

Лабораторна робота 4

Побудова тривимірних моделей деталей

Мета: вивчення основних методів побудови тривимірних моделей деталей в системі автоматизованого проектування *SolidWorks*.

Деталлю в SolidWorks називається тривимірний об'єкт, що складається з певної кількості елементів. Елементи – це окремі геометричні форми, в поєднанні утворюють деталь. Основні формотворчих елементи – бобишки і вирізи будуються на базі плоских ескізів. Інші елементи – оболонки, округлення, фаски перетворюють вже існуючу 3D модель.

Основні способи створення твердотільних елементів

У загальному випадку тривимірна твердотільна модель деталі в *SolidWorks* складається з безлічі «сконструйованих» елементів, або елементарних об'ємів [1].

Найбільш загальними способами опису тривимірних об'єктів є табличні способи, в яких обмежує обсяг формотворна поверхню визначається масивом точок з відомими координатами. Такий спосіб використовується в універсальних форматах файлів для зберігання інформації про тривимірні об'єкти.

Для побудови об'єктів зручнішим є аналітичний спосіб: форматворчих поверхні є результатом руху направляють відрізків уздовж одного або декількох утворюють.

До основних типів елементів в *SolidWorks* відносяться:

1. Витягування (рух по прямій лінії);
2. Обертання (рух по колу);
3. За траєкторією (рух уздовж довільної кривої);
4. За перерізами (рух кількох довільних утворюють уздовж кількох довільних напрямних).

В Відповідно до цих типів можуть бути виконані бобишки або основи (виступаючі частини деталі) і вирізи (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Методи створення твердотільної моделі в *SolidWorks*

До додаткових елементів (округлення, фаски, оболонки і ін.) Відносяться найбільш часто використовувані варіанти, або окремі випадки основних елементів.

Крім того, для створення елементів твердотільної геометрії можуть використовуватися масиви елементів – лінійні і кругові, а також дзеркальні копії елементів.

Додатково в *SolidWorks* реалізовані операції по перетворенню тривимірної геометрії деталі: **Деформація, Масштабування, Гнуття** і інші. Ці операції виконуються з одним елементом і замінюють процес створення складної геометрії. Іншим додатковим типом операцій є булеві операції. Вони виконуються з двома і більше елементами і необхідні для об'єднання елементів в єдиний об'єкт методами логічного вирахування або складання твердих тіл.

Твердотільні моделі в *SolidWorks* можна створювати одним із зазначених способів. Кінцевий результат не буде залежати від обраного способу, проте для кращого розуміння і зручності редагування рекомендується виконувати модель аналогічно технологічним процесом її виготовлення. Якщо обробку вала передбачається вести за допомогою токарних операцій, то і модель слід отримувати методами обертання контуру.

Витягнуті об'єкти

Операцію **Витягування** можна уявити як процес переміщення намальованого в **Sketch** контуру уздовж деякого відрізка (внаслідок переміщення окружності буде отримано циліндр).

Щоб активізувати операцію, необхідно виконати команду на панелі інструментів **Extruded Boss/Base** (для створення підстави) або **Extruded Cut** (для створення вирізу в побудованому твердому тілі).

При побудові елемента методом **Витягування** в менеджері властивостей відображаються три складові у вигляді трьох панелей (рис. 3.2):

- початкова умова для створення елемента (панель **View**);
- граничні умови;
- модифікації команди.

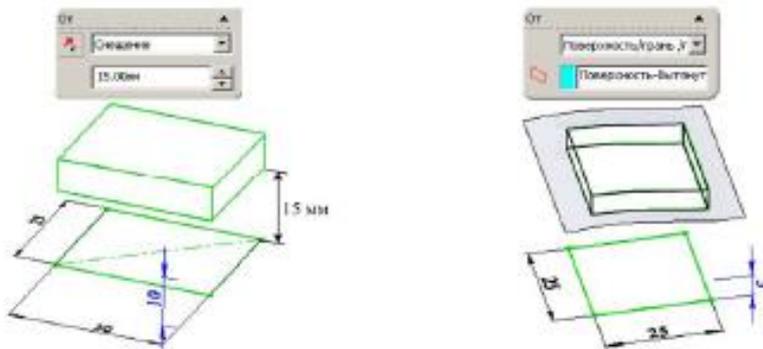


Рисунок 4.2 – Приклади початкових умов операції **Extruded Boss/Base**

Комбінації цих складових призводять до того, що для одного і того ж ескізу будуть побудовані різні варіанти конструкцій твердого тіла.

