданого з бібліотеки компонентів.



Зміна розміру деталі, доданої з бібліотеки компонентів

За допомогою команди **«Изменить размер»** можна змінити будь-який ключовий параметр стандартної деталі (наприклад, розмір).


У файлі складання натисніть правою кнопкою миші деталь бібліотеки компонентів у графічному вікні або в браузері виберіть команду **«Изменить размер»** .

У діалоговому вікні **«Изменить размер»** виберіть параметри для деталі, яку варто додати в складання.

Натисніть кнопку **«ОК»**, щоб підтвердити зміну й закрити діалогове вікно.

24.19. Заміна деталі на деталь із бібліотеки компонентів

За допомогою команди **«Заменить из библиотеки компонентов»** можна замінити обрану деталь на деталь із бібліотеки компонентів.

У складанні натисніть правою кнопкою миші графічне вікно й виберіть команду **«Заменить из Библиотеки компонентов»** .

Виберіть деталь для заміни. Можна вибрати для заміни деталь не з бібліотеки компонентів.

У діалоговому вікні **«Заменить из Библиотеки компонентов»** знайдіть деталь, яку варто додати в складання.

Виберіть деталь і натисніть кнопку **«ОК»**, щоб відкрити діалогове вікно **«Семейство»**.

Виберіть елемент сімейства, яким потрібно замінити поточну деталь, і натисніть кнопку **«ОК»**.

Розділ 25.

Шаблони складань

Кожне нове складання створюється на основі шаблону. Стандартний шаблон, використовуваний під час створення складань, визначається вибором стандартних одиниць виміру в процесі встановлення Inventor. Крім заданого за замовчуванням шаблону, можна використовувати й інші визначені шаблони. Допускається редагування наявних і створення нових шаблонів користувачем.

Файл складання може використовуватися у якості шаблону під час збереження файлу, як шаблону, в папці Templates. Наприклад, якщо задані у файлі складання налаштування передбачається використовувати в інших складаннях, цей файл потрібно зберегти в папці Autodesk\Inventor [версія]\Templates. У разі створення нового файлу складання наступного разу новий шаблон стане доступним.

За замовчуванням папка Templates перебуває в папці:

Microsoft Windows: Users\Public\Documents\Autodesk\Inventor[версія]\Templates.

Параметри, що задаються в шаблоні складання

У шаблоні можуть бути задані будь-які параметри, які дозволяють спростити процес створення складань або установлюючи значення, використовувані за замовчуванням. Розмір основних робочих площин, можна задавати у відповідності до середнього розміру складань. Для кожної системи одиниць виміру можна створити свій шаблон, якщо в різних складаннях використовуються різні одиниці виміру. Задайте стилі таким чином, щоб вони були доступні для використання. Зв'яжіть файл шаблону з бібліотекою стилів, або, якщо вони не використовуються, визначіть стилі у файлі шаблону. Визначіть графі й формат для специфікацій.

25.1. Призначення властивостей

Можна визначити такі властивості, як прізвище інженера-кошторисника, назва проєкту й прізвище керівника і зберегти їх як частину шаблону. Використовуйте «Свойства» для пошуку, спостереження й керування файлами. Вони можуть бути також застосовані для автоматичного занесення інформації в основні написи, списки деталей і специфікацій.

25.1.1. Завдання стандартного шаблону складання

У якості шаблону, використовуваного під час створення складань за замовчуванням, можна вибрати будь-який шаблон. Щоб указати шаблон, як шаблон за замовчуванням, необхідно зберегти його в папці **Templates** під іменем *обычный.iam*. Щоб уникнути перезапису існуючого шаблону за замовчуванням, перемістіть або перейменуйте існуючий стандартний шаблон до збереження нового шаблону.

Файли, розташовані в папці «**Templates**», відображаються на вкладці «**По умовчанию**» діалогового вікна створення нових файлів. Файли, розташовані в папках, вкладених у папку «**Templates**», групуються на інших вкладках діалогового вікна «**Создание файла**».

Примітка: Для додавання вкладки у діалоговому вікні створення нових файлів варто сформувати нову папку в папці «**Templates**», куди потім можна скопіювати файли шаблонів. Кожній вкладеній папці відповідає окрема вкладка діалогового вікна.

Розділ 26.

Створення шаблонів для складань

Усі нові файли складань створюються на основі шаблонів. Користувач може створювати власні шаблони, додаючи їх до шаблонів, що входять у комплект поставки Autodesk Inventor. Для цього потрібно:

- створити складання на основі одного з наявних шаблонів;
- задати одиницю вимірів за замовчуванням;
- змінити розміри основних робочих площин, за необхідності, щоб привести їх у відповідність із середніми розмірами складання;
- установити конструкторські властивості файлу;
- зберегти файл у папці Autodesk\Inventor [версія]\Templates або в кожній з папок, вкладених у папку Templates. Під час збереження в папці Templates файл складання автоматично стає шаблоном.

Примітка: Файл *standard.iam*, розташований у папці «Шаблони» є шаблоном складання за замовчуванням. Щоб замінити шаблон за замовчуванням, необхідно вилучити файл *standard.iam* і замінити його шаблоном, який має таке саме ім'я.

Розділ 27.

Браузер для складань

У браузері відображається ієрархічна структура складання. Команди на панелі браузера дозволяють налаштувати вигляд браузера відповідно до вимог завдань.

Вигляд браузера

Браузер містить файл поточного складання. Вигляд браузера можна представити як вигляд моделі або складання. Вигляд складання має наступний порядок:

- у папці «**Представлення**» знаходяться виглядові й позиційні представлення, а також представлення з рівнем деталізації;
- вихідний вигляд містить вихідні площини, осі й центр координат, прийняті за замовчуванням;
- елементи складання зберігаються у вихідній папці (якщо така є) за порядком їх створення.

Компоненти розміщені у тому порядку, у якому вони були вставлені в складання.

На вигляді складання конструктивні елементи заховані. Символ складальної залежності відображається в папках обох компонентів, які брали участь у залежності.

У режимі «**Робота с моделью**» усі залежності зібрані в одній папці, яка розташована зверху ієрархічної структури.

Обмежень на кількість рівнів, відображуваних у браузері, не існує. Для перегляду додаткових відомостей можна скористатися смугами прокручування, розташованими збоку й знизу вікна браузера.

27.1. Спрощення вмісту браузера

У великих складаннях вміст браузера може бути досить складним, тому передбачені фільтри, які дозволяють приховувати геометричні

об'єкти. Крім того, можна керувати видимістю робочих елементів у структурі, що спрощує роботу як із складальними залежностями, так і з конструктивними елементами деталей.

Можна задавати режим, за якого відображаються тільки безпосередньо підлеглі елементи, а також приховувати примітки, документи й попередження.


Іменування компонентів у браузері

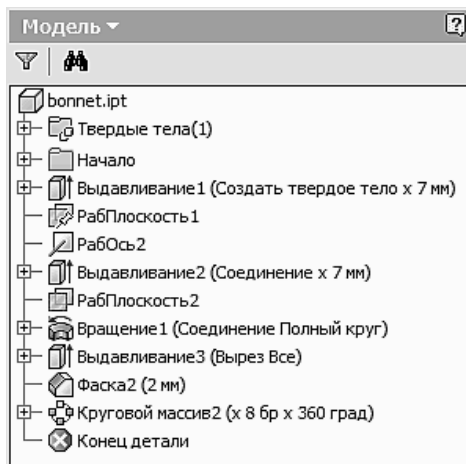
Під час вставлення компонента в складання він автоматично одержує ім'я, що збігається з іменем файлу цього компонента. Якщо вставляється кілька входжень того самого компонента, до імен входжень додається номер, який збільшується на одиницю для кожного нового входження. Імена компонентів у браузері можна змінювати, щоб зробити їх більш описовими, але ім'я файлу при цьому не зміниться.


Залежному компоненту складання автоматично присвоюється ім'я компонента, що представляється. Ім'я учасника не можна змінювати. Однак його перейменування призводить до перейменування відповідного учасника.

Відображення елементів у браузері

У процесі розміщення елементів ім автоматично присвоюються імена. За необхідності імена конструктивних елементів можна розширити, додавши до них відомості про параметри елемента.

Щоб відобразити детальні відомості про елемент у браузері, у розділі «Фільтри»  виберіть «Показать расширенные имена».



Можна також натиснути кнопку  «Параметры». Потім у діалоговому вікні «Параметры приложения» вкладка «Деталь» вибрати параметр «Отобразить подробную информацию после имени узла элемента в обозревателе».

Примітка: Змінювати параметри елемента в браузері неможливо.

Розширені імена елементів доступні в середовищі деталі, деталі з листового металу, вигляду конструювання складання й креслення. Формат і вміст рядків розширення змінити неможливо.

Символи, використовувані в браузері

Більшу частину функцій складання можна включити, вибравши опцію з контекстного меню. Наприклад, можна змінювати видимість компонента, доступність компонента для вибору й редагування, робити компонент базовим або адаптивним, а також відображати ступені його свободи. Змінити ці параметри можна в будь-який момент у сеансі редагування, тому поточний статус вказується за допомогою символу в браузері.

Інші символи в браузері повідомляють користувача про помилки залежностей, що виникли у процесі накладення. Можна переглядати інформацію щодо залежностей, редагувати компоненти й усувати помилки.


Вузловий символ «Конец компонентов» у браузері вказує на те, що в складанні створені конструктивні елементи. Положення цього символу показує поточний стан конструктивних елементів складання. Затінені позначення елементів, що перебувають нижче символу кінця складання означають, що ці елементи тимчасово вилучені з моделі.


Розділ 28.

Зміна вмісту браузеру складання

Браузер складання можна конфігурувати для виконання набору зв'язаних завдань. Для цього потрібно використовувати меню «Вид» і команду «Фільтр» на панелі інструментів браузера складання. Як у конфігурації «Вид сборки», так і в конфігурації «Полный вид» можна приховувати й відображати робочі елементи, примітки, документи й попередження. Також можна задавати режим, за якого будуть відображатися тільки дочірні елементи, а не все дерево складання.

Між виглядом складання й повним виглядом є наступні відмінності:

«Сборка»  – позначення зв'язків складання розміщені в папці, яка розташована у верхній частині ієрархічної структури браузера й вкладені під кожним зв'язаним компонентом; конструктивні елементи деталей сховані.

«Моделирование»  – позначення зв'язку складання розміщені в папці, яка розташована у верхній частині ієрархічної структури браузера, але не вкладені під кожним зв'язаним компонентом; конструктивні елементи деталі вкладені в папку цієї деталі (як у файлі деталі).

Установка параметрів відображення в браузері:

Виберіть у меню у верхній частині браузера «Вид сборки» або «Полный вид» для налаштування браузера відповідно до виконуваних завдань.

Натисніть «Фільтр», щоб сховати наступні параметри, або зніміть прапорці, щоб відобразити їх:

- сховати ПСК;
- сховати робочі елементи;
- сховати помітки;
- сховати документи;
- сховати попередження.

У меню **«Фільтр»** виберіть **«Только дочерние элементы»**, щоб сховати складання верхнього рівня. Зніміть цей прапорець, щоб показати всю ієрархічну структуру складання.

Виберіть команду **«Показать расширенные имена»** у меню **«Фільтр»** для відображення докладної інформації про конструктивні елементи.


Розширені імена елементів доступні в середовищі деталі, деталі з листового металу, вигляду конструювання складання й креслення. Зміна формату або вмісту розширеного рядка неможлива.

Розділ 29.

Браузер складання (довідка)

У браузері графічно відображається ієрархічна структура складання. У ньому можна приховувати обрані компоненти, застосовувати фільтри, упорядковувати вміст, керувати доступом до компонентів і зв'язків. Крім того, контекстне меню браузера забезпечує альтернативний доступ до функцій роботи зі складаннями. Тут здійснюється керування відновленням елементів складання й наявністю компонентів у кожному елементі.

«**Вызов**» – у файлі складання виберіть елемент, потім натисніть правою кнопкою для виклику контекстного меню.

 «**Фильтры обозревателя**» – розташовані на панелі інструментів браузера. Обсяг інформації в браузері можна змінювати за допомогою фільтрів як у режимі «**Вид сборки**», так і в режимі «**Полный вид**». Щоб включити або відключити фільтр, варто встановити або зняти прапорець.

«**Скрыть ПСК**» – впливає на відображення всіх об'єктів ПСК.

«**Скрыть рабочие элементы**» – впливає на відображення вихідних і глобальних робочих елементів. Робочі елементи, розташовані на рівні конструктивного елемента, відображаються під час розкриття папки конструктивного елемента.


«**Только дочерние элементы**» – впливає на відображення всіх складань верхнього рівня. Параметр недоступний у середовищі проектування деталей (під час редагування або створення деталі на місці).

«**Скрыть примечания**» – впливає на відображення приміток, створених за допомогою блокнота інженера.

«**Скрыть документы**» – включення або відключення відображення втілених документів.


«**Скрыть предупреждения**» – включення або відключення відображення попереджувачих символів, прикріплених до зв'язків в браузері. Помилки у цьому разі не приховуються.


«Показать расширенные имена» – відображення докладної інформації щодо конструктивних елементів.


 «Представления» – розташовані на панелі інструментів браузера. Надають доступ до представлень складання. Ця функція призначена для визначення або відновлення представлення.

Параметри контекстного меню відображають дії, які можна здійснювати в папці зображень.

Вигляди браузера – розташовані на панелі інструментів браузера. Виберіть «Вид сборки» або «Полный вид» у меню виглядів браузера для установки кращої конфігурації браузера.

 «Сборка» – позначення зв'язку складання розміщені в папці, яка розташована у верхній частині ієрархічної структури браузера й вкладені під кожним зв'язаним компонентом. Конструктивні елементи деталей сховані.

 «Моделирование» – позначення зв'язку складання розміщені в папці, яка розташована у верхній частині ієрархічної структури браузера, але не вкладені під кожним зв'язаним компонентом. Конструктивні елементи деталі вкладені в папку цієї деталі (як у файлі деталі).

 «Найти» – Відкриття діалогового вікна «Найти» для виконання пошуку зазначених об'єктів у всіх типах файлів Inventor. Можна уточнити параметри пошуку, включивши додаткові критерії, такі як оператори й/або, властивості, умови й значення. Можна вказати шлях для пошуку.

Функцію пошуку зручно використовувати для визначення місця розташування розриву зв'язків, подавлених компонентів або конструктивних елементів, імен або значень параметрів ескізу, посилань, а також для виконання пошуку за будь-якою іншою обраною комбінацією критеріїв.

Налаштування контекстного меню

За допомогою контекстного меню (викликаного натисканням правої кнопки миші) можна одержати доступ до функцій для роботи з обраним в браузері компонентом, конструктивним елементом або зв'язком. Відповідно до конфігурації браузера й обраним у браузері елементом, можуть бути доступні або всі пункти контекстного меню, або тільки деякі з них.

Натиснувши правою кнопкою миші який-небудь елемент у графічному вікні або в браузері, можна викликати контекстне меню, доповнене параметрами перегляду.

Розділ 30.

Ієрархічна структура складання у браузері

Складання формуються з деталей, зібраних у фізичні вузли. Під час проектування часто буває відомий необхідний набір деталей, однак рішення щодо їхнього комбінування у вузли ще не прийняте. Inventor дозволяє вставляти компоненти в складання або створювати їх на місці, не опікуючись про їхнє кінцеве місце розташування в ієрархічній структурі складання.

Ієрархічну структуру складання можна реструктурувати шляхом переміщення в ній окремих деталей, груп, масивів або цілих вузлів, не змінюючи при цьому позиціонування деталей у самому складанні.

30.1. Переміщення компонентів за ієрархічною структурою складання

Компоненти відображаються в ієрархічній структурі браузера у тому порядку, у якому вони були вставлені. Для того щоб змінити положення компонента й вузол, якому він належить, перетягніть компонент у вікні браузера. Для переміщення компонентів в ієрархії складання використовуйте параметри **«Повысить уровень»** і **«Понижить уровень»** контекстного меню.

Перетягування масивів компонентів неможливо.

Прийнявши рішення, до якого вузла повинен належати компонент, його можна перетягнути. Кожен переміщений компонент за замовчуванням додається внизу до дерева вузла.

30.2. Вплив реструктуризації складання на поведінку компонентів

Під час переміщення компонентів або масиву компонентів з одного вузла в інший необхідно враховувати наступні особливості:

- зміна структури складання може вплинути на взаємозв'язки;
- адаптивність переміщуваних компонентів зберігається;
- доступність, видимість і колірний статус переміщених компонентів зберігаються в іменованих виглядових зображеннях нового складання.

Розділ 31.

Створення креслення за моделлю в Inventor

В Inventor креслення моделей підтримують зв'язок з самими моделями. Будь-які зміни, внесені в модель, відображаються в кресленнях. До того ж, змінюючи нанесені на креслення розміри, можна змінювати моделі деталей і вузлів. Цей двосторонній зв'язок між моделями й кресленнями дозволяє бути впевненим у тому, що в робочу документацію включена інформація про самі останні версії компонентів виробу. Цей зв'язок значно поширює можливості проєктування в Inventor, тому розглянемо детальніше на прикладах побудови моделей кількох типових деталей і креслень за ними в комплексі для більш повної ілюстрації можливостей і особливостей такого конструювання.

31.1. Створення креслення

Ураховуючи що Inventor підтримує двосторонній зв'язок між моделями й кресленнями, створювати креслення, у принципі, можна відразу ж після створення компонентів виробу. Однак на практиці креслення створюються тільки після того, як буде стабілізована форма компонентів. А якщо ні, то може виникнути необхідність додаткового редагування елементів креслень (додавання або видалення розмірів або видів, переміщення приміток або номерів позицій).

Іноді буває ефективніше створити двомірне креслення моделі, ніж саму тривимірну модель. В Inventor можна починати зі створення 2D параметричних виглядів креслення, які можуть бути потім використані у якості ескізів для 3D моделей.

31.2. Використання середовища побудови креслень

Середовище побудови креслень стає активним під час відкриття наявного або у процесі створення нового файлу креслення (файлу з розширенням *.idw*). Файли креслень використовуються в конструкторській документації. Редагувати модель деталі можливо, як безпосередньо у файлі деталі (моделі), так і в файлі виробу або у файлі креслення. Inventor оновлює всі входження деталі після завершення її редагування. Тому після редагування деталі в середовищі побудови креслень необхідно перевірити всі вироби, у яких вона використовується, на просторіві перетинання.

31.3. Редагування деталі на кресленні

На кресленні можна переглядати й редагувати розміри моделі. Inventor оновлює всі входження деталі відповідно до нових значень розмірів. Якщо зміни вносяться в *контрольні розміри креслення*, деталей не змінюється. Змінюються лише номінальні значення розмірів, відображені на кресленні, однак саме креслення не масштабується.

Основний напис

Відображення поточних властивостей проєкту на кресленні виконується шляхом вставки в основний напис відповідних полів. Проєктна інформація (наприклад, шифр деталі, номер зміни або характеристики матеріалу) вводиться в діалоговому вікні «Свойства».

