

# Змістовий модуль 7. Основи розробки 3D моделі в системі Компас 3D

## Лекція 8

### Теми 21, 22. Тривимірне проектування

#### План

1. Твердотільне 3D-моделювання в системі КОМПАС.
2. Створення твердих тіл у деталі.
3. Створення нового креслення по моделі деталі.
4. Складання («збірка») й сполучення її компонентів.

#### 1. Твердотільне 3D-моделювання в системі КОМПАС

У комп'ютерних системах моделюванням прийнято називати процес створення й дослідження цифрового прототипу виробу, коли побудова реального зразка є неможливим або недоцільним. Нам важливіше більш вузьке визначення даного поняття, що стосується суцільно інженерних комп'ютерних систем проектування, САПР. У цьому випадку моделювання (або тривимірне моделювання) - це процес формування об'ємної моделі виробу з метою швидкого одержання креслень або безпосереднього виготовлення даного виробу.

Головним завданням моделювання є закінчена тривимірна модель об'єкта, яка максимально точно описує реальний виріб. В основі тривимірного моделювання в програмі лежить поняття твердого тіла.

Тверде тіло - область тривимірного простору, що складається з однорідного матеріалу й обмежена замкненою поверхнею, яка сформована з однієї або декількох граней, що стикаються (мал. 1). Будь-яке тверде тіло складається з базових тривимірних елементів: граней, ребер і вершин.

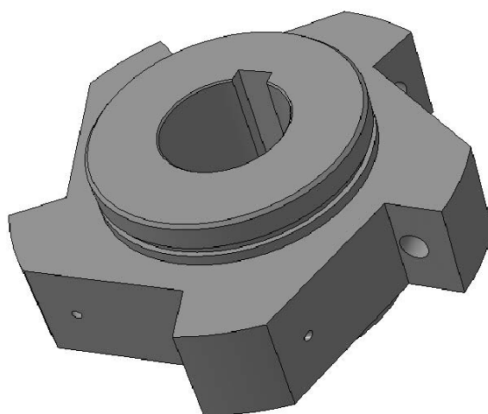


Рис. 1. Приклад твердого тіла

**Грань** - гладка (необов'язково плоска) частина поверхні деталі, обмежена замкненим контуром з ребер. Окремий випадок - кулясті тверді тіла й тіла обертання із гладким профілем, що складаються із єдиної грані, яка відповідно не має ребер.

**Ребро** - просторова крива довільної конфігурації, отримана на перетинанні двох граней.

**Вершина** - точка в тривимірному просторі. Для твердого тіла це може бути одна із точок на кінці ребра.

## 2. Створення твердих тіл у деталі

Для створення твердих тіл служать тривимірні булеві операції (ми також будемо називати їх формотворними операціями або просто операціями).

Булева операція в тривимірному моделюванні - це результат додавання або видалення матеріалу певної форми з тіла деталі (3D-моделі).

Наприклад, тіло, показане на мал. 2, було отримано послідовністю двох булевих операцій: додавання матеріалу циліндричної форми й вирахування призматичного елемента із циліндра.

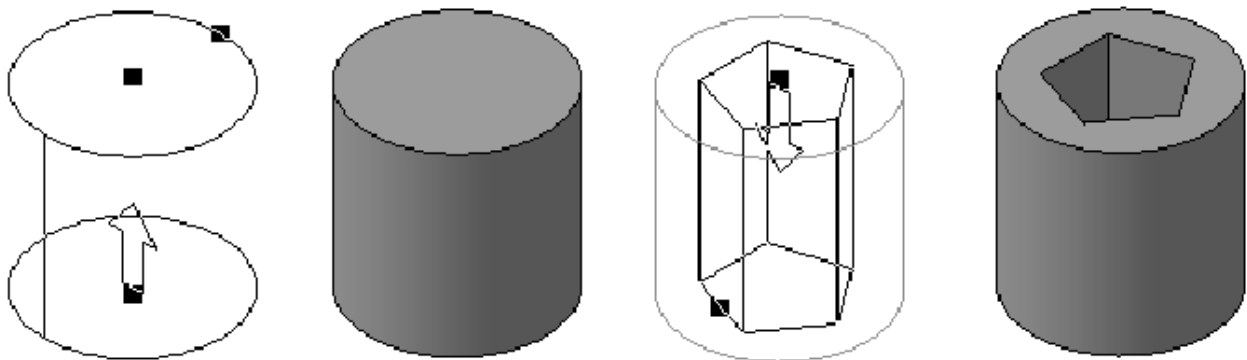


Рис. 2. Просте тіло, отримане за допомогою двох булевих операцій


За допомогою комбінацій таких, видалося б, найпростіших форм створюються найскладніші тривимірні моделі.