В якості початкової умови для створення елемента можуть бути задані:

- площина ескізу;
- поверхня, грань, площину або вершина 3D моделі;
- зміщення.

У першому випадку тверде тіло буде побудовано від площини, на якій знаходиться ескіз, у другому - від обраного геометричного елемента, а в третьому – від умовної поверхні, зміщеною паралельно площині ескізу на задану відстань. При виборі в якості початкової умови поверхонь, граней або площин контур елемента **Extruded Boss/Base** повинен повністю перебувати в їх межах.

Граничні умови служать для визначення меж витягнутого елемента. Якщо уявити, що операція витягування виконується шляхом переміщення ескізу уздовж спрямованого відрізка, то роль його першої точки будуть виконувати початкові умови, а другий - граничні. Всього є вісім умов, які в якості вихідної інформації повинні приймати або чисельні значення розмірів, або геометричні об'єкти:

1. **Blind** (На задану відстань) – визначає межу витягнутого елемента шляхом явного вказівки глибини витягування (значення можна задавати в чисельному вигляді або перетягуванням мишкою стрелкінаправлення витягування на попередньому вигляді (рис. 4.3).

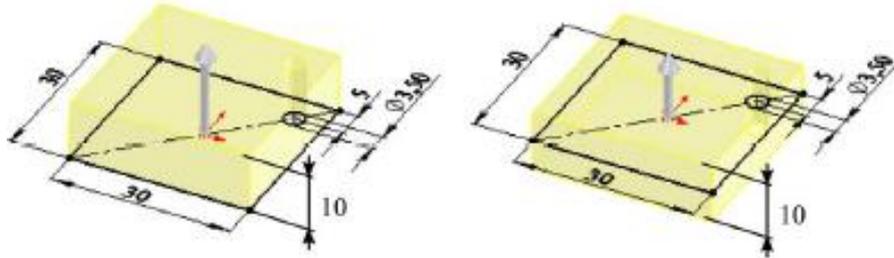


Рисунок 4.3 – Приклади граничних умов операції **Витягування**

2. **Through All** (Крізь усе) – ескіз витягується через всю існуючу геометрію.

3. **Up to Next** (До наступної) – витягується елемент від площини ескізу до наступної поверхні, що затуляє весь профіль (наступна поверхня повинна належати батьківській деталі).

4. **Up to Vertex** (До вершини) – ескіз витягується до розташованої паралельно площині, що проходить через задану вершину.

5. **Up to Surface** (До поверхні) – елемент заповнює область від площини ескізу до обраної поверхні.

6. **Offset from Surface** (На відстані від поверхні) – елемент заповнює область від площини ескізу до поверхні, еквідистантним обраної.

7. **Up to Body** (До тіла) – будується елемент від площини ескізу до заданого тіла (використовується в багатотільних деталях, збірках, ливарних формах).

8. **Mid Plane** (Від середньої поверхні) – елемент створюється шляхом витягування ескізу на рівну глибину в обох напрямках від площини побудови ескізу (див. рис. 4.3).

Обмежувати витяжку можна тільки в одному напрямку.

Так як ескіз щодо площині побудови дозволяється витягати в двох взаємно протилежних напрямках, скористаємося двома панелями інструментів **Direction 1** і **Direction 2**.

Змінити напрямок витягування на протилежне можна, клацнувши на кнопці  **Reverse Direction** (Реверс напрямку), розташованої зліва від списку.