Символи курсору

Зміна зовнішнього вигляду курсору, який вказує на зміну контекстного меню.

Керування пам'яттю

Довантаження аркушів креслення за вимогою. Завантажується тільки необхідний аркуш, а не весь файл креслення, яке містить кілька аркушів.

Переміщення виглядів креслення

Зміна послідовності аркушів, а також переміщення виглядів між аркушами перетягуванням значків у браузері.

Стандарти оформлення

Використання таких стандартів оформлення, як ДСТУ, ГОСТ, ANSI, BSI, DIN, GB, ISO і JIS. Допускається також застосування користувацьких стандартів, відповідних до стандартів підприємства.

Двостороння асоціативність

Відновлення креслень відбувається під час редагування моделі, а зміна моделі в ході редагування розмірів на кресленнях.

Універсальна функція нанесення розмірів

Нанесення розмірів різних типів за допомогою однієї функції.

Розділ 32.

Етапи роботи

32.1. Створення креслень

У комплект поставки Inventor включені шаблони, які можна використовувати під час створення креслень. Який із шаблонів, які поставляються, використовується за замовчуванням, залежить від обраного у процесі установки Inventor стандарту оформлення. Файли шаблонів мають таке ж розширення, що й файли креслень (.idw). Зберігаються шаблони в папці *Autodesk\Inventor\Templates*. Нове креслення створюється на основі шаблону. Якщо вибрати «Файл» > «Создать» або натиснути кнопку «Создать», можна вибрати необхідний шаблон на одній із трьох вкладок: «По умолчанию», «Британские» або «Метрические». У стандартному кресленні створюється аркуш із рамкою й основним написом. На вкладках «Британские» або «Метрические» можна вибрати шаблон з відповідними одиницями.

32.2. Адаптація креслень

Шаблони креслень можна адаптувати під потреби користувача. Наприклад, можна змінювати рамку й основний напис у відповідності зі стандартами підприємства. Усі внесені зміни застосовуються тільки до поточного креслення. Для того щоб використовувати зроблені зміни надалі, креслення необхідно зберегти в якості шаблону.

На основі наявних стандартів оформлення можна створювати користувацькі стандарти й застосовувати їх в кресленнях. Для цього файл креслення з користувацькими стандартами варто зберегти в папці *Autodesk\Inventor\Templates*.

Якщо за відкритого шаблону креслення вибрати «**Формат**» ► «**Стандарты**», то відкривається діалогове вікно «**Стандарты оформления**». За його допомогою можна створювати нові й редагувати наявні стандарти.

З меню «**Формат**» можна викликати команди роботи з рамками, основними написами і позначеннями, а також відкрити діалогові вікна «**Размерные стили**» і «**Текстовые стили**».

32.3. Створення виглядів креслення

В Inventor можна створювати різні вигляди креслення й маніпулювати ними. Команди роботи з виглядами креслення стають доступні після завантаження в інструментальну палітру набору команд «**Размещение видов**». Кнопкою «**Базовый**» відкривається діалогове вікно «**Вид чертежа**», за допомогою якого можна створювати головний вигляд креслення (на основі створеної моделі), а також проєкційні й додаткові вигляди, розрізи, виносні вигляди і вигляди з розривами.

Проекційний вигляд

Ортогональна проєкція моделі відносно головного вигляду. Зв'язок між проєкційним і головним визначається орієнтацією проєкційного вигляду.

Додатковий вигляд

Проекція моделі щодо ребра або лінії головного вигляду. Додатковий вигляд вирівнюється з головним.

Розріз

Створення повного, місцевого, винесеного або накладеного розрізу. Тип розрізу визначається положенням січної площини. Розріз вирівнюється з головним виглядом.

Виносний елемент

Створення виносного елемента для обраної частини вигляду. Виносний елемент відносно головного вигляду не вирівнюється.

Ескізний вигляд

Створення порожнього вигляду й активізація середовища побудови ескізів для виконання побудов. У ескізний вигляд можна імпортувати креслення AutoCAD®. Крім того, ескізний вигляд можна копіювати й вставляти в це саме або в інше креслення.

Вигляд з розривами

Створення вигляду з розривами як правило, застосовується в ситуаціях, коли розмір звичайного вигляду перевищує розмір аркуша, або коли його значна частина не несе корисної інформації (наприклад, середня частина вала).

Поворот виглядів

Вигляди можна повертати відносно ребер або на заданий кут. Включаючи всі ескізи, вони повертаються без викривлень. Після повороту вигляду пояснювальні елементи продовжують зберігати асоціативний зв'язок з виглядом і з моделлю. Залежно від використовуваного стандарту оформлення, повернені вигляди можуть забезпечуватися відповідним написом.

ЗАУВАЖЕННЯ: Під час повороту вигляду (якщо січна площина для розрізу не оновилася) проєкцію січної площини можна редагувати за допомогою будь-яких функцій роботи з ескізами, включаючи накладення залежностей.

Додавання аркушів

У креслення можна вставляти додаткові аркуші, на які, за допомогою браузера, переносяться наявні вигляди креслення. У кожен момент часу активним може бути тільки один аркуш. У браузері значки неактивних аркушів мають блідий відтінок.

На самому верхньому рівні відображуваної в браузері ієрархічної структури креслення розташована папка «**Чертежные ресурсы**». У цій папці зберігаються формати аркуша, основні написи, рамки й позначення, які можна використовувати для оформлення креслень. Елементи оформлення можна додавати, видаляти й редагувати.

Нанесення розмірів на кресленні

Процес нанесення розмірів на кресленні аналогічний процесу нанесення розмірів у середовищі моделювання деталей або в складальному середовищі. Під час вибору конструктивного елемента або відстані між ними для нанесення розміру, Inventor наносить горизонтальний, вертикальний, або паралельний розмір (залежно від напрямку переміщення курсору). Для того щоб допомогти користувачеві розташувати розмірну лінію на стандартній відстані від об'єкта або вирівняти розмірні лінії декількох розмірів, активізується прив'язка.

Редагування розмірів

Після нанесення розміру можна змінювати його номінальну величину, а також використовувати допуски й посадки, задаючи

необхідні значення параметрів у діалоговому вікні «**Размерные допуски**». Для виклику цього вікна варто двічі натиснути на розмір, який передбачається змінити.

Під час вибору якого-небудь типу допуску Inventor відображає зразок розміру з обраним типом допуску. Далі треба задати номінальне значення й точність.

Користувач може задавати параметри виносних і розмірних ліній, а також стрілок.

Нанесення пояснювальних елементів

У комплект поставки Inventor включені найрізноманітніші позначення, які можна наносити на креслення. Набір використовуваних позначень залежить від вибраного стандарту оформлення. Крім того, на креслення можна наносити пояснювальні елементи (різні графічні символи й стандартні примітки).

Команди нанесення приміток, позначень, маркерів центрів, осьових і центрових ліній, а також номерів позицій завантажуються в інструментальну палітру в складі набору команд «**Пояснение (ЕСКД)**». У цьому ж наборі є кнопка виклику команди «**Спецификация**», за допомогою якої можна створювати специфікації на кресленні.

Примітки

Примітки можна вставляти в креслення за допомогою функцій «**Текст**» і «**Выноска**». Обидві ці функції використовують спрощений текстовий редактор у якому, можна вибирати шрифт, задавати його формат, а також вставляти спеціальні символи. Текст на винесенні асоціативно пов'язаний з геометричними об'єктами й переміщується разом з виглядом креслення.

Позначення

Наявні в Inventor функції дозволяють наносити різні позначення, застосовувані для пояснення креслень. Позначення можна наносити як на винесенні, так і без нього. У програмі є команди для нанесення таких пояснювальних елементів, як допуск форми й розташування, позначення шорсткості поверхні, позначення бази й ділянки бази, позначення зварного шва. Крім того, можна наносити користувачські позначення.

Маркери центрів

В Inventor є функція нанесення маркерів центрів, яка автоматично підбирає його розмір залежно від розміру об'єкта, на який наноситься маркер.

Осьові лінії

За допомогою функцій, які викликаються із кнопочного підменю «**Маркер центра**», можна наносити бісектриси, осьові лінії й кола центрів.

Номера позицій

Номера позицій можна наносити як для обраних деталей, так і для всіх наявних на кресленні деталей одночасно. Номера позицій можуть бути нанесені і після того, як деталі включені в специфікацію.

ЗАУВАЖЕННЯ: Під час нанесення кіл центрів не варто замикати їх, знову вказуючи першу точку (центр першого отвору). Необхідно вказати всі точки послідовно, а потім вибрати пункт «**Создать**» з контекстного меню. У цьому випадку курсор повинен знаходитися поруч з останньою точкою.

Специфікації

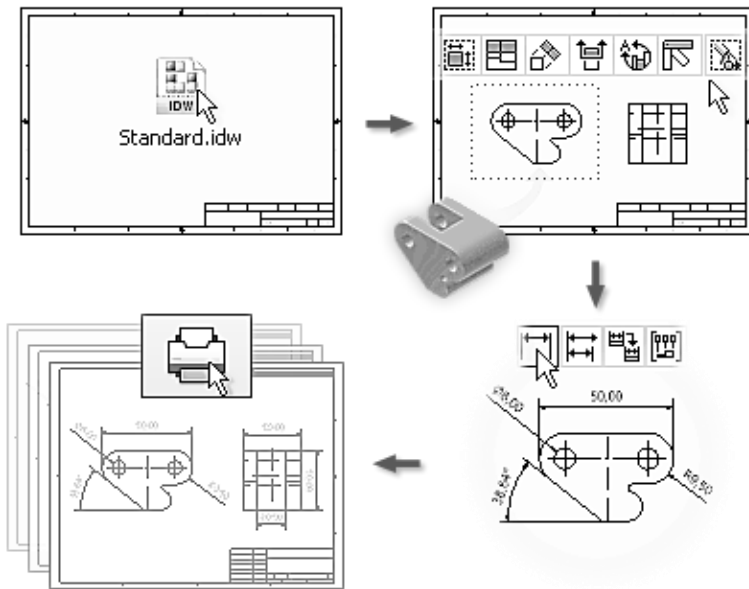
У таблицях отворів утримується інформація про розміри й місце-знаходження деяких або всіх наявних отворів. Використання таких таблиць усуває необхідність нанесення розмірів кожного отвору, що робить креслення більш зручним.

Для створення специфікацій в Inventor використовується команда «**Спецификация**». З її допомогою можна генерувати параметричну специфікацію виробу, у якій утримується інформація про всі використовувані в ньому деталі і вузли. Користувач може задавати, які графи (наприклад, номер деталі, пояснення або версія) треба включити в специфікацію. Наявні специфікації доступні для редагування.

32.4. Робочий процес створення креслень

Під час відкриття креслення використовується шаблон за замовчуванням, що містить аркуш із рамкою, основним написом та іншими елементами.

Для створення креслення відкрийте шаблон, відформатуйте його згідно з вашою метою, створіть вигляди креслення й додайте анотації. Потім можна роздрукувати креслення.



Визначення шаблону креслення

Можна використовувати будь-який стандартний або користувацький шаблон, що включає в себе умовні позначки й стандартні елементи.

Стандартні шаблони креслень встановлюються разом з Inventor. Під час встановлення програми необхідно вибрати стандарт для використання за замовчуванням. Залежно від зробленого вибору в папку шаблонів Templates копіюється відповідний шаблон креслення.

За замовчуванням використовується стандартний шаблон IDW, який можна адаптувати.

Щоб налаштувати формат креслення, необхідно задати формати аркуша, рамки, основні написи, а також відрегулювати стандарт оформлення й стилі анотацій.

Задавання виглядів креслення

Створення креслення починається з розміщення головного вигляду. Для його створення можна вибрати за основу файл деталі або складання. Для файлів складань можна також вибрати представлення іменованого вигляду. На одному кресленні можуть розташовуватися вигляди кількох деталей або складань.

Виключіть видимість тих компонентів складання, які не повинні бути видимі на цьому вигляді. Можна зберегти спрощений вигляд у представленні іменованого вигляду й використовувати його для генерації незахарашених виглядів на кресленні.

Якщо формат аркуша містить у собі стандартні вигляди креслення, то вони додаються автоматично.

Додавання анотацій

Після розміщення виглядів можна додавати анотації в креслення. Для нанесення розмірів можна використовувати розміри моделі, задані на стадії її розробки, або нанести контрольні розміри, які слугують винятково для ілюстративних цілей. Розміри моделі на кресленні можна редагувати, якщо такий параметр був обраний під час установки Inventor.

Креслярський ескіз є особливою формою анотації. В Inventor він діє як накладений вигляд, застосований до аркуша креслення. Після виходу з режиму побудови ескізу можна наносити розміри, позначення й інші анотації.

Друк креслення

Можна друкувати креслення повністю або частинами. Можна роздруковувати файли IDW, 2D DWF і DWG.

Властивості моделі Inventor під час роботи із кресленнями

Під час створення першого вигляду можна скопіювати значення властивостей моделі Inventor у властивості креслення Inventor. Властивості моделі Inventor копіюються й оновлюються в кресленні з вихідної моделі.

Опцію «**Дополнительные пользовательские свойства Inventor модели**» у діалоговому вікні «**Параметры процесса моделирования**» можна використовувати для створення користувацьких властивостей Inventor із зовнішнього файлу.

Браузер креслення

У браузері креслення відображаються ресурси креслення, аркуші, вигляди креслення, пов'язані моделі й об'єкти, розміщені на аркушах креслення.

Аркуші розташовуються в порядку їх створення. Ви можете розгорнути аркуш для відображення виглядів і деталей, які входять у вигляд. Порядок розташування аркушів у браузері можна змінювати, перетягуючи їх мишею.

У кожен момент часу активним може бути тільки один аркуш. Інші в браузері виділені сірим кольором. Щоб активізувати аркуш, двічі натисніть на його ім'я.

Ресурси креслення. Відображення інформації про формати аркушів, рамки, основні написи і ескізні позначення, задані у кресленні. (ескізні позначення також містять визначення ескізних позначень). Двічі натисніть ресурс, щоб вставити його в аркуш креслення.

«Аркуші». Відображення аркушів у кресленні. Під іменем аркуша в браузері приводиться інформація про рамку, основний напис і вигляд аркуша. Відкритий аркуш підсвічується в браузері, усі інші затінюються.

Розділ 33.

Вигляди креслення

Опис різних компонентів і виглядів креслення, доступних в Inventor, їхнє налаштування й взаємозв'язки між ними.

Основні принципи роботи з виглядом креслення

Опис базового й проєкційного виглядів, перетину й виглядів інших типів, а також інших параметрів, таких як розрив, переріз або розріз вигляду.

В Inventor можна створити наступні типи виглядів креслення:

«Базовий вид». **«Первый созданный вид».** Усі наступні вигляди є похідними від нього. Базовий – можна використовувати для створення проєкційного й додаткового виглядів, перетину й виносного елемента.

«Проекционный вид». Ортогональний або ізометричний, який генерується на основі базового або будь-якого іншого наявного вигляду.

«Дополнительный вид». Спроекований перпендикулярно обраному ребру або лінії.

«Сечение». Вигляд, створений побудовою лінії, яка задає січну площину для розрізу деталі (або складання в Inventor). Переріз являє собою поверхню розрізу. Розсічення може проходити через усе складання, однак деякі компоненти можна виключити з перерізу. Для цього, перед створенням розрізу, необхідно вибрати компонент на головному вигляді й відключити його видимість.

«Выносной элемент». Збільшене зображення частини іншого вигляду креслення. Виносні елементи використовуються для більш вичерпного й точного анутовання.

«Вид наложения». Один вигляд, створений з безлічі позиційних представлень. Вигляди накладення показують складання в різних положеннях.

«Эскизный вид». Містить один або кілька пов'язаних 2D-ескізів. Такий вигляд не створюється з 3D деталі.

Можна також створити розрив, місцевий розріз, переріз або зріз креслень.

«**Разрыв**». Зменшення розміру довгої моделі шляхом видалення або відсікання частин, які мають велику довжину незмінної форми. Розміри деталі з розривом відображають правильну довжину.

«**Местный разрез**». Видалення заданої області матеріалу для показу схованих деталей або елементів на існуючому вигляді.

«**Обрезка**». Керування границею вигляду на існуючому вигляді креслення.

«**Срез**». Створення перетину з нульовою глибиною на основі існуючого вигляду креслення.

33.1. Стили, застосовувані до вигляду креслення

Inventor дозволяє задавати стиль креслення, масштаб, положення й видимість компонентів креслення.

Застосування стилів до виглядів

Для налаштування властивостей за замовчуванням для виглядів креслення й пояснень до вигляду використовується редактор стилів і стандартів.

Стиль «**Стандарт**» керує стандартними налаштуваннями мітки вигляду, відображенням різьби і типом проєкції.

Якщо створюється вигляд перетину, елемента або додатковий вигляд, відбувається генерування ідентифікатора вигляду за допомогою буквено-цифрової автоіндексації. З послідовності індексування виключаються, за замовчуванням, наступні символи: I, O, Q, S, X і Z. Список символів, що виключаються, можна налаштувати на вкладці «**Общие**» панелі стандартного стилю.

Стиль анотацій вигляду керує текстовим стилем для міток вигляду й параметрів за замовчуванням для ліній і стрілок та анотації.

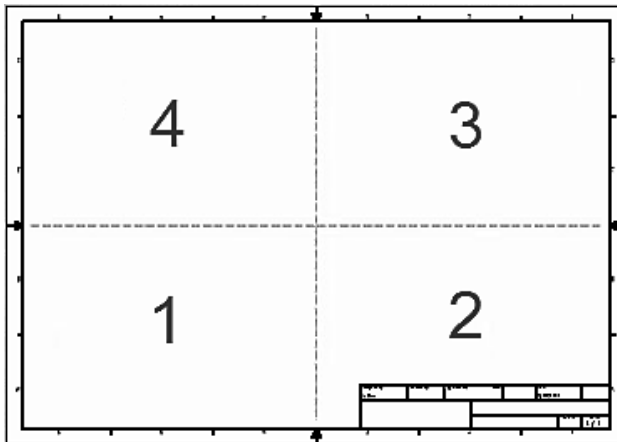
Під час розміщення першого вигляду креслення його масштаб обчислюється додатком Inventor на підставі розмірів аркуша й загального розміру моделі. Масштаб першого вигляду задає масштаб, за замовчуванням, наступних.

Під час зміни масштабу також змінюються масштаби залежних виглядів. Масштаб залежного вигляду можна змінити незалежно від базового. У процесі зміни масштабу базового вигляду масштаб залежних виглядів, розташованих на інших аркушах, автоматично не змінюється.

Примітка: Колір і стиль ліній обраних компонентів складання на кресленні можна відрегулювати.