Найважливішим елементом при формуванні тривимірного елемента (виконанні тривимірної операції) є *ескіз*. Ескіз тривимірної операції - це двомірне зображення, яке визначає форму, що додається або видаляється до/з матеріалу деталі. Наприклад, перша операція на мал. 2 (видавлювання, або додавання, матеріалу деталі) має ескіз у вигляді окружності, а друга (вирізання, або видалення, матеріалу деталі) - у вигляді правильного п'ятикутника. Форма ескізу може бути різною, однак для різних формотворних операцій існують

певні обмеження (наприклад, при вирізанні контур повинен бути замкнуть і не повинен самоперетинатися).

### *Загальний порядок створення ескізу в системі КОМПАС-3D.*

1. Для початку побудови ескізу обов'язково виділіть площину або плоску грань. Для цього можна використовувати дерево побудови або просто клацнути кнопкою миші на потрібному елементі у вікні представлення моделі.



2. Далі натисніть кнопку *Ескіз*  на панелі інструментів *Поточний стан*. Модель плавно змінить орієнтацію таким чином, щоб обрана вами площина або плоска грань розмістилася точно паралельно екрану.

3. Після запуску процесу створення ескізу ви можете креслити в ньому, як у звичайному графічному документі. Ескіз може містити будь-які графічні примітиви, крім елементів оформлення. Для завершення створення (або редагування) ескізу відіжміть кнопку *Ескіз*.

З першого розділу вам уже відомо, що для побудови моделей деталей у системі КОМПАС-3D існує спеціальний документ за назвою Компас-Деталь. Саме в цьому документі виконуються всі формотворні операції. При побудові 3D-моделі за допомогою операції додавання матеріалу ви спочатку створюєте основу (заготовку) майбутньої деталі, після чого послідовно «нанизуєте» на цю основу різні інші операції, видаляючи або додаючи матеріал, у такий спосіб поступово надаючи деталі закінчений вигляд.

### *Команди додавання матеріалу деталі*


Для додавання матеріалу до існуючої деталі, як і для створення основи, якщо ви тільки починаєте розробку, у КОМПАС-3D існують чотири команди, з яких найбільш популярні дві:

- Операція видавлювання ;
- Операція обертання .

Ці команди об'єднані в одну групу на панелі *Редагування деталі*.






При додаванні матеріалу ескіз операції переміщається паралельно самому собі в напрямку строго перпендикулярному до площини ескізу (див. мал. 2). При необхідності можна «видавити» ескіз в обидва боки від його площини, причому на різну відстань. Крім того, команда *Операція видавлювання* дозволяє проводити видавлювання з ухилом усередину або назовні, а також створювати тонкостінне тіло на основі заданого ескізу.

Настроювання параметрів тонкої стінки для операції видавлювання (як і для інших операцій додавання матеріалу) здійснюється на вкладці *Тонка*

*стінка*  *Тонкая стенка* панелі властивостей при виконанні команди. На даній вкладці присутній список, що розкривається, *Тип побудови тонкої стінки*







, який містить кілька варіантів побудови тонкої стінки:

- *Немає*  Нет - форматворний елемент створюється суцільним (немає тонкої стінки);
- *Назовні*  Наружу - тонка стінка будується назовні від контуру ескізу операції;
- *Усередину*  Внутри - тонка стінка створюється усередину від контуру;
- *Два напрямки*  Два направления - тонка стінка будується одночасно в обох напрямках, причому можна задавати різну товщину стінки по кожному напрямкові;
- *Середня площина*  Средняя плоскость - тонка стінка створюється на однакову відстань (рівне половині заданої товщини) в обидва боки від контуру ескізу.

Товщина тонкої стінки вказується в полях *Товщина стінки 1* або *Товщина стінки 2* на панелі властивостей залежно від обраного напрямку побудови.

Команда *Операція обертання* призначена для побудови тіл обертання. Тіло обертання виходить у результаті обертання ескізу навколо певної осі на заданий кут. Вісь розміщається в ескізі операції. Віссю повинен бути відрізок, виконаний стилем лінії *Осьова*. Необхідно також стежити, щоб вісь у жодному разі не перетинала зображення ескізу. Як і при видавлюванні, використовуючи команду *Операція обертання*, можна будувати тонкостінне тіло.