Основними модифікаціями команди **Extruded Boss/Base** є:

Створення багатотільних деталей. Якщо прапорець **Результат злиття** зняти, то базовий елемент і **Boss-Extrude**, ескіз якого побудований на одній з поверхонь базового, будуть являти собою різні тверді тіла (щось на кшталт збирання, вміщеній в файл деталі).

Напрямок витягування. За замовчуванням *SolidWorks* виконує витяжку контуру елемента перпендикулярно площині ескізу, проте можна

вказати довільний кут нахилу вектора витяжки за допомогою двомірного або тривимірного ескізу.

Кут нахилу при витягуванні ескізу. При наявності ухилу результуючий елемент матиме звуження або розширення (замість циліндра виходить конус, паралелепіпеда - піраміда і т.д.).

Для виконання модифікації досить натиснути кнопку **Увімкнути/Вимкнути ухил**, задати кут і напрямок звуження (всередину/назовні).

Thin Feature (Тонкостінний елемент). Тонкостінні витягнуті елементи можна створювати на основі як замкнутих, так і незамкнутих ескізів. Ця операція вимагає вказівки напряму зміщення ескізу (всередину або назовні) для створення порожнини всередині елемента, а також величини зсуву в кожному напрямку. Метод визначення товщини задається в списку **Тип**: в одному напрямку (використовується для додавання товщини з одного боку ескізу); від середньої поверхні (рівна товщина в обох напрямках); в двох напрямках (різна товщина з двох сторін від ескізу).

Cap Ends (Торцева пробка). Відображається лише в разі створення тонкостінного елемента, ескіз якого є замкнутим контуром.

Якщо цей прапорець встановлений, то на двох кінцях витягнутого тонкостінного елемента створюються межі із заданою товщиною (встановлюється у відповідному лічильнику).

Selected Contours (Обрані контури). Дозволяє використовувати неповний ескіз для створення витяжки елементів.

Повернені елементи

Повернені елементи додають або видаляють матеріал шляхом повороту одного або декількох профілів навколо осьової лінії.

Можна створювати **Revolved Boss/Base**, **Revolved Cut** або **Revolved Surface**. Повернений елемент може бути твердотілим елементом, тонкостінним елементом або поверхнею.

При створенні тіл обертання існує кілька обмежень:

– в ескізі має бути присутня мінімум одна лінія з властивістю **Reference Geometry** (Допоміжна геометрія) – вісь обертання;

– контур не може перетинати осьову лінію або торкатися її в ізольованій точці;

– контур повинен бути замкнутим (інакше буде створена тонкостінна деталь).

Інструмент **Revolved Boss/Base** надає три можливих варіанти побудови моделі: **Revolve** (Елемент обертання), **Thin Feature** і елемент, побудований на основі замкнутих **обраних контурів (Selected Contours)** ескізу (рис. 4.4).

Ескіз повернутого елемента може складатися з одного або декількох замкнутих контурів, осей обертання, побудованих осьової допоміжної

ліній. Якщо в ескізі кілька осей, то вісь, навколо якої буде повертатися контур, необхідно вказати при побудові твердотільного елемента (при натисненні лівої кнопки миші). При побудові елемента обов'язково повинні бути вказані напрямок і кут повороту (рис. 4.4).