33.2. Розташування базових виглядів за замовчуванням

Під час створення базового вигляду він розміщується у тимчасовому розташуванні аркуша креслення. Тимчасове розташування залежить від розміру аркуша. На аркушах меншого розміру (розмір А4, А3, А2 або А, В, С) базовий розміщується в центрі аркуша.



На аркушах більшого розміру (розмір А1, А0 або D, E) базовий розміщується у квадранті 1. Якщо квадрант 1 або квадранти іншого аркуша зайняті, базовий вигляд розміщується в наступному доступному квадранті.

33.3. Створення користувацького масштабу для вигляду

Якщо масштаб вигляду, який не вкладається в найбільш часто використовуюваному стилі, застосовується досить часто, то у рамках цього стилю можна створити користувацький масштаб вигляду.

Для внесення змін необхідно мати відповідний доступ до стилю, використовуюваного на кресленнях.

Виберіть на стрічці вкладку «Управління» ► панель «Стили и стандарты» ► «Редактор стилей».

У лівій панелі діалогового вікна «**Редактор стилей и стандартов**» виберіть активний стиль креслення (відображається напівжирним шрифтом).

У групі «**Стандартные значения**» у списку, що розкривається, виберіть «**Масштаб**» і натисніть кнопку «**Создать**».

У діалоговому вікні «**Добавить новый масштаб**» введіть новий масштаб. Натисніть «**ОК**». Натисніть кнопку «**Сохранить**».

33.4. Спеціальні вигляди креслення

Опис рознесених виглядів, сплайнів на виглядах креслення, а також відновлених виглядів креслення.

Зазначені нижче вигляди можна використовувати для визначених цілей.

33.4.1. Рознесені вигляди

Рознесені вигляди та інші презентаційні створюються в окремому файлі презентації. Файл схем може містити безліч виглядів складання. Під час нанесення схеми на креслення необхідно вибрати файл схеми й використовуваний вигляд.

33.4.2. Сплайни на виглядах креслення

У цій версії програми, під час створення виглядів креслень моделей з геометрією сплайнів, у кресленнях використовуються реальні криві сплайнів. Геометрія реального сплайну використовується тільки для заново створюваних сплайнів.

33.4.3. Відновлені вигляди креслення

Під час імпортування моделей параметри іноді можуть містити помилки. Можна створювати вигляди креслення без уточнення даних.

Під час створення вигляду креслення, коли імпортовані відомості містять помилку, з'являється діалогове вікно попередження. У процесі створення відновленого вигляду використовується альтернативний алгоритм розрахунків, а одержуваний відновлений вигляд позначається в браузері значком, розташованим поруч з вузлом вигляду. Вигляд креслення може бути неточним для окремих тіл з помилками. Можна вручну уточнити вигляд креслення або вилучити його.

33.4.4. Завдання стилів виглядів креслень і анотацій вигляду

Редагування виглядів креслень і анотацій вигляду за замовчуванням задається в діалоговому вікні **«Редактор стилей и стандартов»**.

Примітки: Щоб зміни вплинули не тільки на поточний документ, виберіть вкладку **«Управление»** ► панель **«Стили и стандарты»** ► **«Сохранить»**.

33.4.5. Редагування стилю вигляду

Виберіть на стрічці вкладку **«Управление»** ► панель **«Стили и стандарты»** ► **«Сохранить»**.

У вікні **«Стили и стандарты»** відкрити елемент **«Стандарт»**. У списку можна вибрати стандартний стиль.

На панелі **«Стандарт»** виберіть вкладку **«Настройки вида»**.

У списку **«Тип вида»** установіть назву за замовчуванням для всіх типів: виберіть тип вигляду.

33.4.6. Редагування префіксу мітки

Щоб прив'язати мітки вигляду до рамки вигляду креслення, виберіть **«Зависимость от рамки»**.

Розмежування рядка мітки вигляду за допомогою функції **«Использовать разделитель»**.

Редагувати текст мітки вигляду можна в полі **«Отображение»**. Щоб вставити масштаб вигляду або ідентифікатор вигляду в поле **«Отображение»** потрібно натиснути **«Вставить масштаб вида»** або **«Вставить идентификатор вида»**. Якщо необхідно, виберіть **«Редактировать метку вида»** у діалоговому вікні **«Редактирование текста»**.

Примітка: Властивості моделі для мітки вигляду. Властивості моделі ігноруються мітками ескізних виглядів.

Визначте, де буде розмічатися мітка вигляду – над або під виглядом креслення. Для установки видимості мітки натисніть **«Видимость метки»**.

Установіть параметр **«Отображение ребра для резьбы по умолчанию»** для відображення перетину й виглядів зверху. Виберіть спосіб розташування виглядів. Виберіть площину вигляду спереду.

Натисніть кнопку **«Сохранить»** для збереження стилю в поточному документі, а потім **«Готово»** для закриття діалогового вікна.

33.4.7. Редагування стилю анотації вигляду

Виберіть на стрічці вкладку «Управление» ► панель «Стили и стандарты» ► «Редактор стилей». У вікні «Редактор стилей и стандартов» відкрийте елемент «Аннотации вида». У списку виберіть стиль анотації вигляду.

На панелі «Стиль аннотации вида» виберіть кожен його тип, щоб далі редагувати налаштування. В області редагування встановіть параметри за замовчуванням для лінії анотації. Виберіть мініатюру, що визначає представлення в анотації. Виберіть «Показывать всю строку», щоб відобразити або сховати лінії перетину в головному вигляді. Виберіть «Проекционные линии», щоб відобразити або сховати проєкційні лінії для впорядкованого і неупорядкованого додаткового вигляду.

У вікні «Формат выноски» установіть налаштування виноски для мітки вигляду. Виберіть тип лінії на виносці зі списку. За допомогою налаштування «Тип ограничителя» задайте формат зображення стрілки на винесенні (обмежувача). Установіть напрямок і вирівнювання тексту мітки вигляду на винесенні.

У вікні «Тип ограничителя» установіть параметри обмежувача: довжину лінії винесення, вигляд і розміри стрілки.

У вікні «Текстовый стиль» виберіть стиль тексту мітки вигляду. Щоб змінити обраний стиль тексту, натисніть «Редактировать текстовый стиль».

За необхідності додайте примітку в поле «Примечание».

Натисніть кнопку «Сохранить» для збереження стилю в поточному документі, а потім «Готово» для закриття діалогового вікна.

Примітка: Ідентифікатор. Під час створення перетину, деталі або додаткового вигляду автоматично вибирається буквено-цифровий індекс Ідентифікатора з урахуванням виключення (I, O, Q, S, X і Z).


Розділ 34.

Створення базового й проєкційних виглядів


34.1. Створення основних виглядів і виглядів креслення з файлу моделі

34.1.1. Створення й редагування базового вигляду



Команда «**Базовый вид**» за замовчуванням вибирає останній активний документ моделі як джерела для його розміщення. Якщо останній активний документ моделі закритий, модель автоматично не вибирається.


Виберіть на стрічці вкладку «**Размещение видов**» ► панель «**Создать**» ► «**Базовый**» .

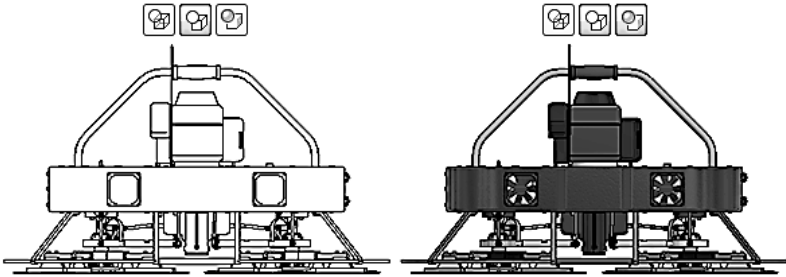
На вкладці «**Компонент**» у діалоговому вікні «**Вид чертежа**»:

Щоб указати модель, виберіть файл зі списку відкритих файлів або натисніть «**Открыть существующий файл**»  і виберіть файл моделі.

Залежно від типу файлу можна вибрати виглядове або, позиційне представлення, рівень деталізації, вигляд компонента з листового металу, групу зварних конструкцій або рознесений вигляд.

Задайте стиль вигляду. Виберіть потрібний варіант: «**С невидимыми линиями**» , «**С удалением невидимых линий**» .

Примітка: Параметр «**Тонированный**»  відображає кольори моделей у вигляді. На наступному малюнку показаний вигляд «**С удалением невидимых линий**» з виключеним і включеним параметром «**Тонированный**».

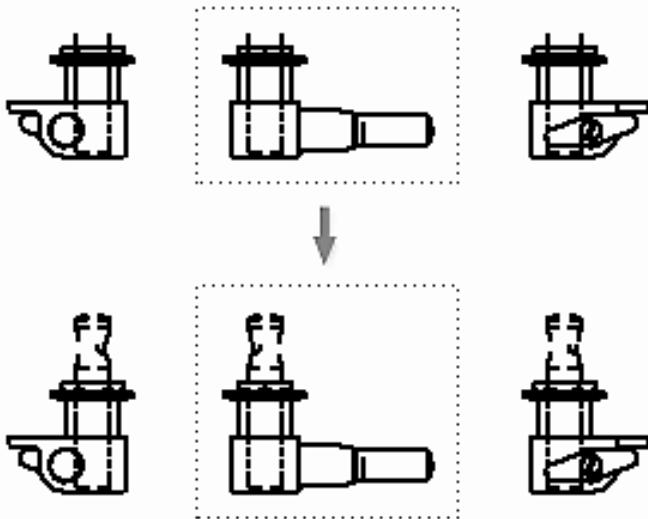


Включіть або виключіть видимість мітки вигляду на кресленні. Для того щоб змінити мітку, у діалоговому вікні «**Формат текста**», натисніть «**Редактировать метку вида**».

За необхідності змініть масштаб вигляду.

На вкладці «**Состояние модели**» залежно від типу моделі, виберіть елемент параметричного складання або параметричної деталі, стан зварної конструкції або задайте параметри допоміжної інформації.

Щоб збільшити розмір обмежуючої рамки вигляду, збільшіть значення «**Поле**».



На вкладці **«Параметры отображения»** задайте для вигляду потрібні параметри відображення. Наявність доступу до них залежить від типу файлу, використовуюваного для створення вигляду.

У графічній області:

Перемістіть базовий вигляд у відповідне розташування. За допомогою виглядового куба задайте орієнтацію моделі й тип проєкції.

Перетягніть кут границі базового вигляду, щоб змінити масштаб вигляду. За замовчуванням у межах діапазону масштабів, попередньо визначених у поточному стандартному стилі вигляду, виконується прив'язка розміру до попередньо заданих значень масштабу. Утримуйте натиснутою клавішу **«CTRL»**, щоб дозволити вільне перетягування, і задайте довільний масштаб вигляду. Під час зміни масштабу шляхом вільного перетягування значення масштабу відображається в діалоговому вікні **«Вид чертежа»** як дійсне число.

Натисніть стрілки на базовому вигляді, щоб розмістити проєкційні. Виберіть мітку **«X»** на проєкційному вигляді, щоб його вилучити.

Примітка: Під час редагування базового вигляду доступні такі самі параметри зміни вигляду.

34.1.2. Створення й редагування проєкційного вигляду


На основі головних виглядів, передусім, створюються проєкційні. За допомогою команди **«Проекционный вид»** можна створити ортогональний і ізометричний вигляди на основі базового.

На вкладці **«Параметры вида»** стандартного стилю можна перемикатися між першим і третім кутами. Зміна дійсна тільки в поточному кресленні. Щоб застосувати зміну до всіх креслень, необхідно зберегти налаштування в бібліотеці стилів. Усі інші креслення, у яких використовується такий стандарт, оновлюються під час зміни проєкції.

Викликавши команду один раз, можна створити декілька виглядів. Їхні проєкції вирівнюються з базовим виглядом і успадковують його масштаб і параметри відображення.

Аксонетричні проєкції не вирівнюються з базовим виглядом, вони створюються в масштабі батьківського вигляду, але не оновлюються під час зміни його масштабу.

У вікні попереднього перегляду орієнтація проєкційного вигляду відображає його зв'язки з батьківським.

На стрічці виберіть вкладку **«Размещение видов»** ► панель **«Создать»** ► **«Проекционный»** .

Виберіть батьківський вигляд для проектування. Перемістіть його зразок в потрібне положення та натисніть для його розміщення. Послідовно встановіть всі необхідні проєкційні вигляди.

Для виходу з режиму створення проєкційних виглядів натисніть правою кнопкою у контекстному меню виберіть пункт «Создать».

34.1.3. Створення виглядів креслень на основі файлу моделі

Створення креслення на основі моделі підтримується в наступних середовищах: деталь, складання звареної конструкції, складання, презентація, листовий метал і розгорнення. Також підтримуються параметричні ряди деталей і складань і файли елементів.

Під час створення креслення на основі моделі наступні властивості моделі заповнюються в базовому вигляді автоматично на основі інформації з файлу моделі:

- усі активні представлення (іменовані вигляди, позиційні представлення й представлення з рівнем деталізації) поточна камера, включаючи параметр «**Ортогональна/перспективна**»;

- активний елемент параметричної деталі або параметричного складання.

У файлі моделі виберіть бажаний спосіб організації моделі.

Виберіть правою кнопкою миші кореневий компонент в браузері та натисніть «Создать вид чертежа».

У діалоговому вікні «**Шаблон чертежа**» виберіть шаблон креслення для використання й натисніть кнопку «**ОК**».

Буде створено креслення й виконана команда «**Базовый вид**». Поточний стан моделі буде відображений у діалоговому вікні «**Вид чертежа**», і базовий вигляд буде розміщений на аркуші креслення.

За необхідності задайте властивості вигляду в діалоговому вікні «**Вид чертежа**».

Використовуйте інструменти безпосереднього редагування в графічному вікні, щоб упорядкувати вигляд або розмістити проєкційні вигляди.

Натисніть кнопку «**ОК**», щоб закрити діалогове вікно «**Вид чертежа**».

34.2. Робота з виглядами креслень

Можна редагувати вигляди, указувати спосіб їх відображення, а також створювати вигляди креслень ескізів і деталей з листового металу.

34.2.1. Редагування виглядів креслень

Можна змінити назву, масштаб, стиль відображення й деякі інші атрибути вигляду креслення.

Примітка: Якщо для масштабу або стилю встановлений прапорець «С **главного вида**», масштаб або стиль відображення не можна змінити для дочірнього вигляду.

Вигляд також можна вилучити або скопіювати і вставити в інший аркуш креслення. Під час видалення вигляду із залежними проєкційними виглядами перетину, виносними елементами або додатковими виглядами залежні також будуть вилучені.

У графічному вікні або у вікні браузера виберіть необхідний вигляд.

Виберіть правою кнопкою миші «**Редактировать вид**» з контекстного меню.

У діалоговому вікні «**Вид чертежа**» на вкладці «**Компонент**» змініть параметри, що відносяться до вихідної моделі, або кожної з наступних додаткових параметрів.



34.3. Відновлення виглядів і аркушів креслення

Якщо в креслення були внесені значні відновлення, то за замовчуванням вибирається «**Полное обновление**».

Якщо не потрібно, щоб відновлення ініціювалося автоматично, креслення можна вручну оновлювати в процесі роботи над ними. Коли файл повністю оновлений, команда «**Обновить**» затіюється.

На панелі інструментів швидкого доступу натисніть на стрілку біля команди «**Обновить**».

Виберіть відповідний параметр:

- для відновлення тільки активного аркуша виберіть «**Обновить**» );
- для відновлення всіх аркушів з урахуванням змін виберіть «**Обновить все листы**» );
- для відновлення поточного аркуша виберіть його в браузері й виберіть «**Обновить**».

34.4. Налаштування положення вигляду на аркуші

Щоб змінити положення одного або декількох виглядів у рамці вибору, можна виконати перетягування.

Якщо під час перетягування для вибору виглядів почати операцію в правому верхньому куті й продовжувати діагонально праворуч ліворуч, вибираються всі вигляди, що захоплюються рамкою вибору. У процесі перетягування діагонально ліворуч праворуч вибираються тільки ті вигляди, які повністю входять у вікно.

Можна, також, зберегти відносне положення мітки вигляду шляхом накладення залежностей до межі вигляду.

Якщо необхідно змінити положення кількох виглядів, перетягніть їх, щоб вибрати.

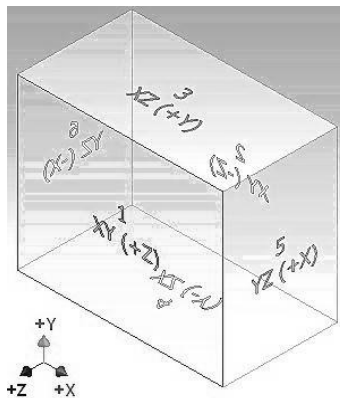
Натисніть і перетягніть червону рамку одного вигляду або рамку вибору.

Для збереження відносного положення мітки вигляду виберіть параметр «Зависимость для границы вида» на вкладці «Настройки вида» стандартної панелі в редакторі стилів і стандартів.

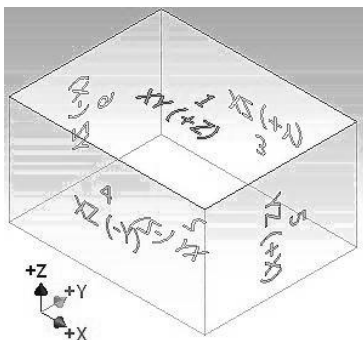
34.5. Перевизначення площин XY у площині XZ

Орієнтація вигляду (спереду, зверху, ліворуч, праворуч тощо), використовувана в IDW, вигляді Inventor View і 3D DWF, визначається наступними відповідностями.

Ізометричний вигляд за замовчуванням у шаблоні британської системи.



Ізометричний вигляд за замовчуванням у шаблоні метричної системи.



Відповідності фіксовані й не можуть бути змінені.

Таблиця опирається на вихідну поверхню деталей під час розташування вигляду креслення. Наприклад, XY (+Z) означає вигляд на площину XY з боку +Z.

Перевизначення ізометричного вигляду у файлі з розширенням IPT (або IAM – в Inventor) не впливає на відповідність.

Таблиця 1

Перевизначення ізометричних виглядів з британської системи в метричну

Вихідна папка у файлі IPT (і IAM Inventor Professional)	Орієнтація вигляду у файлі IDW, 3D DWF і Autodesk Inventorview
XY (+Z)	1 = спереду
XY (-Z)	2 = ззаду
XZ (+Y)	3 = зверху
XZ (-Y)	4 = знизу
YZ (+X)	5 = праворуч
YZ (-X)	6 = ліворуч

Якщо інструмент **ViewCube (Видовий куб)** не відображається, виберіть вкладку «Вид» ► панель «Окна» ► «Пользовательский интерфейс» і виберіть **ViewCube (Видовий куб)**. Використовуйте **ViewCube** для переорієнтації вигляду.

Натисніть правою кнопкою миші **ViewCube** і виберіть пункт «Установить текущий вид в качестве исходного».