При виконанні таких команд додавання матеріалу, як видавлювання й обертання, можна задавати *напрямок операції*. Воно вказує, у яку сторону щодо опорної площини ескізу буде відбуватися додавання матеріалу. Напрямок операції вибирається на вкладці *Параметри* зі списку, що *розкривається*, *Напрямок панелі властивостей*:



- *Прямий напрямок*  Прямое направление - ескіз форматворної зміщається або обертається в напрямку, що збігається з напрямком нормалі до поверхні ескізу. Напрямок нормалі до площини ескізу вказується тонкою сірою стрілкою при виконанні форматворної операції (див. мал. 2);
- *Зворотний напрямок*  Обратное направление - тіло формується переміщенням ескізу убік, протилежний напрямку нормалі;
- *Два напрямки*  Два направления - ескіз зміщається в обидва боки від опорної площини. При необхідності ви можете задавати різні параметри зсуву (відстань або кут) для кожної зі сторін;
- *Середня площина*  Средняя плоскость - ескіз зміщається або обертається на половину заданої відстані або кута в кожену зі сторін.

Величини зсуву (видавлювання) або кутів повороту (при операції обертання) задаються у відповідних полях на вкладці *Параметри* панелі властивостей.



### Команди видалення матеріалу деталі

Настроювання й характеристики команд видалення матеріалу деталі повністю аналогічні настроюванню команд додавання матеріалу. Не відрізняються також і вимоги до ескізів операцій. Уся різниця полягає лише в тому, що при видаленні сформований тривимірний елемент віднімається з тіла 3D-моделі, а не додається до нього, із чого випливає, що команди видалення можуть бути використані лише після того, як у документі вже щось побудоване.

Команди видалення матеріалу також об'єднані в групу на панелі інструментів *Редагування деталі*, основні з яких:

- *Вирізати видавлюванням*  (приклад використання даної команди показаний на мал. 2);
- *Вирізати обертанням* .

### Додаткові конструкторські команди

Одними з найбільш використовуваних додаткових команд є *Фаска*  і *Зкруглення*  (на панелі *Редагування деталі* вони об'єднані в одну групу). Як зрозуміло з назв, вони служать для швидкої побудови фасок або зкруглень на ребрах моделі (мал. 3). У принципі названі конструктивні елементи (фаска й зкруглення) можна створити за допомогою описаних вище інструментів видалення матеріалу. Однак команди *Фаска* й *Зкруглення* мають певні особливості, що значно спрощують виконання згаданих елементів. По-перше, при використанні цих команд не потрібно створювати ескіз: для побудови досить вказати ребро або дві грані, що стикаються, на перетинанні яких потрібно зробити фаску або зкруглення. По-друге, настроювання даних команд повністю відповідають конструктивним параметрам, з якими звик працювати інженер, що ще більш полегшує роботу. Фаски й зкруглення зустрічаються практично у всіх деталях, тому ці дві команди дозволяють суттєво заощаджувати час на побудову тривимірної моделі.