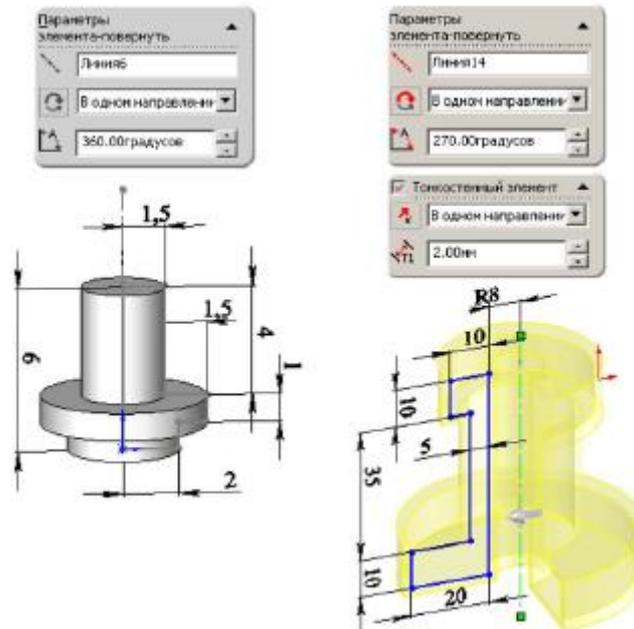


Рисунок 4.4 – Основні параметри операції обертання в *SolidWorks*

Тонкостінний елемент обертання застосовується в основному для створення оболонкових форм. Для тонкостінного елемента додатково виникне потреба у вказівках напрямки і чисельного значення товщини (для цього варіанту не обов'язкова наявність замкнутого контуру).

Варіант побудови тіла обертання на основі **Вибраних контурів** застосовується в разі, коли контур обертання вдається поставити тільки у вигляді комбінації окремих складних фігур.

При виборі способу побудови твердого тіла методом обертання необхідно враховувати ступінь складності профілю ескізу. Спочатку складність ескізу для елементів, отриманих обертанням, буде вище.

У загальному випадку, чим складніше ескіз, тим менша кількість конструктивних елементів знадобиться для побудови деталі, більш раціонально будуть використані ресурси комп'ютера. Однак розробнику простіше контролювати процес побудови моделі, якщо ескізи будуть максимально спрощені (в ескізах не містяться дрібні конструкційні елементи: округлення і фаски).

Елемент по траєкторії

При використанні елемента **Swept Boss/Base**  створюються підстави, бобишка, виріз або поверхню шляхом переміщення контура (профілю) по направляючої (маршруту). На відміну від елементів **Extruded Boss/Base** і **Revolved Boss/Base** для побудови елемента **Swept Boss/Base**

необхідно виконати два **Ескізи**: один ескіз із зображенням профілю, другий – із зображенням маршруту руху.

Основні правила побудови елемента **Swept Boss/Base**:

1. Профіль повинен бути замкнутим для заснування або бобишки по траєкторії, для елемента поверхні по траєкторії профіль може бути замкнутим або розімкнутим.

2. Як спрямовуючу силу може виступати разомкнута крива або замкнута.

3. Напрямок може бути безліччю з намальованих кривих, що містяться в одному ескізі, кривої або безліччю крайок моделі.

4. Початкова точка напрямку маршруту повинна лежати на площині профілю.

На рис 4.5 показаний приклад побудови тривимірної моделі заготовки для виготовлення ручки електронного блоку методом **Swept Boss/Base**. Ескізи профілю та напрямки побудовані на взаємно перпендикулярних площинах **Front** і **Top** відповідно.

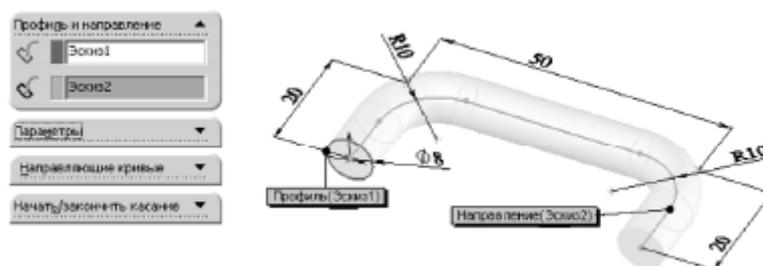


Рисунок 4.5 – Побудова елемента **Swept Boss/Base**

Зміст вкладок **Параметри** і **Почати**, закінчити дотик елемента **Swept Boss/Base** використовується для створення складної геометрії моделі. Опція **Напрявні криві** використовується для визначення ліній, напрямних профілю, коли він витягується уздовж маршруту. Приклад використання напрямних кривих - створення елемента із змінним профілем.