34.6. Вирівнювання й поворот виглядів креслення

Зміна орієнтації залежного вигляду відповідно до базового.

Більшість залежних виглядів створюються шляхом вирівнювання з батьківським і успадковують орієнтацію вигляду. Вирівнювання або орієнтацію виглядів у кресленні можна змінити.

Вирівняний вигляд може переміщатися тільки в межах накладених обмежень. Під час переміщення головного вигляду вирівняний переміщується зі збереженням вирівнювання.

Похідні вигляди можуть бути вирівняні з головним чотирма основними способами.

Вертикальне вирівнювання – вигляди мають однакову координату X на початку координат. Вигляд, вирівняний вертикально, можна переміщати відносно батьківського тільки по осі Y .

Горизонтальне вирівнювання – вигляди мають однакову координату Y на початку координат. Вигляд, вирівняний горизонтально, можна переміщати відносно батьківського тільки по осі X .

Вирівнювання позиційно – вирівнювання здійснюється по осі або ребру, розташованим довільним образом. Наприклад, вигляди, побудовані прямокутним проєктуванням, вирівнюються позиційно. Тому в ході переміщення головного вигляду відповідним чином переміщуються й позиційно вирівняні з ним. Будь-які два на кресленні можуть бути позиційно вирівняні (після вирівнювання вигляду необхідно розірвати існуюче вирівнювання, а потім створити нове).

Розірвати вирівнювання. Вигляди без вирівнювання не мають залежностей щодо іншого вигляду, їх можна вільно переміщати аркушем креслення, але вони не переміщуються автоматично в процесі переміщення батьківського вигляду.

Можна побудувати обране ребро вертикально чи горизонтально або повернути вигляд, указавши значення кута. Не можна повернути вигляд із залежним перетином або додатковим виглядом.

За замовчуванням батьківський і його дочірні вигляди зберігають однакову орієнтацію. У разі повороту батьківського вигляду можна зберегти або скасувати вирівнювання залежних виглядів. При повороті дочірнього його орієнтація стає незалежною від батьківського вигляду.

Під час повороту виглядів зберігається їхній зв'язок з пояснювальними елементами.

Вирівнювання вигляду креслення

Вирівнювання можна додавати, видаляти або змінювати. Якщо вигляд уже вирівняний відносно іншого, то перш ніж додати нове вирівнювання, необхідно скасувати існуюче.

Виберіть вигляд. Натисніть праву кнопку миші й виберіть пункт **«Выравнивание»**.

Для додавання вирівнювання виберіть **«Горизонтально»**, **«Вертикально»** або **«Позиционно»**. Потім натисніть батьківський вигляд, відносно якого потрібно зробити вирівнювання.

Для видалення вирівнювання виберіть **«Разорвать»**.

Щоб додати інше вирівнювання, потрібно спочатку вилучити існуюче.

34.7. Поворот вигляду креслення

Для повороту вигляду креслення виберіть ребро моделі й поверніть його на зазначений кут у вертикальне або горизонтальне положення. Не можна повернути вигляд із залежним перетином або додатковим виглядом.

Під час повороту на зазначений кут за допомогою параметра **«Абсолютный угол»** вигляд буде повертатися відносно системи координат аркуша. За допомогою параметра **«Относительный угол»** він повертатиметься під зазначеним кутом відповідно до поточної орієнтації вигляду.

За замовчуванням батьківський і його дочірні вигляди зберігають однакову орієнтацію. Під час повороту батьківського вигляду можна зберегти або скасувати вирівнювання залежних. При повороті дочірнього його орієнтація стає незалежною від батьківського вигляду.

Правою кнопкою миші виберіть вигляд, який необхідно повернути, і виберіть **«Повернуть»**.

У діалоговому вікні **«Поворот вида»** укажіть спосіб повороту – відповідно до ребра або кута:

Щоб повернути вигляд відповідно до ребра, виберіть пункт **«Ребро»** у списку **«Поворот вида по»**, виберіть ребро на вигляді креслення. Або виберіть параметр **«Горизонтально»** або **«Вертикально»**, щоб побудувати обране ребро горизонтально або вертикально.

Щоб повернути вигляд відповідно до кута, виберіть пункт **«Абсолютный угол»** або **«Относительный угол»** у списку **«Поворот вида по»**. Потім введіть значення кута, на яке необхідно повернути обраний вигляд, і виберіть напрямом, у якому потрібно виконати поворот.

Укажіть необхідність повороту залежних виглядів:

Виберіть **«Поворот вида»**, щоб повернути тільки обраний і призначити дочірнім виглядам збереження вихідної орієнтації.

Виберіть «**Поворот камери**» для застосування орієнтації до всіх залежних виглядів.

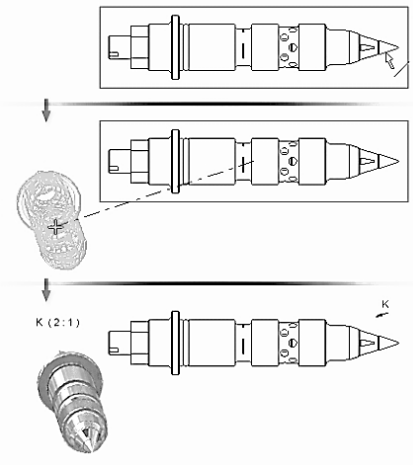
34.8. Вирівнювання додаткового вигляду

Правою кнопкою миші виберіть додатковий вигляд, потім «**Вирівняйте дополнительные виды**».

Виберіть ребро моделі в батьківському вигляді й вставте новий додатковий вигляд. Перемістіть зразок в потрібне положення й натисніть для його розміщення. Для завершення натисніть у графічному вікні.




34.9. Створення й редагування додаткового вигляду

Додатковий створюється шляхом проєктування обраної грані або відрізка на батьківський вигляд. Він вирівнюється тільки перпендикулярно або паралельно обраній грані або відрізку. Для його створення на основі лінії проєктування, що не входить у геометрію вигляду, виберіть команду «**Сечение**». Стиль за замовчуванням для анотацій до додаткового вигляду встановлюється в редакторі стилів і стандартів.



Виберіть на стрічці вкладку «Размещение видов» ► панель «Создать» ► «Дополнительный» .

Виберіть вихідний вигляд на кресленні. У діалоговому вікні «Дополнительный вид» зазначте масштаб, стиль відображення й мітку вигляду або прийміть поточні налаштування. Натисніть значок, щоб задати стиль відображення для вигляду:

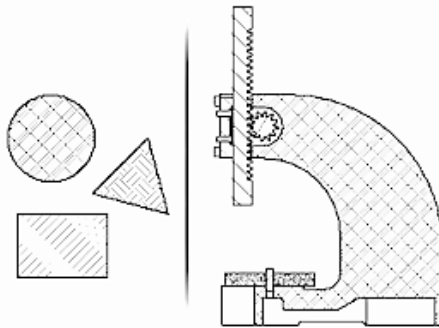
-  відображення схованих ліній;
-  видалення схованих ліній;
-  завдання візуалізації із затіненням.

Виберіть грань або відрізок, відносно якого створюється проєкція вигляду.

Перемістіть зразок вигляду в обрану позицію й натисніть, щоб його розмістити. Можна також натиснути кнопку «ОК» у діалоговому вікні «Дополнительный вид».

34.10. Робота зі зразками штрихувань

Ви можете редагувати стиль штрихування, встановлювати кути повороту за замовчуванням, встановлювати відповідність матеріалів зразкам штрихування, пропускати штрихування навколо анотацій.



Штрихуванням на кресленнях керують стандарт і стиль штрихування.

Стилі штрихування визначають такі параметри штрихування як зразок і масштаб. Під час редагування стилю штрихування всі, що використовують цей стиль існуючі заштриховані об'єкти змінюються (зберігаються тільки перевизначення).

Стиль штрихування призначається об'єкту «Штриховка сечения» і об'єкту «Штриховка эскиза» в «Типовых характеристиках объектов». Стиль штрихування потім використовується у процесі створення вигляду розрізу або штрихування ескізу.

Стандарт визначає стандартні зразки штрихування й стандартні значення для кута штрихування перетинів. Обидві ці властивості відповідають за штрихування перетинів і інших типів розрізів.

Порада: Зміни параметрів стилю поширюються тільки на поточний документ. Щоб поточний стиль був доступний для інших документів, варто зберегти його в бібліотеці стилів.

34.10.1. Зміна стилю штрихування

Редагування стилю штрихування для завдання параметрів штрихування за замовчуванням для штрихувань перетинів і ескізів.

Виберіть вкладку «Управление» ► панель «Стили и стандарты» ► «Редактор стилей», щоб відкрити редактор стилів і стандартів.

У списку стилів розгорніть елемент «Штриховка», а потім виберіть один з перерахованих стилів.

Порада: Щоб створити стиль штрихування, натисніть на «Создание» і визначите назву нового стилю.

На панелі «Стиль штриховки», зазначте параметри штрихування. Виберіть зразок зі списку «Образец». Установіть для зразка кут, масштаб і зсув. Для створення копії штрихування з поворотом на 90° виберіть «Двойная». За необхідності додайте пояснення.

Щоб додати зразок штрихування в список. Зі списку зразків виберіть «Другой». Щоб додати зразок штрихування в список зразків, у діалоговому вікні «Выбрать образец штриховки» виберіть у якості зразка штрихування «Предложенный». Виберіть зразок штрихування для використання його в якості зразка за замовчуванням у стилі штрихування. Натисніть кнопку «ОК», щоб закрити діалогове вікно «Выбрать образец штриховки».

Щоб завантажити зразки штрихування із зовнішнього файлу РАТ, із списку зразків виберіть «Другой». У діалоговому вікні «Выбрать образец штриховки» натисніть «Загрузить». У діалоговому вікні «Загрузить образец штриховки» натисніть кнопку «Обзор папок» для відображення діалогового вікна «Выберите файл образца штриховки». У діалоговому вікні «Выберите файл образца штриховки» знайдіть файл РАТ, виберіть його й натисніть «Открыть». У діалоговому вікні «Загрузить образцы штриховки» відображаються допустимі зразки штрихування з обраного файлу РАТ.

Виберіть для завантаження один або кілька зразків штрихування й натисніть «ОК».

У діалоговому вікні «**Виберите файл образца штриховки**» виберіть «**Предложенные**» для зразків штрихування, які необхідно додати в список зразків діалогових вікон, що відносяться до штрихування.

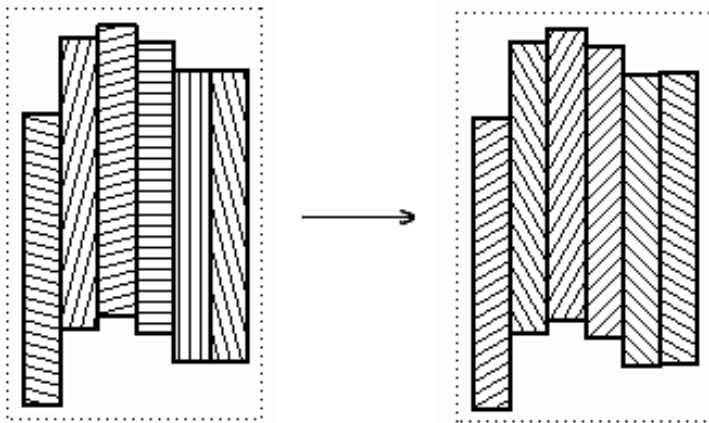
Виберіть зразок штрихування для використання його у якості зразка за замовчуванням у стилі штрихування.

Натисніть кнопку «ОК», щоб закрити діалогове вікно «**Выбрать образец штриховки**».

Натисніть кнопку «**Сохранить**» для збереження змін у поточному документі, а потім «**Готово**» для закриття діалогового вікна.

Примітка: Щоб використовувати стиль штрихування за замовчуванням, у параметрах об'єкта за замовчуванням призначте стиль штрихування типу об'єкта «**Штриховка сечений**» або «**Штриховка эскизов**».

34.10.2. Установка кутів повороту за замовчуванням для зразків штрихування в перетинах



Кути штрихування перетинів за замовчуванням для розрізів задаються на вкладці «**Общие**» панелі стилю «**Стандарт**». Остаточний поворот штрихування для розрізів включає кут штрихування перетину за замовчуванням і кут повороту, визначений у стилі штрихування.

Примітка: Кути повороту штрихування за замовчуванням застосовуються в ході створення перетинів. Під час зміни установок за замовчуванням, в існуючих перетинах кут повороту штрихування зберігається як перевизначення властивості.

Виберіть вкладку **«Управление»** ► панель **«Стили и стандарты»** ► **«Редактор стилей»**, щоб відкрити редактор стилів і стандартів.

У списку стилів розгорніть елемент **«Штриховка»**, а потім натисніть на один з перерахованих стилів штрихування.

На вкладці **«Общие»** вікно **«Стандарт»** зі списку **«Стандартные значения»** виберіть **«Угол штриховки сечений»**.

Відредагуйте список кутів повороту. Для додавання в список нового кута повороту натисніть **«Создать»**. Для видалення кута повороту зі списку натисніть **«Удалить»**.

Примітка: Кути в списку **«Стандартные значения»** задаються в кутових градусах. Для визначення одиниці виміру в діалоговому вікні **«Добавить новый угол штриховки сечений»** можна визначити градуси або радіани. Значення в радіанах автоматично переводяться в градуси після натискання в діалоговому вікні **«Добавить новый угол штриховки сечений»** кнопки **«ОК»** або **«Применить»**.

Для збереження змін необхідно натиснути **«Сохранить»**, щоб закрити Редактор стилів і стандартів необхідно натиснути **«Завершить»**.

Установка відповідності матеріалів зразкам штрихування.

Відповідність матеріалу й зразка штрихування визначає зразки штрихування для розрізів. Якщо для матеріалу зразок штрихування не визначений, використовується зразок штрихування з цього стилю штрихування.

Виберіть вкладку **«Управление»** ► панель **«Стили и стандарты»** ► **«Редактор стилей»**, щоб відкрити редактор стилів і стандартів.

У списку стилів розгорніть елемент **«Стандарт»**, а потім виберіть один з перерахованих стандартів.

Перейдіть на вкладку **«Стандартные образцы штриховки»** у вікні **«Стандарт»**.

У списку **«Зразок штрихування за замовчуванням»** виберіть зразок за замовчуванням для нового матеріалу.

Створіть список матеріалів у таблиці відповідностей, виконавши наступні дії.

Виконайте імпорт матеріалів з файлів деталей (натисніть **«Из файла...»**) або з бібліотеки матеріалів (натисніть **«Из библиотеки»**).

Порада: Змініть стиль штрихування за замовчуванням таким чином, щоб він відповідав бажаному стилю для імпортованих матеріалів.

Додайте матеріали вручну натиснувши останній рядок таблиці та введіть назву матеріалу. Щоб змінити назву матеріалу, виберіть відповідний рядок і введіть нову назву. Щоб видалити матеріал з таблиці відповідностей, виберіть матеріал, натисніть правою кнопкою миші у вікні й виберіть пункт «Удалить».

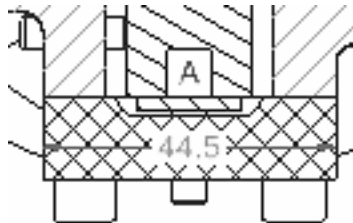
Установіть відповідність матеріалів і зразків штрихування, виконавши наступні дії.

Щоб змінити відповідність для матеріалу, натисніть «**Образец штриховки**» і виберіть новий зразок штрихування зі списку.

Щоб одночасно змінити відповідність для декількох матеріалів, необхідно використовувати клавіші «Ctrl» або «Shift». Після цього натиснути на полі «**Образец штриховки**», що відповідає одному з обраних матеріалів, і вибрати зі списку новий зразок штрихування.

Натиснути кнопку «**Сохранить**» для збереження змін у поточному документі, а потім «**Готово**» для закриття діалогового вікна.

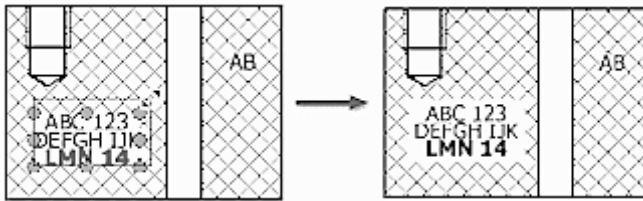
34.10.3. Пропуск штрихування навколо анотацій



Щоб пропустити штрихування навколо анотацій для перетинів, на вкладці «**Чертеж**» діалогового вікна «**Параметры процесса моделирования**» виберіть варіант «**Подрезка обозначений**».

Зауваження: Щоб включити функцію підрізування навколо користувацьких символів, виберіть для окремих екземплярів символів параметр «**Подрезка обозначений**».

Підрізування перехресного штрихування не підтримується для позначень ділянок бази й ізометричних виглядів.



34.11. Вигляди перетину

Опис налаштування вигляду перетину, порядку накладення залежностей і вирівнювання виглядів, а також керування їхнім представленням.

Щоб створити вигляд перетину, можна провести відрізок, який визначає місце розрізу для перетину, або можна задати відрізок на ескізі креслення, пов'язаного з батьківським виглядом.

Лінія розрізу вигляду визначає їх типи, які проєктуються на її основі. Залежно від того, як проведена лінія перетину, задається тип розрізу або область місцевого вигляду.

Довжину лінії розрізу задає довжина перетину. Лінія перетину, що проходить через вигляд моделі лише частково, створює місцевий розріз.

Якщо лінія перетину проведена за межами базового, вона задає площину для побудови додаткового вигляду.

Під час створення дочірнього (залежного) вигляду атрибути перетину батьківського копіюються в дочірній вигляд, однак вони не є зв'язаними. Зміни атрибутів перетину на батьківський вигляд не відображаються на дочірньому. Аналогічно, зміни атрибутів розрізу залежного вигляду не будуть впливати на головний.

Налаштування перетину й видимості копіюються в проєкційні вигляди. Усі вони забезпечують незалежне керування налаштуваннями перетину й видимості. Ці параметри будуть змінюватися на виглядах лише під час зміни параметрів вмісту. Результат виконання команди «**Местный вырыв**» також залежить від параметрів перетину й видимості вигляду.

Для відображення попереднього перегляду перетину без обрізки встановіть прапорець «**Просмотр пересечения без обрезки**» на вкладці «**Чертеж**» діалогового вікна «**Параметры приложения**». Це дозволяє керувати попереднім переглядом моделі й підвищити продуктивність під час перегляду виглядів перетину.

34.11.1. Накладення залежностей і вирівнювання виглядів перетину

Під час побудови лінії перетину на неї накладаються залежності відносно конструктивних елементів і граней. Якщо в момент вказування точки на рисунку відображається лінія залежності, відбувається автоматичне накладення залежності.

Після проведення лінії перетину в графічному вікні відображається попередній перегляд виглядів. Їхні варіанти змінюються з переміщенням курсору. Після того як вигляд установлений, його можна перемістити тільки в межах, заданих проєкційною лінією.