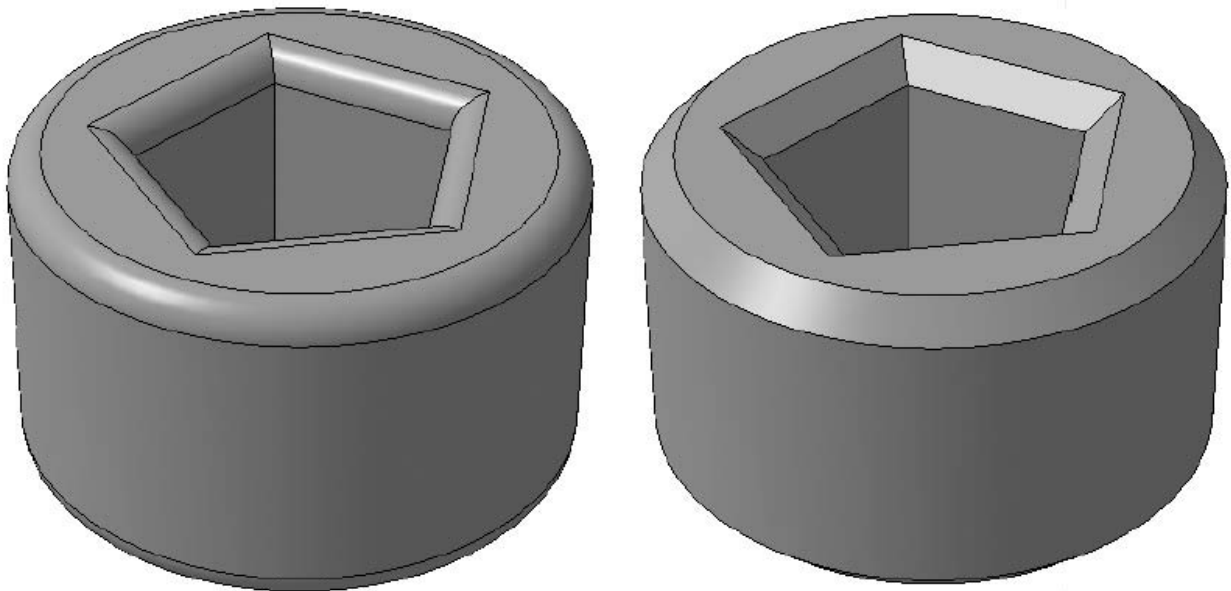



Рис. 3. Результат виконання команд *Зкруглення* й *Фаска*

Для вказівки (виділення) ребра в 3D-моделі при роботі з командами *Фаска* або *Зкруглення* необхідно підвести до даного ребра покажчик миші й, коли праворуч унизу від покажчика з'явиться зображення маленького відрізка, клацнути кнопкою миші. Ребро підсвітиться червоним кольором. Для зняття виділення слід повторно клацнути на ребрі. За один виклик команди *Фаска* або *Зкруглення* можна створити скільки завгодно фасок або зкруглень, скільки завгодно ребер. Якщо необхідно створити фаски або зкруглення на всіх ребрах, що обмежують певну грань, то після виклику відповідної команди замість виділення кожного окремого ребра просто клацніть на цій грані.

Команда *Отвір*  - дуже зручний засіб для швидкої побудови конструктивних і технологічних отворів. Як і у випадку з командами для побудови фасок і зкруглень, головна перевага команди *Отвір* полягає в тому, що вам не потрібно витратити час на створення ескізу отвору й виконання операції вирізання. Усе, що потрібно від користувача, - задати центр отвору на площині (увести координати або просто клацнути в потрібному місці) і вибрати профіль отвору з бібліотеки. У цій бібліотеці містяться як найпростіші отвори, наприклад під болти, що вгвинчуються, так і з дуже складним профілем, що включають усілякі канавки, буртики та ін.

Кнопка *Отвір* неактивна, якщо в моделі не виділена плоска грань.

Ще однією особливістю, яка виділяє тривимірні документи системи КОМПАС-3D, є дерево побудови. Звичайно, у документі-кресленні також є дерево побудови, однак використовується воно набагато рідше, як правило, тільки при роботі з асоціативними кресленнями, тоді як при тривимірному моделюванні дерево побудови відіграє величезну роль.

Дерево побудови моделі служить для відображення послідовності формотворних операцій, за допомогою яких була побудована модель. Воно також містить інформацію й параметри використаних об'єктів допоміжної геометрії, дозволяє переглядати ескізи окремих операцій і т.п.

Після виконання формотворної операції до дерева побудови додається новий вузол з назвою цієї операції. У даного вузла є щонайменше один дочірній вузол, що відповідає ескізу формотворної операції.

Дерево побудови також служить для навігації й редагування тривимірного об'єкта. На кожному з вузлів дерева клацанням правою кнопкою миші ви можете викликати контекстне меню. Состав цього меню варіюється залежно від типу елемента (ескіз, операція, об'єкт допоміжної геометрії та ін.), однак завжди містить набір найбільш використовуваних команд для даного типу елементів. За допомогою команд контекстного меню можна включити в розрахунки або виключити з розрахунку який-небудь елемент моделі, сховати або показати елемент у вікні представлення, запустити команду редагування елемента. При роботі з командами, які вимагають вибору у вікні моделі певних об'єктів (ребер, граней, вершин), набагато зручніше здійснювати вибір саме в дереві побудови: у цьому випадку практично виключена можливість помилки через клацання на якому-небудь іншому об'єкті.


Дерево моделей, крім усього іншого, володіє однією важливою особливістю. Маючи готову модель, ви можете крок за кроком повторити весь процес її побудови. Спеціально для цього в нижній частині дерева завжди розташовується горизонтальна риса або планка. Якщо підвести до неї покажчик миші, то він прийме вид двунправленої вертикальної стрілки. Клацнувши на даній планці, ви можете перетаскувати її мишею нагору по дереву. При цьому всі операції, які виявляться нижче планки, будуть скасовані для моделі, інакше кажучи, виключені з розрахунку. У процесі опускання планки модель буде відбудовуватися, повністю повторюючи всі етапи побудови.

За допомогою дерева побудови можна змінювати порядок проходження формотворних операцій. Для цього достатньо клацнути кнопкою миші на вузлі, що позначає ту або іншу тривимірну операцію, і перемістити її в будь-яке місце дерева. Натиснувши після цього кнопку *Перешикувати*, ви зміните будову моделі з урахуванням змін у дереві. Однак при цьому повинні бути дуже уважні, оскільки редагування деталі за допомогою перетаскування операцій чревате великою кількістю помилок після перебудування. Наприклад, ви можете перетягнути яку-небудь операцію вирізання вище формотворної операції додавання матеріалу, яка сформувала елемент під майбутній отвір. Урахуйте, що, навіть якщо після цього ви повернете операцію на місце, помилка не зникне, тому що були загублені всі зв'язки й параметри, які задавалися при виконанні операцій.