Примітка: Січну площину можна провести через будь-яку лінію ескізу креслення, що лежить в основі вигляду.

Вигляд, обумовлений лінією перетину вигляду, зазвичай вирівнюється з батьківським. Його переміщення можливе у визначених межах. Під час видалення зв'язку з головним виглядом розріз можна вільно переміщати в будь-яку позицію креслення. Лінія перетину із стрілками й позначенням розрізу відображається на базовому вигляді.

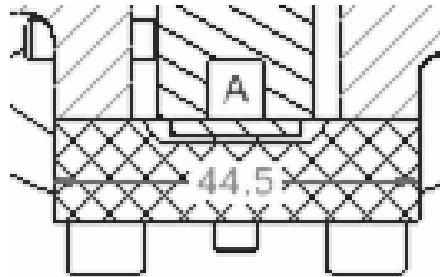
Положення точок і відрізків лінії перетину, на які автоматично накладені геометричні залежності, можна змінити, якщо попередньо відредагувати ескіз, вилучивши залежності.

34.11.2. Штрихування у виглядах перетинів

Зразки штрихування автоматично застосовуються до перетинів під час їхнього створення. Активний стиль штрихування визначає зразок, масштаб, зрушення й інші атрибути штрихування.

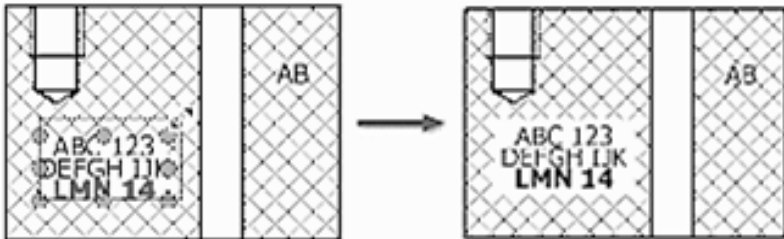
Якщо в перетині розрізається кілька деталей, то визначений кут штрихування застосовується до кожного штрихування перетину. Кути штрихування перетину, задані за замовчуванням, вказуються як стандартні значення на вкладці «Общие» панелі стандартного стилю. Остаточний кут повороту обраного штрихування для виглядів з розрізом також враховує кут повороту, заданий у стилі штрихування.

Примітка: Значення кута повороту штрихування за замовчуванням застосовується під час створення виглядів перетину. Якщо стандартні налаштування змінюються, то кут повороту штрихування зберігається в існуючих перетинах як превизначення для об'єкта.



Щоб пропустити штрихування навколо анотацій для перетинів, на вкладці «Чертеж» діалогового вікна «Параметры процесса моделирования» виберіть варіант «Подрезка перекрестной штриховки».

Щоб включити функцію підрізування навколо користувацьких символів, виберіть для окремих екземплярів символів параметр «Подрезка обозначений». Підрізування перехресного штрихування не підтримується для позначень ділянок бази й ізометричних виглядів.



34.11.3. Створення й редагування перетину

Керування вирівнюванням і глибиною перетину, а також включення операції різіу.

Лінію перетину, що визначає положення січної площини, можна провести в процесі побудови розрізу або використовувати ескізні побудови. Можна змінити глибину існуючого перетину, а також використовувати або не використовувати операцію «Срез» у вигляді.

Під час створення перетинів схем з лініями складання лінія складання відображається на вигляді креслення. За необхідності натисніть правою кнопкою миші вигляд або одну направляючу й виберіть у контекстному меню пункт «Показ.напр.сборки».

У процесі створення ескізу багатосегментної лінії перетину або під час вибору утримуючого ескізного вигляду можна вказати метод створення перетину.

За допомогою методу перетину «**С проекцией**» створюється проєкційний вигляд з ескізної лінії. Цей параметр установлений за замовчуванням, якщо всі сегменти розташовано під кутом 90° .


За допомогою методу перетину «**Параллельный**» створюється перетин, перпендикулярний лінії проєктування. Лінії розрізу тіла не відображаються на отриманому вигляді. Параметр «**Параллельный**» недоступний для дочірнього (залежного) вигляду. Він доступний тільки за встановленого прапорця «**Включить срез**».

34.11.4. Створення перетину, визначеного геометрією ескізу або вирівняним виглядом

Для перетину з вирівнюванням під час створення ескізу багатосегментної лінії перетину або вибору утримуючого її ескізного вигляду можна вказати метод створення перетину (із проєкцією або паралельний). Якщо один або кілька кутів сегмента не є перпендикулярними, методом за замовчуванням є «**С выравниванием**». Якщо всі кути сегмента точно дорівнюють 90° , методом за замовчуванням є «**Проекционный**».

У якості січної лінії можна використовувати невикористаний ескіз моделі.

Виберіть вихідний вигляд на кресленні.

Виберіть на стрічці вкладку «**Размещение видов**» ► панель «**Создать**» ► «**Сечение**» .

Виберіть лінію перетину, побудовану в середовищі ескізування.

Задайте представлення вигляду в діалоговому вікні «**Сечение**». Для перетину, визначеного геометрією ескізу, відредагуйте ідентифікатор вигляду й виберіть масштаб. Натисніть «**Видимость меток**», щоб змінити налаштування видимості мітки. Виберіть пункт «**Редактировать метку вида**», щоб змінити мітку вигляду в діалоговому вікні «**Форматирование текста**». Задайте стиль відображення й глибину перетину для вигляду. Виберіть метод створення перетину (із проєкцією або паралельний). Виберіть ребра, щоб відобразити рівні або ломані лінії перетину в перетині.

Для перетину з вирівнюванням укажіть мітку, масштаб, стиль відображення й глибину перетину вигляду.

В області «**Метод**» укажіть кращий метод проектування, виберіть перетин, натисніть правою кнопкою миші й виберіть «**Редактирование свойств сечения**».

Перемістіть зразок вигляду в потрібне положення й натисніть для його розміщення. Вигляд переміщується тільки в напрямках, які вказуються проєкційною лінією.

Розділ 35.

Побудова моделі і креслення навчальної деталі

Виберемо деталь середньої складності з третього завдання. Деталь повинна мати елементарні об'єми різної форми, щоб була симетрія, взаємний перетин, внутрішні порожнини і отвори, які не попадають в типову січну площину. Завдання на побудову такої деталі показано на рисунку.

Перш ніж приступати до побудови чи до створення нової деталі потрібно проаналізувати яку форму вона має, якими поверхнями буде присднуватися до суміжних деталей, які поверхні будуть забезпечувати потрібне функціонування, яка має бути у них форма і вимоги до неї тощо.

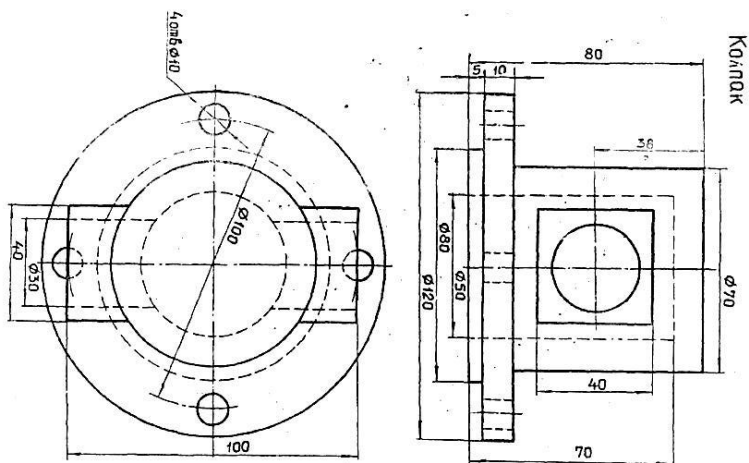


Рис. 35.1. Завдання на побудову моделі

35.1. Аналіз форми деталі

Оскільки цей варіант навчальний, будемо аналізувати форму з точки зору побудови моделі. Inventor, як і всі продукти Autodesk дозволяє розв'язувати задачі різними способами.

Перший спосіб: вибираємо робочу площину XY. Будуємо коло $\varnothing 80$ мм. Приймаємо ескіз. Видавлюємо на висоту 5 мм. Тиснемо на верхній основі, вибираємо будувати ескіз, будуємо на центрі коло $\varnothing 120$ мм. Приймаємо ескіз. Видавлюємо його на висоту 10 мм. На верхній основі цього циліндра будуємо ескіз – коло $\varnothing 70$ мм на висоту 65 мм. У браузері в розділі «Начало» вибираємо «Плоскість XZ». Тиснемо на ній і вибираємо кнопку «Создать эскиз». У нижній панелі вибираємо «Разрезать модель (F7)». На робочій площині будуємо квадрат зі стороною 40 мм, наносимо розмір від верхньої основи – 38 мм, потім вирівнюємо середину квадрата відносно вертикальної осі «Вертикальність». Приймаємо ескіз і видавлюємо в протилежні сторони від робочої площини установивши об'єднання. Залишилося видавити від нижньої основи вгору циліндр $\varnothing 50$ з відніманням і чотири отвори $\varnothing 10$. На основі призми будуємо циліндр $\varnothing 30$ і видавлюємо з відніманням.

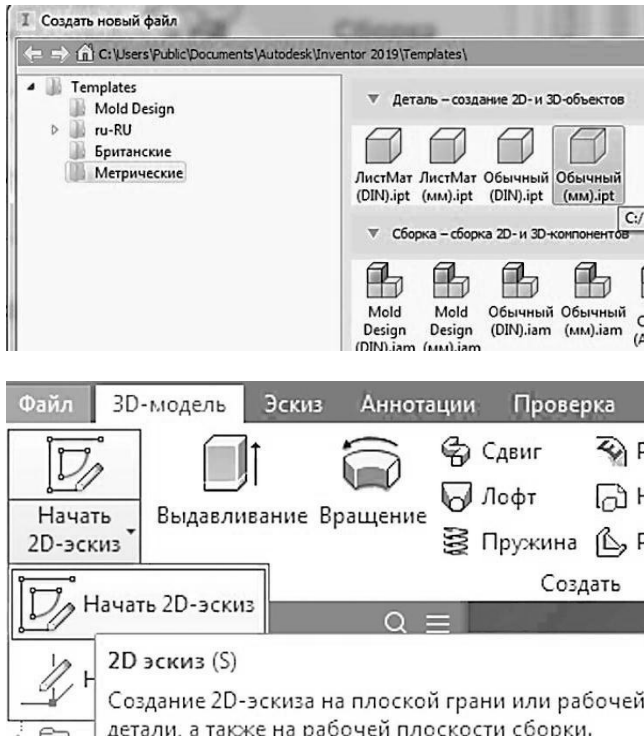
Другий спосіб: вибираємо робочу площину XZ і на ній будуємо ескіз половини вертикального перерізу без внутрішнього циліндра, вказуємо вісь, яка співпадає з віссю Z. Приймаємо ескіз і виконуємо обертання. Аналогічно вибираємо «Плоскість XZ» і будуємо призму. Залишилось вирізати всі отвори.

Третій спосіб: на робочій площині будуємо повний профіль для обертання і обертаємо, але призму будуємо на робочій площині, яка створена на відстані від площини XZ на відстані 50 мм і видавлюємо «до» поверхні внутрішнього циліндра, а далі дзеркальна копія. Створюємо ескіз на фланцю з чотирьох точок на квадрантах кола $\varnothing 100$ і створюємо чотири кола $\varnothing 10$.

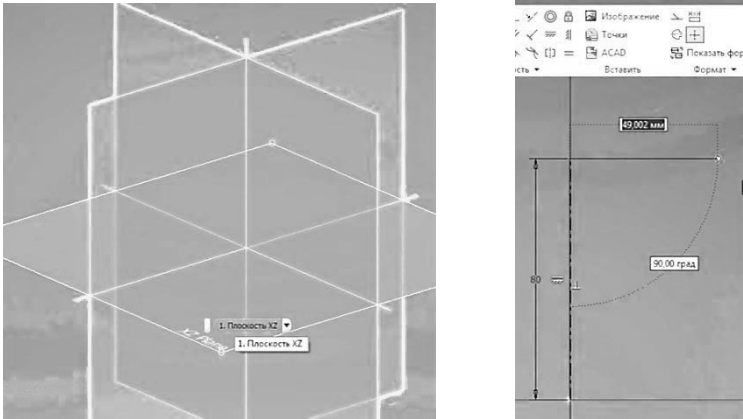
Усі три способи реально виконати і кожен вибирає, який йому зручніший або такий, який надає певні зручності під час подальшої побудови чи складання.

Ми детально будемо використовувати третій спосіб, щоб продемонструвати більше можливостей Inventor.

35.2. Приклад виконання завдання 3 «Створення моделі і креслення за нею»



Якщо починаєте працювати з Inventor чи не певні, який шаблон за замовчуванням він використовує, то потрібно починати з вкладки «Начало работы» > «Создать». Вибирате «Деталь» > «Обычный (мм)», відкривається робочий простір побудови ескізів. Вибирате інструмент «Построение 2D-эскиза», з'являються три базових робочих площини. Для нашого варіанту побудови потрібна вертикальна XZ, тиснемо лівою кнопкою на ній і вона розгортається на весь екран. Для Inventor вибір стартової робочої площини, яка визначає орієнтацію моделі, не має принципового значення. За необхідності, її завжди можна поміняти на потрібну.



Побудову бажано починати з початку координат, точки $(0,0,0)$, це надає певні зручності, особливо, якщо через неї провести вісь симетрії. З точки початку координат $(0,0)$ проводимо вертикальний відрізок (команда «**Отрезок**»). Нам потрібно, щоб цей відрізок став осью лінійю, відносно якої ми будемо у подальшому створювати перший об'єм шляхом обертання. Активуємо команду «**Осевая линия**». Наводимо курсор на точку $(0,0)$, вона підсвічується зеленим кольором, так сигналізує про прив'язку до точки і ведемо вгору по осі, ліворуч з'являється залите синім кольором віконечко з поточним значенням розміру відрізка, вводимо 80 мм і відрізок стає довжиною 80 мм і, саме цікаве, осью (штрихпунктирною) лінійю. Далі потрібно зняти активацію команди «**Осевая линия**», натиснувши лівою клавішею на її кнопку, інакше Inventor буде продовжувати будувати осеві лінії.

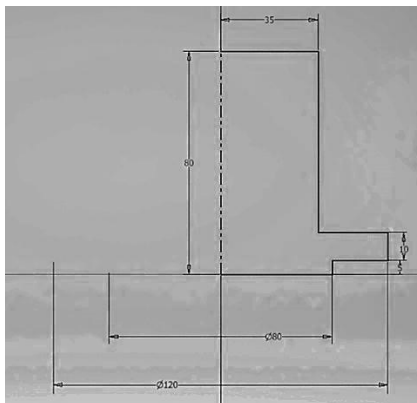
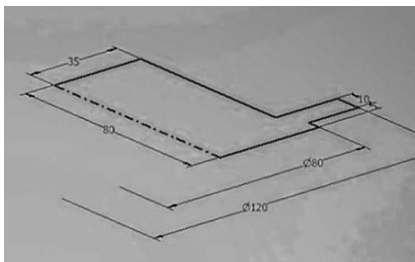
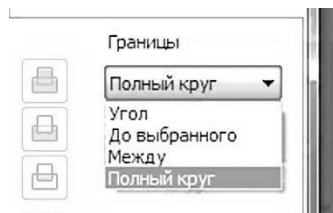
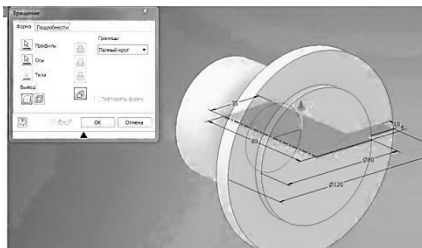


Рис. 35.2. Побудова профіля для обертання

Продовжимо побудову відрізка праворуч від осі (верхня основа). Ми можемо будувати, ескізно, приблизний напрямок і за наближеними розмірами, а потім, вказавши правильні розміри і відповідні залежності задати точну форму і розміри профілю. Але, оскільки програма надає можливості створення за точними напрямками, вказуванням точного кута до попереднього відрізка і точну довжину відрізка, то, виявляється так набагато зручніше. Відкладемо довжину горизонтального відрізка – 35 мм і погодимося з кутом (якщо кут не 90° , то рухаючи курсор вверх-вниз в зоні $\cong 90^\circ$ до встановлення перпендикулярності). Далі будемо будувати тільки взаємно перпендикулярні відрізки, створюючи профіль приблизної форми, а розміри нанесемо після з'єднання з першою точкою (замкнемо контур профілю). У цьому є певний сенс. Справа у тому, що задаючи розміри від осі до вертикальних твірних, ми задаємо діаметри, які вони будуть описувати під час обертання. Це має певне змістовне і практичне значення тому, що під час автоматичного нанесення розмірів, на створеному з моделі кресленні, Inventor буде наносити діаметри.

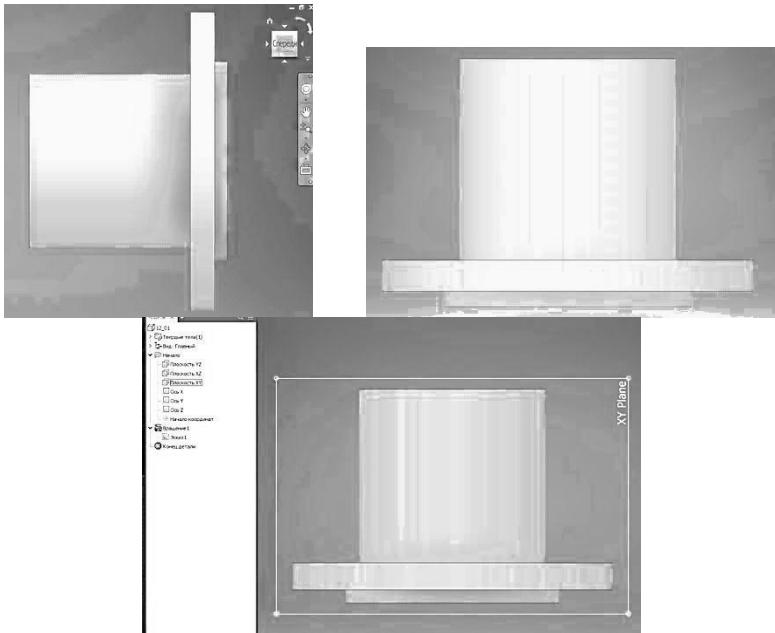


Після нанесення останнього розміру профіль стає повністю темносиній, що свідчить про те, що наш профіль (ескіз) повністю визначений. Тиснемо ескіз правою кнопкою миші і вибираємо «**Принять 2D-эскиз**» – робоча площина приймає положення для створення моделі.




Переходимо на вкладку «Создать» > «Вращение» і наш профіль перетворюється в модель обертання і відкривається вікно створення моделі, у якому потрібно вказати параметри моделі. У нас профіль один і ми заздалегідь визначили вісь, за замовчуванням створюється повне обертання (Полный круг), то нам нічого змінювати не потрібно. За необхідності можна було б вказати кут в градусах, «До **выбранного**» ребра чи «**Между**» об'єктами.

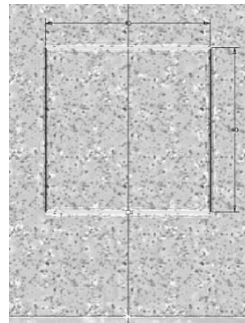
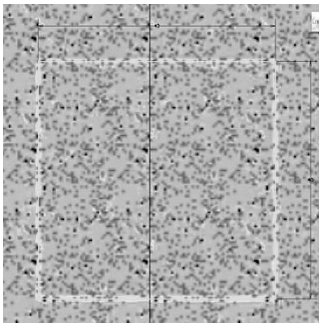
Перший елементарний об'єм побудований. Тиснемо на виглядовому кубі – «Спереди» і деталь приймає вигляд спереду, але він нас не влаштовує. Нам потрібно, щоб вісь циліндрів була вертикальною. Наводимо на виглядовий куб курсор і навколо нього з'являються стрілочки маніпуляцій. Тиснемо на дугову праворуч і модель повертається на 90°.




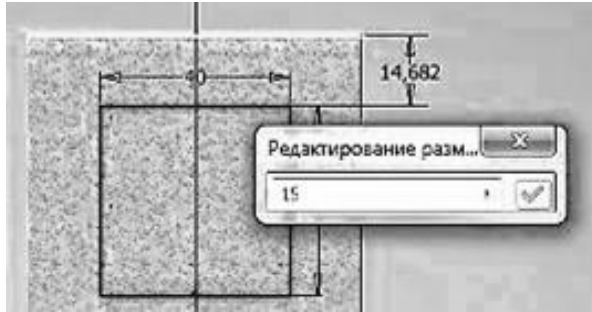
Це якраз те, що нам потрібно. Установлюємо його, як вигляд «Спереди», для цього тиснемо правою кнопкою миші на виглядовий куб і в контекстному меню вибираємо «Установить текущий вид» > «Спереди».



Переходимо в браузер – «Начало» – «Плоскость XY». Нам потрібно побудувати квадратну призму 40x40 мм перпендикулярно до вертикальної осі. Тому ми вибрали площину XY, яка проходить через потрібну вісь. Лівою клавішею вибираємо іконку «Создать Эскиз». Але робоча площина закрита деталлю і будувати ескіз незручно. Inventor пропонує розрізати тіло і відкинути ту частину моделі, яка закриває робочу площину. Внизу екрана з'явився значок січної площини . Натискаємо на іконку і тіло розрізається відкриваючи робочу площину. Вибираємо інструмент «Прямоугольник» і будуємо прямокутник зі сторонами 40 мм. Вказуємо точку внизу ліворуч і тягнемо праворуч вгору. З правої сторони і вгору з'являються реальні його розміри в зафарбованих прямокутних віконцях. З них праве синє активне. Набираємо 40, колір міняється і залишається тільки 40.

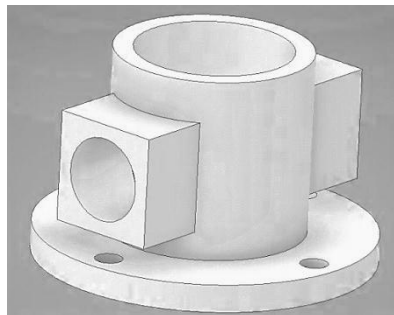
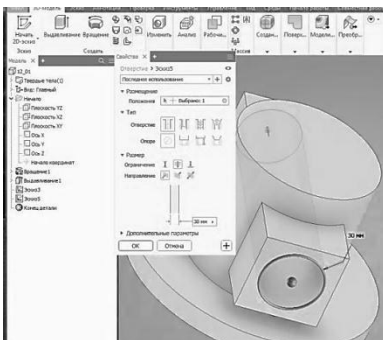


Натискаємо клавішу «ТАВ» і переходимо до зміни другого розміру. Натискаємо на «ENTER» і отримуємо квадрат з розмірами 40x40 мм. Але він розташований не точно. Ця проблема легко вирішується нанесенням відповідних розмірів. Але можна обійтися тільки одним розміром і нанесенням залежності горизонтальності .



Натискаємо на інструмент «**Зависимость горизонтальности**» і підводимо курсор до середини нижньої сторони квадрата. З'являється зелена точка маркера (зелене коло) середини нижньої сторони квадрата. Тиснемо на ній, а потім підводимо курсор до середини нижньої основи моделі (жовтий маркер) і тиснемо на ньому. Квадрат переміщується на вісь своєю серединою (симетрично). Нам залишилося нанести розмір відстані верхньої основи квадрата від верхньої основи моделі. Натискаємо на інструмент «**Размеры**», вказуємо на верхню основу квадрата і тягнемо до верхньої основи моделі, тиснемо на ній і тягнемо праворуч. З'являється реальний розмір, тиснемо на ньому і в вікні редагування розміру вводимо потрібну величину – 15 мм. Натискаємо «**ОК**». Усі лінії ескізу – темно-сині. Це свідчить про те, що ескіз повністю визначений. Приймаємо ескіз і переходимо до моделювання. Відкриваємо вкладку 3D-model.

Вибираємо «**Выдавливание**» квадрат підсвічується, оскільки він один, то у вікні вносимо відстань видавлювання – 110 мм, а напрямки видавлювання в обидві сторони. За замовчуванням вибране «**Объединение**» – погоджуємось. Натискаємо «**ОК**».



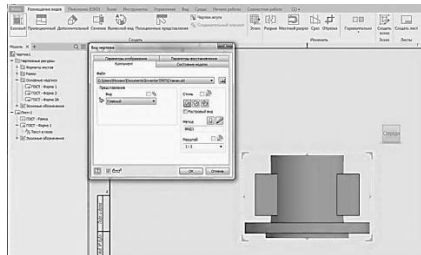
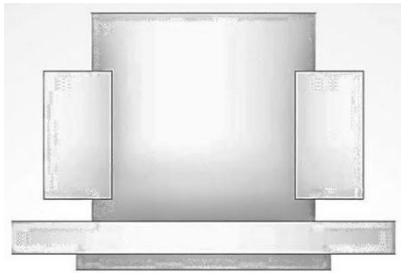
Таким чином ми доповнили модель призмою. Залишилося створити отвори. Для їх створення необхідно створити ескіз з їхнім центром. У якості центра поставимо точку. Тиснемо лівою клавішею на основі призми. Створюємо ескіз. Вибираємо інструмент «Точка». Підводимо курсор до лівої сторони, підсвічується середина. Тягнемо до появи вертикальної штрихової лінії, яка вказує на середину верхньої сторони і підсвічує центр. Приймаємо ескіз. Переходимо на стрічку 3D-model і вибираємо інструмент «Отверстие». У вікні вибираємо простий отвір, наскрізний. Вказуємо діаметр – 30 мм. Активізуємо положення і вказуємо на точку. У моделі з'являється демонстрація отвору. Натискаємо ОК.

Побудуємо чотири отвори на фланцю. На виглядовому кубі вибираємо «Снизу». Тиснемо фланць і будуємо ескіз. Спочатку коло діаметром 100 мм, а потім чотири точки в квадрантах цього кола. Видаляємо коло і приймаємо ескіз. За точками будуємо чотири отвори. Центральний отвір просто видавимо на глибину 70 мм і віднімемо. Модель готова. Установлюємо вигляд спереду і зберігаємо.

Розділ 36.

Створення креслення за моделлю в inventor

Як показує практика, створювати креслення за моделлю зручніше в AutoCAD. Багато хто так і працює. Але для цього потрібно мати і Inventor, і AutoCAD. Проте креслення за моделлю можна створювати і в Inventor без особливих складнощів. Раніше було описано інструментарій створення і редагування креслення в Inventor. Для ілюстрації, створимо креслення за моделлю. Вибираємо «Создать». У вікні шаблони вибираємо «Метрические», «Чертеж», «ГОСТ.idw» і натискаємо «Создать». З'являється форматний аркуш зі стандартним основним написом. У меню «Размещение видов» вибираємо «Базовый».



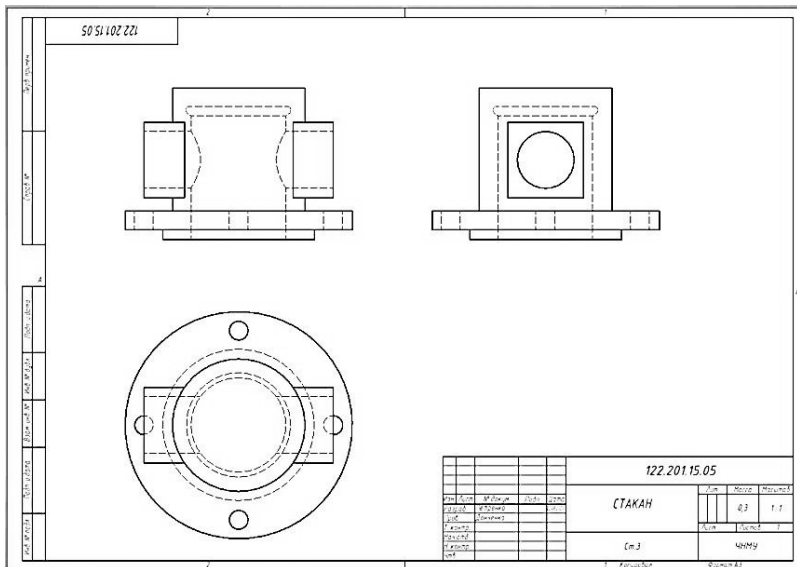
З'являється головний вигляд. Вказуємо курсором на нього і перетягуємо на місце розташування головного вигляду і натискаємо «ОК». За отриманим головним виглядом можемо створювати необхідні проєкційні вигляди (лівої сторони, зверху, ізометрію тощо). Тиснемо на іконку «Проекционный» і тягнемо вниз, з'являється зображення вигляду зверху, визначаємося з його розташуванням, тиснемо лівою кнопкою миші, повертаємося до головного вигляду і тягнемо праворуч.

У зручному місці тиснемо правою кнопкою миші, з'являється кнопка «Создать». Натискаємо і отримуємо три вигляди.

Переходимо в меню «Пояснение ЕСКД» > «Листы чертежа». У меню «Формат» можна змінити формат, а в «Основная надпись» – заповнити, натискаючи у відповідних графах. Заповнимо їх.

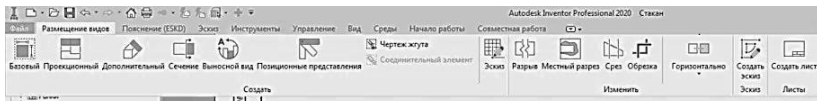
Потрібно дооформити отримані вигляди – провести осьові, виконати потрібні розрізи, нанести розміри, написи, виносні елементи. Допуски і відхилення розмірів, форми та шорсткість, на цьому етапі, наносити не будемо.

Проведемо осьові лінії. Переходимо на вкладку «Пояснение (ЕСКД)» > «Обозначения» > «Осевая линия». Підводимо до середини нижньої основи (стає червоною), на ній з'являється жовта точка. Тиснемо на ній і ведемо до верхньої основи, клацаємо на жовтій точці. Тиснемо правою клавішею миші і в контекстовому меню вибираємо «Создать». Осьова побудована. Використовуючи «Биссектриса», «Маркер центра», «Окружность центров» добудовуємо всі останні осьові.

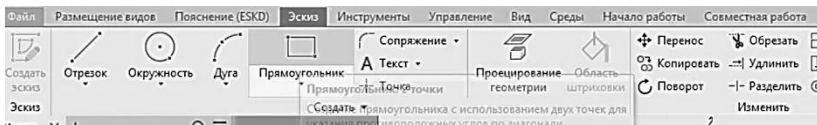


Оскільки деталь має внутрішні порожнини нам необхідно виконати потрібні розрізи. Деталь має дві площини симетрії. Це надає можливість

суміщувати половину вигляду з половиною розрізу. Для цього можна було б використати інструмент «Сечение». Але у якості головного потрібно було б обрати вигляд зверху, а вигляд з лівої сторони був би в проєкційному зв'язку з виглядом зверху, що не зовсім логічно. Тому будемо створювати розрізи на головному вигляді і вигляді з лівої сторони за допомогою інструмента «Местный разрез». Це пов'язано з певною специфікою – визначення січної площини. Січна площина визначається плоским примітивом – прямокутником чи колом і базовою точкою на вигляді. Ці примітиви створюються побудовою ескізу (зручніше прямокутника, оскільки він дозволяє задати прямолінійну межу для половини розрізу). Виконаємо половину розрізу на головному вигляді. Створимо ескіз. Відкриваємо вкладку «Размещение видов». Вибераємо «Создать Эскиз».

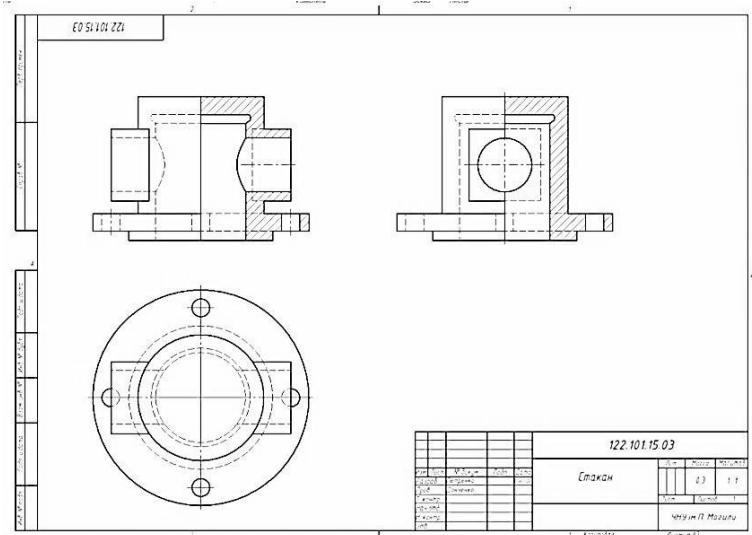
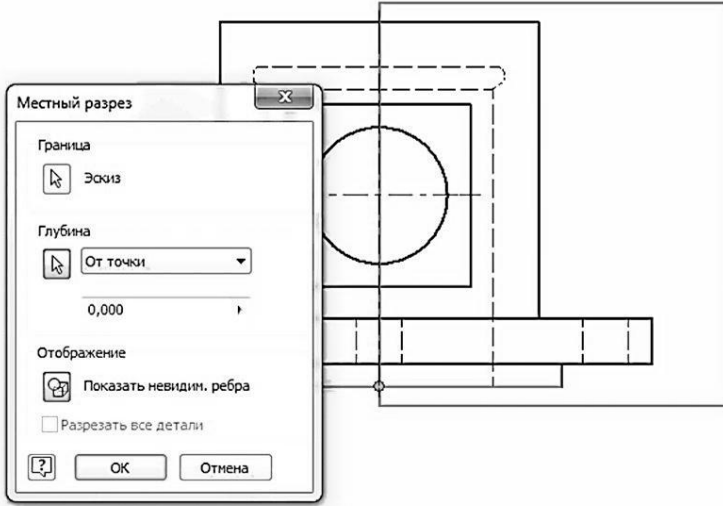
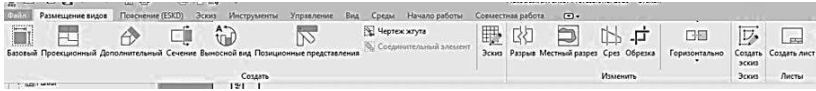


Переходимо на область креслення. Курсор має форму аркуша з олівцем (ескіз), тиснемо лівою клавішею в зоні потрібного вигляду. Відкривається вкладка «Эскиз» і на ній вибираємо прямокутник. Переходимо на креслення і тиснемо в районі створення половини розрізу (праворуч знизу від потрібного вигляду) і тягнемо ліворуч вгору до кінця верхньої точки осьової лінії. З'являється жовта точка. Тиснемо на ній. З'являється ескіз прямокутника, правою кнопкою миші у контекстному меню вибираємо «Принять эскиз».



Переходимо на вкладку «Размещение видов» тиснемо інструмент «Местный разрез», курсор міняє вигляд, тиснемо всередині побудованого прямокутника, він стає голубим і з'являється вікно. Встановлюємо глибину «От точки» наводимо курсор на нижню основу і вибираємо середину, з'являється жовта точка, тиснемо на ній, вона стає зеленою. Натискаємо «ОК».

Технології комп'ютерного проектування



Аналогічно будуюмо і на вигляді з лівої сторони. Таким чином отримали потрібні розрізи. Тепер треба дооформити креслення. Спочатку приберемо зайві лінії. Для цього вибираємо непотрібну лінію, вона підсвічується червоним, тиснемо правою клавішею миші і в контекстному меню вибираємо «Видимость» (знімаємо мітку «V»). Якщо ліній багато, то утримуючи клавішу SHIFT можна вибрати декілька ліній.

Для побудови осьових ліній переходимо в меню «Пояснение (ЕСКД)» на вкладку «Обозначения» > «Осевые линии». На головному вигляді наводимо курсор на середину нижньої основи, з'являється зелена точка, тиснемо лівою клавішею на ній і ведемо до середини верхньої основи, тиснемо на зелену точку, а потім тиснемо правою і в контекстному меню «Создать». На розрізі горизонтального циліндра будуюмо вісь як бісектрису бокових сторін циліндра. На колах використовуємо маркер центру. Якщо є кілька кіл, то на колі основи ставимо маркер, а потім вибираємо проти годинникової стрілки послідовно всі чотири кола, тиснемо правою клавішею миші і вибираємо «Создать».