ВІДЕОКУРС. Вивчення інструментарію КОМПАСА для побудови деталей завершено. Тепер ваші теоретичні пізнання достатні для того, щоб будувати навіть самі мудрі моделі. Для одержання перших практичних навичок моделювання пропоную вам переглянути [відеоурок](#) «Урок 21. Ескізи й базові форматворні операції з побудови деталі» (8 хв 28 сек), у якому показані основні форматворні команди для документа деталі.

### 3. Створення нового креслення по моделі деталі

У програмі КОМПАС-3D закладений механізм автоматизованого створення креслення безпосередньо з моделі деталі (і складання). Це здійснюється за допомогою команди *Нове креслення з моделі*  на компактній панелі інструментів *Редагування деталі* (мал. 4).

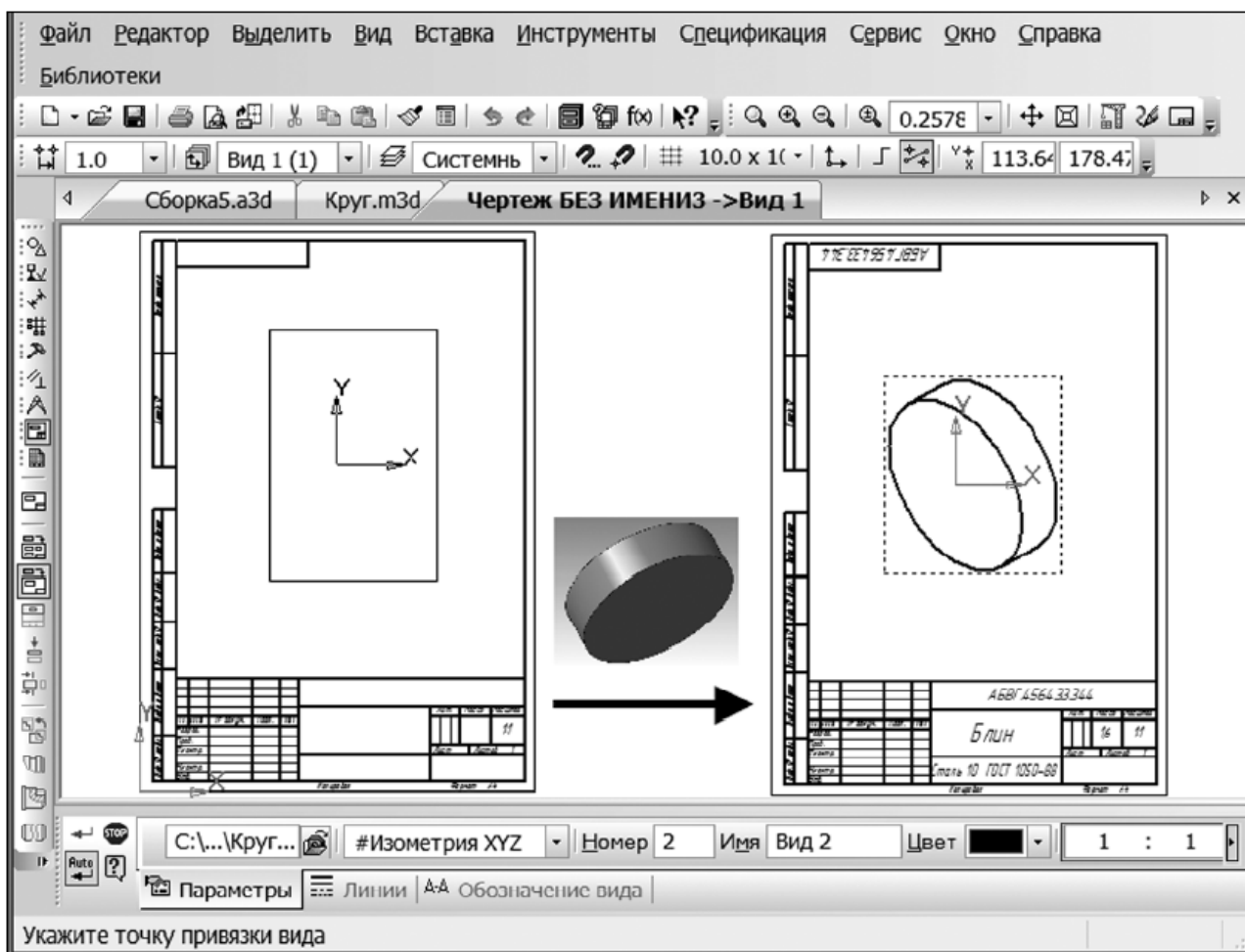


Рисунок 4. Робота команди «Нове креслення з моделі»

За замовчуванням відкривається креслення формату А4, і програма пропонує вибрати місце розміщення й інші параметри нового виду. При цьому якщо заповнити властивості моделі, то основний напис креслення (штамп) заповниться автоматично в графах *Найменування* й *Позначення*.



Графа *Маса* заповниться автоматично по розрахунковій масі моделі.

Таким чином, на базі тривимірної моделі ви можете побудувати двомірні креслення. Зверніть тільки увагу, що перед даною операцією необхідно зберегти модель.

#### 4. Складання (зборка) й сполучення компонентів

Після вивчення попередніх тем у вас повинне скластися чітке уявлення про те, як у системі КОМПАС-3D створюються моделі деталей. При розробці будь-якої тривимірної моделі спочатку за допомогою однієї з команд додавання матеріалу створюється основа деталі, а потім із використанням допоміжної геометрії й інших команд на сформовану основу «нанизуються» різні формотворні елементи й заготовці надається закінчений вигляд.

Однак у реальному житті практично ніколи процес проектування не закінчується створенням одиночної деталі. Будь-який механізм, навіть найпростіший редуктор, складається з декількох десятків різноманітних деталей. Для більших агрегатів кількість вхідних у них компонентів часом досягає декількох тисяч і навіть десятків тисяч. У цьому підрозділі ви навчитеся збирати з побудованих моделей складні агрегати.

Як ви вже знаєте, для моделювання складених об'єктів у системі є спеціальний документ **Компас-Складання** (рос. – «Сборка»). У цьому документі можна вставляти окремі деталі й сполучати їх між собою, формуючи в такий спосіб модель складного виробу. Деталь або тіло, що входить у складання, називається компонентом складання. Компонент складання може бути додано в складання одним з наступних способів:

- створений в окремому документі-деталі (складання), після чого вставлений і розміщений відповідним чином у складанні, - це найпоширеніший спосіб;
- створений безпосередньо в складанні в режимі контекстного редагування (створений компонент зберігається в окремому файлі деталі);
- створений безпосередньо в складанні з використанням формотворних операцій (файлом компонента є файл складання);
- вставлений із прикладної конструкторської бібліотеки;
- імпортований з іншої системи тривимірного моделювання.


Процес формування тривимірного складання полягає всього із двох етапів.

1. Вставка або створення одним з вищенаведених способів компонентів складання.
2. Розміщення кожного компонента певним чином, завдання потрібної орієнтації в просторі складання й сполучення його з іншими, раніше доданими компонентами.

Зазначена послідовність дій повторюється індивідуально для кожного компонента. Розглянемо по черзі команди для кожного з етапів формування складання.


Основні команди для керування об'єктами складання розміщені на панелі інструментів *Редагування складання*. За замовчуванням ця панель розташована першою на компактній панелі інструментів для активного документа Компас-Складання.


Першою на цій панелі йде група кнопок, що містить дві команди для створення компонентів складання «на місці».

Команда *Створити деталь*  запускає процес побудови деталі в контексті складання. За замовчуванням ця кнопка неактивна. Щоб зробити її доступною, у складанні необхідно виділити площину або плоску грань (саме із цієї площини й почнеться побудова майбутньої деталі). Відразу після виклику даної команди на екрані з'явиться стандартне діалогове вікно збереження файлу, у якому ви повинні вказати ім'я й шлях до файлу, у який буде збережений створений компонент.

Режим контекстного редагування, або, як його ще називають, редагування «на місці», має свої особливості. У даному режимі компонент, що редагується (активний) відображається синім кольором, а всі інші компоненти складання (пасивні) - зеленим. При переході в режим редагування компактна панель зміниться й прикмет вид, характерний для документа деталі. Щоб повернутися до нормального режиму роботи зі складанням, після того як ви завершите побудову деталі, відіжміть кнопку *Редагувати на місці* на панелі інструментів *Поточний стан*.

Будь-яка деталь, вставлена в складання, може бути відредагована «на місці». Для цього її необхідно виділити в дереві побудови або у вікні представлення моделі й нажати кнопку *Редагувати на місці*. Для запуску режиму контекстного редагування також можна використовувати команду контекстного меню *Редагувати на місці*, викликуваного на відповідному вузлі дерева побудови.