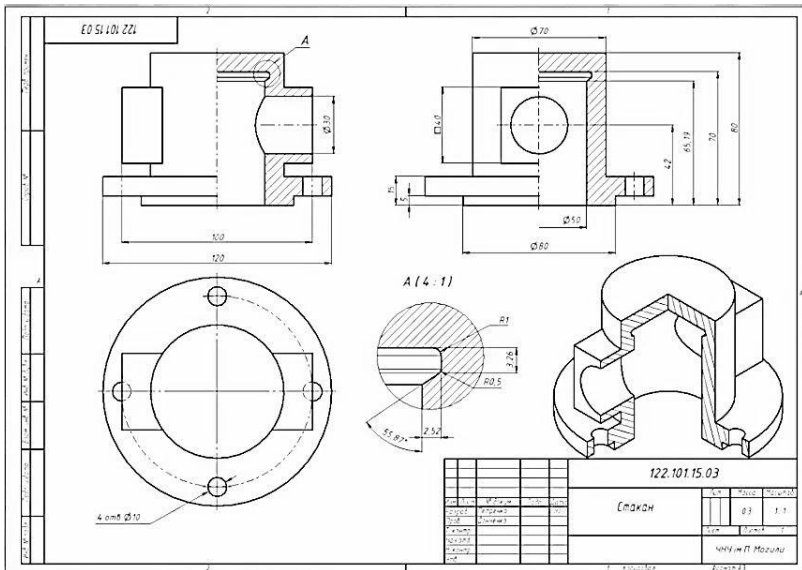
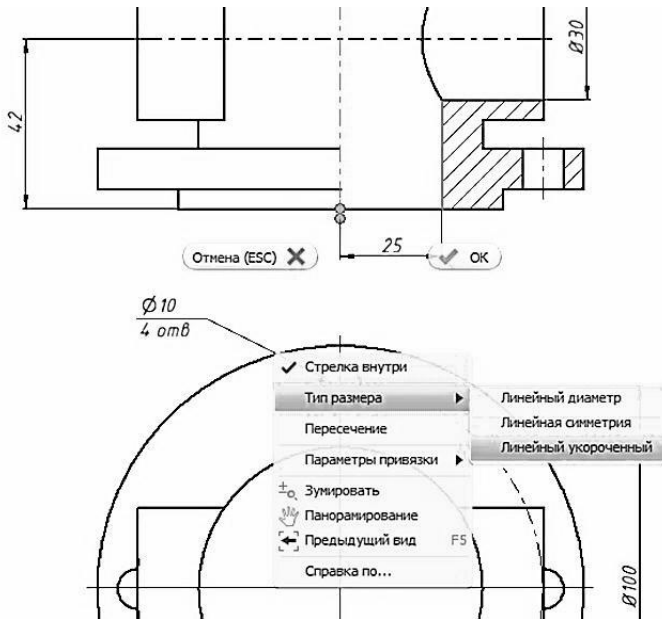
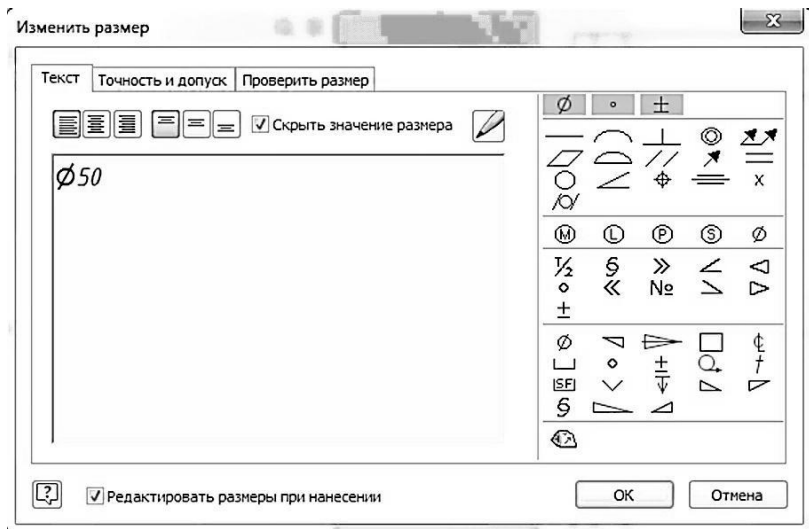


Рис. 36.1. Побудова половини розрізу

Нанесення розмірів виконується у напівавтоматичному режимі – вибираємо відрізок і тягнемо у місце його нанесення або вибираємо два об'єкти і тягнемо, щоб отримати відстань між ними. Після того, як ми вказали місце розташування розміра відкривається вікно «**Изменить размер**», у якому можна додати суфікс, префікс чи змінити розмірне число (значки розміщені справа). Єдина особливість – це нанесення розміру для половини розрізу. Вибирається два об'єкти (сторона циліндра і осьова) і тягнемо вниз (див. вигляд з лівої сторони), з'являється розмір (відстань до осі). Правою клавішею вибираємо з контекстного меню «**Линейный укороченный**». Далі відкривається вікно «**Изменить размер**», у якому ми ставимо префікс \varnothing і ставимо прапорець «**Скрыть значение размера**» розмірне число «50» та «ОК».



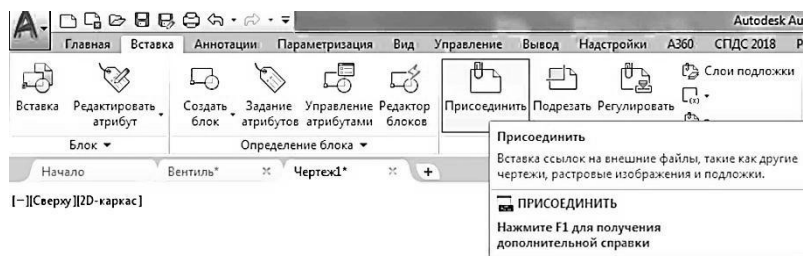
Там само вибираємо інструмент «**Выносной элемент**», курсором вказуємо на потрібний елемент, будуємо коло і тягнемо на вільне місце креслення. У вікні вказуємо букву і масштаб. Щоб штриховка була того ж інтервалу у властивостях вказуємо масштаб батьківського вигляду. Розміри наносяться в батьківському масштабі.



Розділ 37.

Приклад побудови моделей деталей і вузла

Це завдання об'єднує в собі три напрями: читання креслення, проектування зверху вниз (якоюсь мірою) і проектування знизу вверх (проектування моделей деталей за кресленням), тому будемо вважати креслення завдання – кресленням загального вигляду. Оскільки розміри деталей ми можемо взяти зі складального креслення і, щоб не мати клопоту з визначенням масштабу і постійними розрахунками, вирівнюємо скановане креслення та приведемо його до масштабу 1:1. Для цього вставимо растрове зображення креслення в AutoCAD. Меню: «Вставка» > «Присоединить» > «Файл».



Оскільки файл растру невеликий і його геометричні розміри нам невідомі, то під час визначення нам надається можливість курсором вказати якісь розміри, наприклад, на чверть екрану. Ми їх пізніше уточнимо. Спочатку перевіримо горизонтальність і вертикальність ліній креслення. Якщо є розбіжності, то командою «Повернути» і опцією «Опорный угол» дообертаємо до горизонтального чи вертикального положення. У якості опорного відрізка вибираємо найдовшу горизонтальну чи вертикальну лінію креслення. Назначаємо у якості базової точки один із кінців відрізка, потім опорний відрізок визначаємо на кінці

відрізка, починаючи з базової точки для визначення реального кута нахилу опорного відрізка. На запит «Новый угол», вводимо «0» або «90» відповідно. Наводимо курсор на лінії для того, щоб упевнитися. (Курсор повинен бути 100 %). Аналогічно виконуємо масштабування до натуральної величини командою «Масштаб». Тільки у якості опорного відрізка вибираємо найдовшу розмірну лінію, у якості базової точки вказуємо кінець нижньої стрілки і його ж вибираємо у якості першої точки опорного відрізка. А другу точку – кінець верхньої стрілки (для нашого прикладу розміру «210»). На запит «Новая длина» вводимо 210 і натискаємо на «Ввод». Для гарантії можна перевірити результат.

Примітка: Варіант для прикладу був вибраний ще й тому, що у ньому допущена конструкторська помилка. Клапан неможливо помістити у внутрішню порожнину. Тому конструкцію було доопрацьовано.

На наступному етапі необхідно прочитати креслення і визначити як функціонує вентиль, з яких деталей він складається, яка в них форма і як вони поєднуються між собою.

Далі, для зручності, на виставленому растрі нанесемо розміри деталей яскравим кольором.

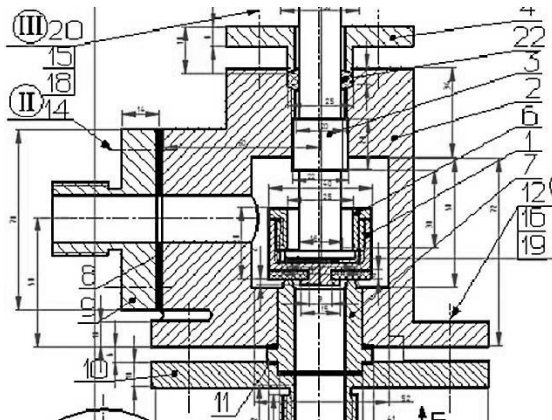
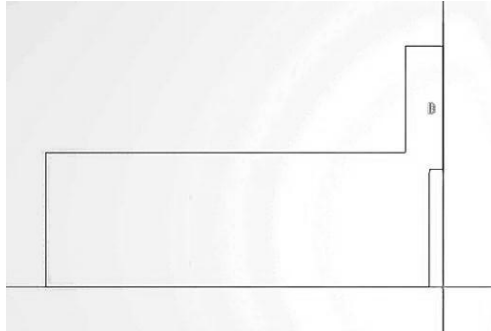


Рис. 37.1. Складальне креслення як завдання для побудування моделей

Починати будувати моделі деталей варто з базової деталі. У нашому випадку, з корпусу. Саме тому варто притримуватися наступних правил:

- розташовувати модель так, як вона установлена під час складання;
- основні осі симетрії розташовувати на відповідних базових осях: X, Y, Z.

Відкриваємо Inventor і будемо ескіз центральної частини на площині XY за розмірами для формування деталі шляхом обертання, але без внутрішніх порожнин тому, що після приєднання лівої бокової частини їх доведеться вирізати ще раз.



Ліву бокову частину будемо формувати за ескізом на робочій площині XY для видавлювання. Робимо ескізи і вирізаємо потрібні отвори. У меншому (верхньому) отворі під шток варто враховувати, що отвір під різьбу (трпецеїдальну) дорівнює внутрішньому діаметру різьби. На фланці робимо різьбові наскрізні отвори з метричною різьбою М8. На боковому – теж М8 з глибиною різьби 9 мм, гнізда – 11мм. На верхній площині приєднання робимо різьбові отвори аналогічно.

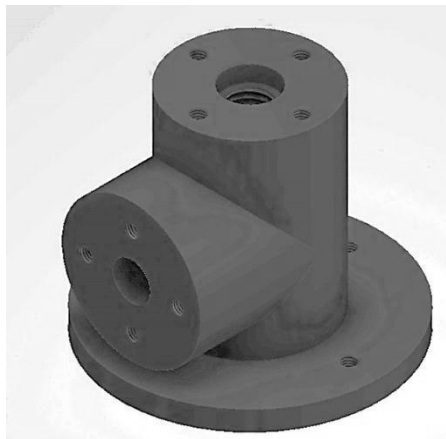


Рис. 37.2. Вигляд моделі корпусу

На рис. 37.2. наведений вигляд готової моделі корпусу. Для зручності подальшої побудови і для забезпечення правильного з'єднання деталей між собою і для уникання можливих помилок, пропонуємо створити три вигляди корпусу в Inventor і експортувати їх в AutoCAD. На цьому кресленні будувати всі подальші ескізи деталей, копіювати їх у буфер (CTRL+C) і вставляти в Inventor (CTRL+V), в режимі побудови ескізу. Під час вставляння з'являється штрихова рамка контуру ескізу, яку ви намагаєтесь вставити початком осі на ескізі в початок координат у робочій площині. Якщо не попали, то переміщенням чи вирівнюваннями виставляєте уже в Inventor. В AutoCAD використовуйте режим ORTO, якщо Inventor не визнає вертикальності чи горизонтальності, накладіть відповідні залежності: вертикальності і горизонтальності.

На рис. 37.3. наведено креслення в AutoCAD на якому зручно і точно можна створювати ескізи, а потім вставляти їх в Inventor. Деякі ескізи наведені для прикладу. На кресленні видно і помилки, які ми не помітили, створюючи модель. Мається на увазі глибина свердління під різьбу. Вона повинна бути на 2 мм більше, ніж глибина різьби. Це можна виправити шляхом редагування елемента «Отверстие».

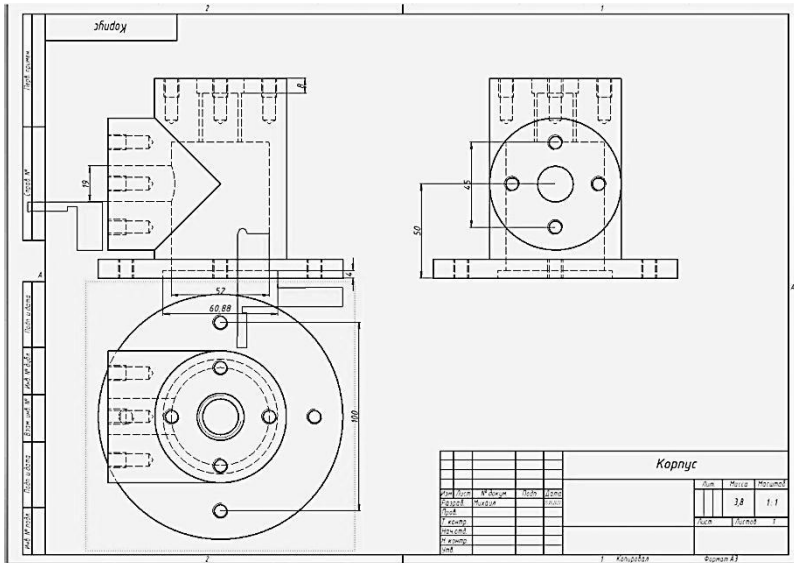


Рис. 37.3. Три вигляди моделі корпусу експортовані в AutoCAD

На рис. 37.3 на кресленні корпусу побудовано ескіз полілінією для створення деталі «**Основа клапана**». Вибираємо його і копіюємо в буфер (CTRL+C). В Inventor запускаємо режим створення ескизу, вибираємо робочу площину (XY) і вставляємо ескіз (CTRL+V). Оскільки ми не побудували лінію осі, то ескіз вставляємо правіше осі Y на осі X. Якщо потрібно, виставляємо ескіз, накладаючи відповідні залежності (горизонтальності, вертикальності). Наносимо розмір відстані від осі Y до лінії отвору (радіус) і приймаємо ескіз. Обертанням створюємо модель і зберігаємо її. Таким способом ми досягаємо:

- значного спрощення побудови ескизу;
- забезпечення точності з'єднання моделей під час складання;
- наочності під час побудови, що дозволить уникати помилок;
- використання розмірів і геометрії готових моделей.

За аналогічною технологією конструювання будуємо ескизи інших моделей вузла і самі моделі.



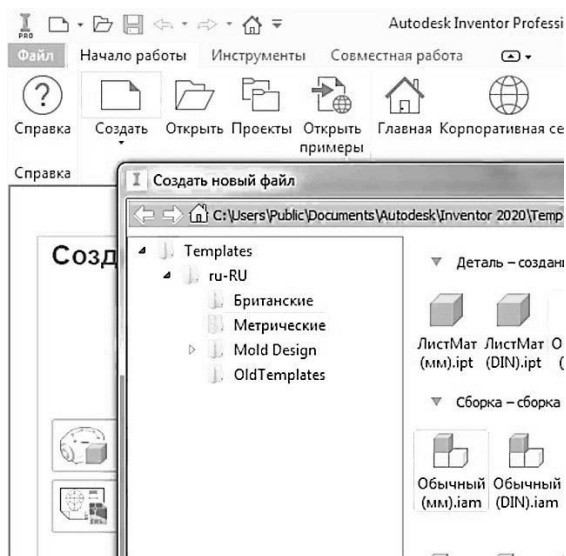
Рис. 37.4. Побудовані моделі вузла і зібраного вентилля.

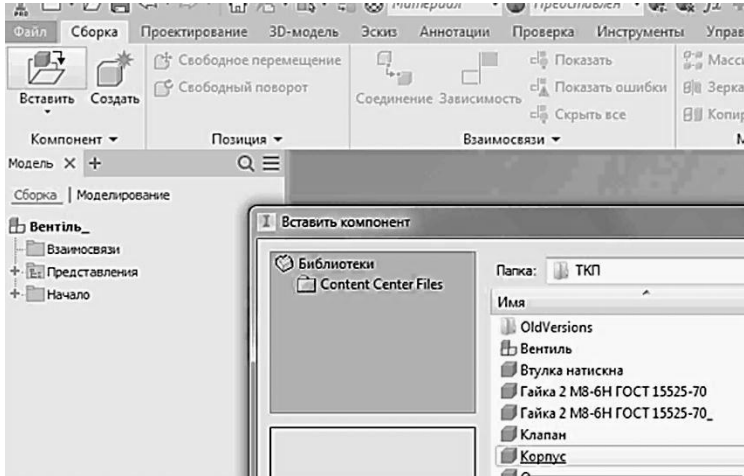
Розділ 38.

Об'єднання моделей деталей у вузол

Об'єднання моделей деталей у вузол переслідує кілька складових однієї мети:

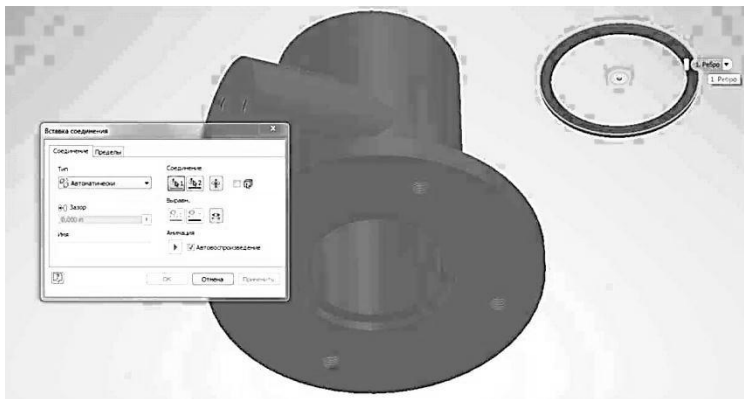
- перевірку закінченості проекту;
- перевірку правильності з'єднань деталей;
- демонстрацію роботи об'єкта;
- демонстрацію послідовності складання;
- представлення різних виглядів;
- створення складального креслення і специфікації.



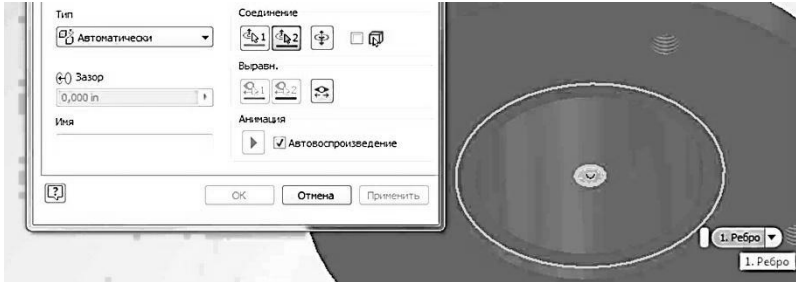


Складання моделі, як і вузла починають з базової деталі, у нашому випадку, з корпусу. Спочатку необхідно створити файл складання. Меню: «Создать» > «Сборка» > «Обычный (мм).iam»

З'являється браузер складання. Змінюємо найменування на «Вентиль» і вставляємо базову деталь – корпус.