Команда *Створити складання* , що входить в одну групу із кнопкою *Створити деталь*, має схоже призначення. Відмінність полягає лише в тому, що в контексті складання створюється не деталь, а інше складання.

Щоб додати в складання вже побудовану деталь, файл якої зберігається на диску, призначена команда *Додати з файлу* . Після виклику команди з'явиться вікно *Виберіть модель*, у якому будуть запропоновані на вибір деталі, відкриті в поточному вікні КОМПАС (мал. 5). Якщо потрібна вам деталь або складання не відкрите в поточному сеансі, скористайтеся кнопкою *З файлу*, щоб завантажити її з диска.

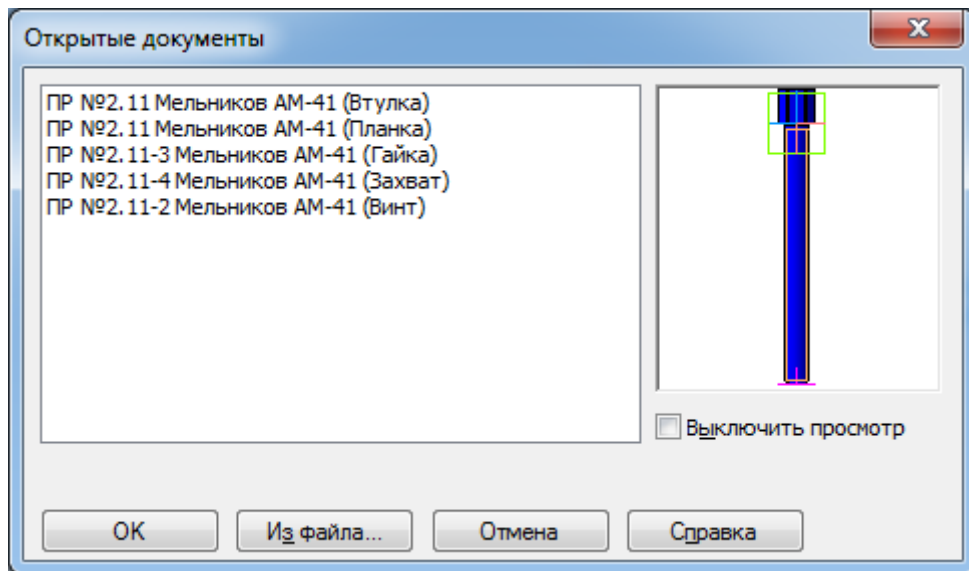




Рис. 5. Діалогове вікно *Виберіть модель*

Після відкриття деталі вона вільно переміщається за покажчиком у межах робочої області екрана, відображаючись при цьому у вигляді фантома. Якщо ви вставляєте в складання деталь, то фантом повністю відповідає формі деталі, що додається, якщо ж вставляється складання, то фантом являє собою лише її габаритний паралелепіпед. Для вставки компонента достатньо просто клацнути в потрібній точці вікна документа. Перший вставлений компонент складання завжди автоматично фіксується, усі наступні - ні. Ви можете зафіксувати компонент, виділивши його й виконавши команду контекстного меню *Включити фіксацію*.

Компоненти, вставлені з файлів КОМПАС-3D або імпортовані з інших файлів, після вставки можна обертати або переміщати, щоб додати їм необхідну орієнтацію в просторі складання.

Команда *Перемістити компонент*  служить для зміни положення компонента складання без зміни його орієнтації. Для переміщення після виклику команди слід нажати кнопку миші на потрібному об'єкті й перетягнути його. Під час переміщення можна включити режим контролю зіткнень, при якому система буде інформувати вас про зіткнення переміщуваної деталі з іншими компонентами складання. Для цього натисніть кнопку *Включити/виключити контроль зіткнень компонентів* на панелі властивостей після виклику команди *Перемістити компонент*. При спільних зіткненнях система буде видавати характерний звук і підсвічувати червоним ребра компонентів, що зіштовхнулися.

Команди для повороту компонентів об'єднані в одну групу на панелі *Редагування складання*.

Команда *Повернути компонент*  дозволяє довільно обертати в просторі обраний компонент навколо центральної точки його габаритного

паралелепіеда. Для обертання достатньо просто натиснути кнопку миші й переміщати покажчик.

Команда *Повернути компонент навколо осі* призначена для обертання компонента строго навколо зазначеної осі. У якості осі може виступати допоміжна вісь, прямолінійна ділянка тривимірної кривої або ребро. Дана кнопка неактивна, якщо у вікні документа не виділений жоден з перерахованих об'єктів.

Команда *Повернути компонент навколо точки* служить для обертання компонента складання навколо вершини або тривимірної крапки. Точка повинна бути виділена у вікні моделі перед викликом цієї команди.

Усі інші кнопки й групи кнопок, які розміщені на панелі *Редагування складання*, аналогічні форматворним командам, доступним для документа деталі. Однак ви повинні розуміти, що всі зміни у формі деталей, отримані внаслідок застосування форматворних операцій у складанні, не передаються у файли моделей. Якщо ви, наприклад, виконали вирізання, за допомогою якого створили отвір відразу в декількох компонентах складання, то самі деталі при цьому залишаться такими ж, якими були до виконання цієї операції.








Із вставкою деталей у складання ми розібралися, але як бути з точним їхнім розміщенням? Адже для побудови реальної моделі механізму недостатньо просто помістити складові в простір складання. Очевидно, що за допомогою команд переміщення й повороту компонентів точно позиціонувати вставлені деталі не вдасться. Саме для таких цілей у системі КОМПАС-3D існують команди сполучення компонентів.

Накладення сполучень, як правило, здійснюється між двома деталями й має на увазі установку певного роду зв'язків між характерними частинами елементів, що сполучаються (наприклад, стикування двох конкретних граней, сполучення осей, розміщення граней під певним кутом та ін.). Накладення сполучень змінює взаємне положення компонентів, після чого встановлені зв'язки діють протягом усього сеансу роботи зі складанням, якщо, звичайно, не будуть вилучені. Урахуйте, що накладення сполучень далеко не завжди означає фіксацію деталей, що сполучаються. Наприклад, якщо між двома циліндричними поверхнями встановлене сполучення *Співвісність*, кожний з компонентів усе ще володіє двома ступенями свободи, якщо на нього не накладене інших сполучень. Інакше кажучи, дані компоненти усе ще можуть рухатися уздовж загальної осі й робити обертаний рух навколо цієї осі, не порушуючи умови сполучення. Накладення трьох (рідше - двох) сполучень жорстко фіксує положення компонента в тривимірній сцені.

**ПРИМІТКА.** Завжди стежте за тим, щоб дії, що накладаються на компоненти сполучень не суперечили один одному. Протиріччя виникає, коли система не може розташувати компонент таким чином, щоб задовольнити вимогам відразу декількох сполучень. При цьому виникає помилка - деталь не

буде розташована належним чином, а в дереві побудов відповідна гілка буде відзначена знаком оклику в червоному кружку.

Усі функції для створення різних типів сполучень представлені на панелі інструментів *Сполучення*.

- *Паралельність*  - дозволяє розміщати компонент таким чином, щоб його обрана грань (ребро) була паралельна плоскій грані (ребру) іншого компонента складання.
- *Перпендикулярність*  - розміщає обрані об'єкти (ребра або плоскі грані компонентів) перпендикулярно один одному, відповідним чином змінюючи положення компонентів у просторі складання.
- *На відстані*  - дозволяє розташовувати деталі в складанні таким чином, щоб певні їхні елементи (зазначені при виконанні команди) перебували на заданій відстані друг від друга. За допомогою цієї команди ви, наприклад, можете задати відстань між плоскими гранями двох тіл, яке згодом буде зберігатися при будь-яких перебудовуваннях складання.
- *Під кутом*  - дає можливість розташувати компоненти складання таким чином, щоб їх елементи (грані або ребра) перебували під певним кутом.
- *Торкання*  - установлює сполучення торкання між гранями двох тіл. Цей тип сполучення не означає обов'язковий контакт двох тіл. Наприклад, якщо при виклику даної команди були зазначені плоска й сферична грані двох різних деталей, розміщених досить далеко одна від іншої, то складання перешикується так, що сферична грань буде стосуватися умовної площини, у якій лежить плоска грань, але не стосуватися самого тіла.
- *Співвісність*  - перебудовує компоненти складання таким чином, щоб осі зазначених циліндричних або конічних граней збігалися (перебували на одній прямій).
- *Збіг об'єктів*  - дозволяє «склеїти» два тіла по їхніх характерних елементах (плоским граням або ребрам).

ВІДЕОКУРС. Базові операції по формуванню складань і застосуванню сполучень показані у [відеоуроці](#) «Урок 22. Вставка компонентів і накладення сполучень» (6 хв 02 сек).

Питання для самоконтролю.

1. Дайте визначення поняттям: грань, ребро, вершина.
2. Що таке ескіз тривимірної операції і який загальний порядок його створення?
3. Охарактеризуйте команди додавання та видалення матеріалу деталі.
4. Як створюється нового креслення по моделі деталі?
5. Як створюється зборка з файлів раніше побудованих деталей?