Далі вставляємо прокладку. Для зручності повернемо корпус так, щоб було видно його знизу на фланець і проточку для прокладки. Вибираємо в меню «Соединение», залишаємо «Автоматически» і вказуємо на верхнє зовнішнє ребро прокладки, а потім на верхнє ребро проточки під прокладку.

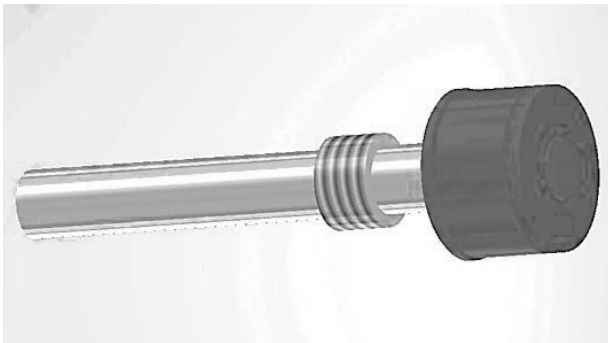


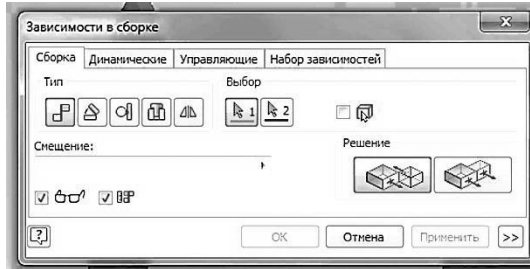
Прокладка перемістилася на своє місце. Якщо вона правильно встановилася, то натискаємо на «**Принять**» і закриваємо вікно «**Вставка соединения**». Тепер вставляємо деталь «**Фланец 1**» і аналогічно вставляємо її в корпус, вибираючи відповідне ребро посадочного місця фланця основи клапана і відповідне ребро нижньої частини прокладки. Перевіряємо правильність установлення і натискаємо прийняти.

Примітка: Щоб під час вставлення фланців співпадали отвори під болти чи шпильки необхідно притримуватися одного принципу створення ескізу під отвори – будувати точки на базових осях і на одному діаметрі, або на повернутих на один і той самий кут нових осях і на корпусі і на фланцях.

Оскільки, у нас модель циліндричної форми, то аналогічно вставляються всі останні деталі.

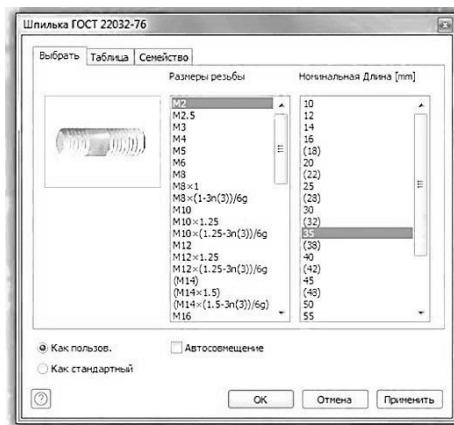
Примітка: Для гранних тіл можна використовувати залежності «**Совмещение**» і «**Заподлицо**». Чи інші залежності.





Для внутрішніх деталей зручніше відключати видимість корпусу. Більше того, можна збирати окремо в складальну одиницю, наприклад, шток, корпус клапана, прижим і ущільнювач клапана, а потім вставляти їх у корпус чи приєднувати до уже вставлених деталей.

Вставка шпильок має свої особливості, тому розглянемо її більш детально. Шпильки вставляються із бібліотек стандартних компонентів, які поставляються разом з Inventor. Вибираємо стандартну шпильку ГОСТ 22032-76. Для встановлення потрібної довжини стяжного кінця шпильки необхідно її порахувати заздалегідь (зазор + товщину фланця + товщину шайби + висоту гайки + вихід різьби (0,35D)). Якщо ви визначилися неточно, довжину можна змінити у контекстному меню «**Изменить**» для вибраної шпильки. З таблиці Бібліотеки компонентів вибираємо стандартну шпильку M8, у вікні встановлюємо довжину стяжного кінця (35 мм), внизу ліворуч вказуємо «**Как пользов.**» для того, щоб зберегти шпильку у компоненти і вона відкривалася на будь-якому комп'ютері. Вона зберігається у папці проекту. Вставляємо 12 шпильок.



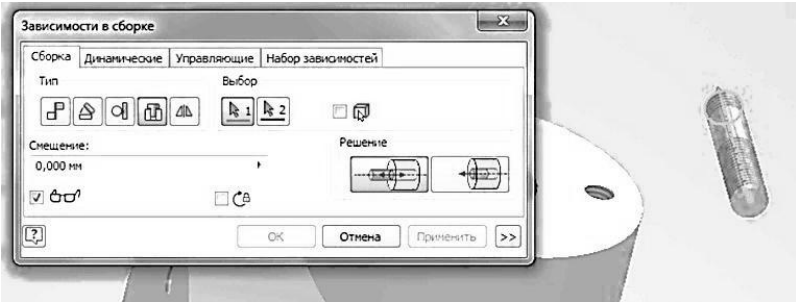


Рис. 38.1. Вставка шпильки

Натискаємо «**Зависимости в сборке**», вибираємо ребро загвинчуваного кінця шпильки (див. рис. 38.1) і вказуємо на ребро різьбового отвору на корпусі. За логікою потрібно було б вказати на кінцеву різьбу в отворі, але глибина різьби конструктивно виконується більшою, щоб шпилька загвинчувалася повністю. Тому ми в полі «**Смещение**» вказуємо (-8 мм) довжину різьби загвинчуваного кінця різьби зі знаком «мінус». Якщо шпилька встановилася правильно, натискаємо «**Применить**». Аналогічно вставляємо всі 12 шпильок. Після встановлення прокладок і фланців встановлюємо шайби і гайки. Вони зручно встановлюються через «**Соединение**», «**Автоматически**». Якщо шпилька багато виступає з гайки, ви натискаєте на шпильку і з контекстного меню вибираєте «**Изменить размер...**» і у вікні вибираєте меншу довжину шпильки.



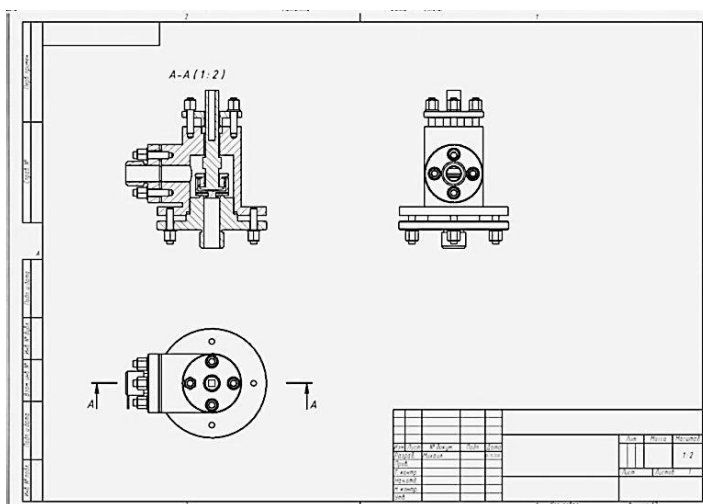


Присвоїмо кожній деталі матеріал. На панелі швидкого доступу – список «**Матеріал**». У нашому випадку – сталь нержавіюча.

Розділ 39.

Виконання складального креслення і специфікації

Вигляди складального креслення виконуються так, само як і вигляди деталі за моделлю. Меню «Создать» > «Чертеж» > «ГОСТ.idw». Вставляємо головний вигляд, як базовий, а потім, відповідно, потрібні проєкційні. У нашому випадку, необхідно зробити розріз на головному вигляді. Тому послідовність дещо змінимо для зручності. Спочатку, як «Базовий» вставляємо вигляд зверху. Потім на ньому, щоб зробити розріз, вказуємо січну площину і місце розрізу на головному вигляді. З розрізу робимо проєкційний для створення вигляду з лівої сторони.

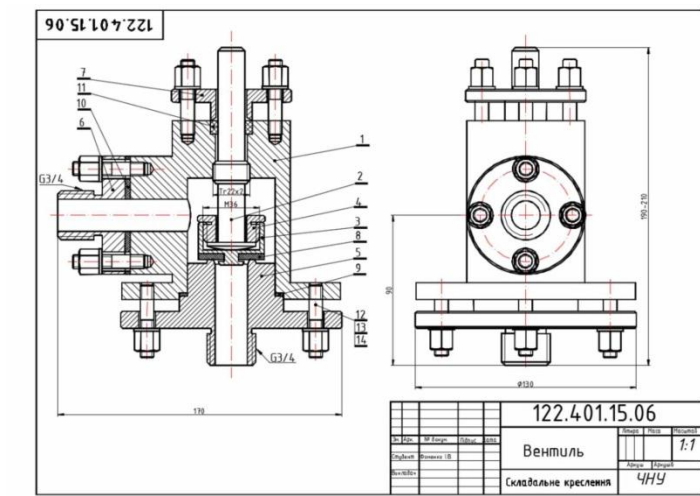


Для автоматичного створення специфікації, переходимо в меню «Пояснение (ЕСКД)» > «Спецификация». Можна вставити в креслення.

Технології комп'ютерного проектування

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
			Вентиль	Сборочный чертеж	1	
				Детали		
		1	Корпус		1	
		2	Шток		1	
		3	Клапан		1	
		4	Прижим		1	
		5	Втулка натискна		1	
		6	Ущільнювач		1	
		7	Шпилька М8-6H ГОСТ 22032-76	ШПИЛЬКИ С ВВИНЧИВАЕМЫМ КОНЦОМ ДЛИНОЙ 10, КЛАСС ТОЧНОСТИ В	12	
		8	Прокладка		1	
		9	Фланець 1		1	
		10	Ущільнювач штока		1	
		11	Гайка 2 М8-6H ГОСТ 15525-70	Гайки шестигранные высокие класса точности В	12	
		12	Шайба 8,4 ГОСТ 10450-78	ШАЙБЫ УМЕНЬШЕННЫЕ КЛАССЫ ТОЧНОСТИ А И С	13	
		13	Прокладка_2		1	
		14	Фланець_2		1	

Але краще експортувати в Ексель і внести деякі корективи. Це відноситься і до дооформлення складального креслення, його зручніше експортувати і дооформити в AutoCAD. Після дооформлення складальне креслення і специфікація мають вигляд, представлений на рисунках.



Форм.	Зона	Поз.з.	Позначення	Найменування	К-ть	Прим.
				<u>Документація</u>		
			122.401.06.15	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
		1		Корпус	1	
		2		Шток	1	
		3		Клапан	1	
		4		Прижим	1	
		5		Фланець	1	
		6		Фланець 2	1	
		7		Втулка натискна	1	
					1	
				<u>Матеріали</u>		
		8		Ущільнювач	1	
		9		Прокладка 1	1	
		10		Прокладка 2	1	
		11		Ущільнювач штока	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		12				
		13		Шпилька М8 ГОСТ 22032-76	8	
		14		ГайкаМ8 ГОСТ15525-70	8	
				Шайба 8 ГОСТ 10450-78	8	
				122.401.06.15		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Студент	Фоменко І.В.				Літера	Аркуш
Викладач					Аркушів	
					ЧНУ	
					ВЕНТИЛЬ	

Розділ 40.

Виконання моделей і вузла в Autocad

Виконання моделей в AutoCAD було детально розглянуто в перших розділах і не викликає ніяких питань. Щоб не виникали проблеми під час об'єднання деталей у вузол варто дотримуватися наступних правил:

- будувати деталі так, щоб поверхні майбутнього приєднання були паралельні одним і тим самим базовим площинам або ПСК (якщо ні, то потім необхідно буде їх дообернути);

- для приєднання використовувати об'єктну прив'язку до характерних точок на поверхнях обох приєднаних деталей, наприклад, до центрів основ циліндрів;

- для зручності роботи з такими точками, їх добудовують додатково, використовуючи побудову примітивів на обох деталях яскравими кольорами: точок, відрізків, маркерів центрів кіл в шарі побудова;

- з візуальних стилів вибирати або «Каркас», або «Просвечивание»;

- кріпильні деталі необхідно буде будувати за одним зразком, а потім після встановлення, з групи «шпилька – шайба – гайка» або «болт – шайба – гайка» зробити круговий чи прямокутний масив, або розкопіювати;

- оскільки шпилька загвинчується загвинчуванням кінцем на глибину, яка дорівнює діаметру, то добудовуємо допоміжний відрізок такої довжини від початку отвору і на кінець цього відрізка в глибині поміщуємо торець шпильки;

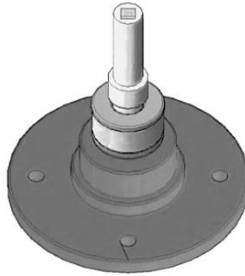
- для уникнення плутанини, деталі можна зафарбувати різними кольорами;

- починати об'єднання варто з базової деталі, наприклад, з корпусу;

- усі моделі деталей будують окремо, не об'єднуючи, але в одному файлі;

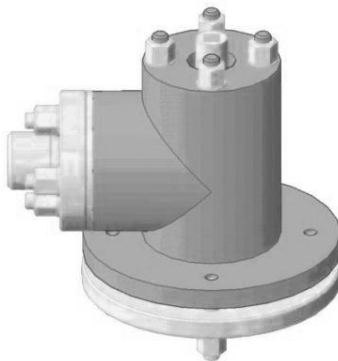
- можна будувати послідовно, нарощуючи на базову модель всі інші деталі, використовуючи користувацьку систему координат (ПСК), без об'єднання їх між собою;

– у складних вузлах зручніше будувати послідовно конструктивні об'єднання, формувати з них групу, а потім їх об'єднувати у вузол.



Наприклад, спочатку була побудована модель нижнього фланця, до нього, на посадочному місці, був добудований ущільнювач клапана (див. рис. 37.1 складальне креслення). Над ущільнювачем була добудована модель клапана і прижимної втулки. На посадочне місце фланця була покладена прокладка. Побудова моделі штока завершила конструктивне об'єднання. Для зручності маніпуляцій зі складним об'єктом створюємо групу, команда «Група». Використовуємо команду «Переместить». У якості базової точки вибираємо центр прокладки під фланець і вказуємо на цільову точку – центр діаметра проточки під прокладку фланця в корпусі.

Примітка: Оскільки під час вставлення з'являється багато точок центрів, то бажано червоним кольором вставити точки, команда «Точка», базову і цільову. Це значно полегшує їх пошук у процесі вставлення.



На рисунку наведений загальний вигляд моделі зібраного вузла в AutoCAD.

Для побудови складального креслення з моделі вузла в AutoCAD:

- виставляємо його для вигляду спереду і робимо його **«Текущий»**;
- переходимо у простір аркуша і налаштовуємо його на формат А3;
- за аналогією зі створенням виглядів з моделі деталі, натискаємо **«Базовий»**, **«Из пространства модели»**;
- вказуємо місце розташування головного вигляду (ліворуч);
- тиснемо лівою і правою кнопками миші, тягнемо праворуч і вказуємо місце вигляду ліворуч;
- двох виглядів (у нашому випадку) достатньо;
- полілінією обводимо відповідні лінії для створення виглядів і розрізів (шток і кріпильні деталі не розрізаються);
- оскільки в AutoCAD немає функції складання, то можуть виникнути певні труднощі зі створенням розрізу для всього вузла для складних збірок, для цього можна використати розрізу окремих деталей окремо з наступним вставленням їх контурів складальне креслення;
- результат отримаємо такий самий, як у Inventor;
- для специфікації будуємо таблицю за розмірами і заповнюємо за стандартним зразком.

Список використаних джерел

1. Журавлев А. С. Для конструкторов. Стандарты ЕСКД в AutoCAD 2009/2010/2011. Практические советы конструктора. СПб. : Наука и Техника, 2010. – 384 с. : ил.
2. Погорелов В. И. AutoCAD : трехмерное моделирование и дизайн. – СПб. : БХВ-Петербург, 2004. – 288 с. : ил.
3. Концевич В. Г. Трехмерное моделирование машиностроительных изделий в Autodesk Inventor. – Киев, Москва : ДиаСофтЮП, ДМК Пресс, 2007. – 672 с.
4. Тремблей Т. Autodesk Inventor 2013 в Inventor LT 2013. Основы. Официальный учебный курс / пер. с англ. Л. Талхина. – М. : ДМК Пресс, 2013. – 344 с. : ил.
5. Зиновьев Д. Основы проектирования в Autodesk Inventor 2016 / Дмитрий Зиновьев – 2-е изд. 2016.
6. Норенков И. П. Автоматизированное проектирование. – Москва. 2000.
7. CALS (Continuous Acquisition and Life-cycle Support – (непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукта) в авиастроении / науч. ред. А. М. Братухин. – М. : Изд-У МАИ, 2002. – 676 с.
8. Інформаційні технології в наукомісткому машинобудуванні : Комп'ютерне забезпечення індустріального бізнесу / За заг. ред. А. М. Братухіна. – К. : Техніка, 2001, – 728 с. : іл.
9. Информационно-вычислительные системы в машиностроении Cals-Технології / Ю. М. Соломенцев, В. М. Митрофанов, В. В. Павлов, А. В. Рыбаков – М.: Наука, 2003, 292 с
10. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования : учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-У МГТУ им. Н. С. Баумана, 2002. – 336 с.
11. Норенков И. П., Кузьмик П. К. Информационная поддержка наукоемких изделий. Cals-Технології. – М. : Изд-У МГТУ им. Н. С. Баумана, 2002. – 320 с.

12. Курицына В. В. Системы автоматизированного проектирования. Конспект лекцій : учебное пособие. – М. : МАТИ, кафедра ТПДЛА, 2006. – 68 с.
13. Бойко А. П., Кукліна О. Ю. Методичні вказівки «Креслення електричних схем». – Миколаїв : НУК, 2014. – 38 с.
14. Борноволоков Э. П., Фролов В. В. Радиолобительские схемы. – 3-е изд., перераб. и доп. – К. : Техніка, 1985. – 264 с. : ил.

Навчальне видання

**Михайло Васильович
ДОНЧЕНКО**

ТЕХНОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРОЄКТУВАННЯ

Навчальний посібник

Редактор *Р. Грубкіна*.
Технічний редактор *О. Петроченко*.
Комп'ютерна верстка, дизайн обкладинки *Н. Кардаш*.
Друк *С. Волинець*. Фальцювально-палітурні роботи *О. Мішалкіна*.

Підп. до друку 03.12.2021.
Формат 60x84^{1/16}. Папір офсет.
Гарнітура «Times New Roman». Друк ризограф.
Ум. друк. арк. 21,16. Обл.-вид. арк. 12,69.
Тираж 300 пр. Зам. № 6295.

Видавець і виготовлювач: ЧНУ ім. Петра Могили.
54003, м. Миколаїв, вул. 68 Десанників, 10.
Тел.: 8 (0512) 50-03-32, 8 (0512) 76-55-81, e-mail: rector@chmnu.edu.ua.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6124 від 05.04.2018.