Повний опис цих складових міститься в [2], а також в довідковій системі *SolidWorks*.

Елемент за перерізами

Команда **Lofted Boss/Base** (За перерізами)  створює елемент шляхом побудови переходів між профілями (рис. 4.6). Елемент по перетинах може бути підставою, бобишкою, вирізом або поверхнею. Для конструювання такого елемента необхідно не менше двох перетинів.

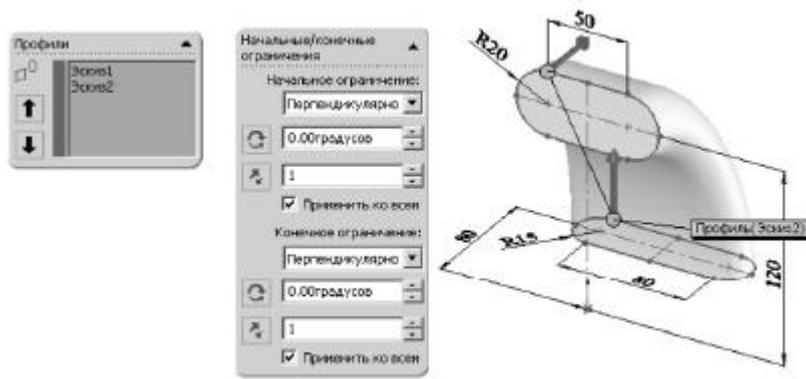


Рисунок 4.6 – Побудова елемента **Lofted Boss/Base** з використанням початкових і кінцевих обмежень

У вікні **Профілі** необхідно вказати контури, які використовуються для створення елемента по перетинах. Як профілю можна застосовувати:

- плоскі ескізи на площинах тривимірного простору;
- межі (не обов’язково плоскі) раніше побудованої моделі або межі, створені лініями роз’єму, плоскими профілями або поверхнями;
- кромки існуючих елементів;
- точки ескізу (як крайні профілів).

Для твердотільного елемента **Lofted Boss/Base** крайні профілі обов’язково повинні бути гранями моделі, плоскими ескізами або точками.

Елементи по перетинах будуються на основі порядку вибору профілю. Зміна порядку виконується за допомогою кнопок **↑** і **↓**.

Обов’язковою складовою елемента **Lofted Boss/Base** є **Guide Curve** (Напрямна крива). Навіть якщо **Guide Curve** не була побудована заздалегідь в окремому ескізі, її роль виконує віртуальна лінія, яка утворюється в процесі вибору перетинів і відображається в графічній області. Управляти віртуальною направляючою можливо переміщенням її кінцевих точок (див. рис. 4.6).

Для точного побудови тривимірної геометрії методом **Lofted Boss/Base** використання **Guide Curve** є обов’язковим. Основними вимогами до направляючої кривої є:

- прямна повинна лежати в площині, яка перетинає площини перетину;
- прямна повинна перетинати профілі;
- в якості направляючої можна використовувати лінії раніше створених об’єктів.

Елементи **Lofted Boss/Base** є найбільш складним для побудови з усіх чотирьох аналітичних способів побудови тривимірної геометрії в *SolidWorks*. Повний опис параметрів елемента **Lofted Boss/Base** міститься в [2] і в довідковій системі *SolidWorks*.

Елементи **Lofted Boss/Base** можуть бути використані при розробці оригінальних корпусів і лицьових панелей електронних приладів зі

складним дизайном, а також для створення елементів з геометрією, що змінюється за певними заданими законами.

Довідкова геометрія

Для використання ряду інструментів роботи з тривимірними моделями необхідно застосовувати додаткові елементи побудови: осі, площини, точки, що не належать до жодного елементу або ескізу моделі.

Для побудови подібних об'єктів в *SolidWorks* використовуються інструменти **Reference Geometry: Plane** (Площина), **Axis** (Вісь), **Coordinate System** (Система координат), **Point** (Точка), **Mate Reference** (Посилання на взаємозв'язок) (рис. 4.7).

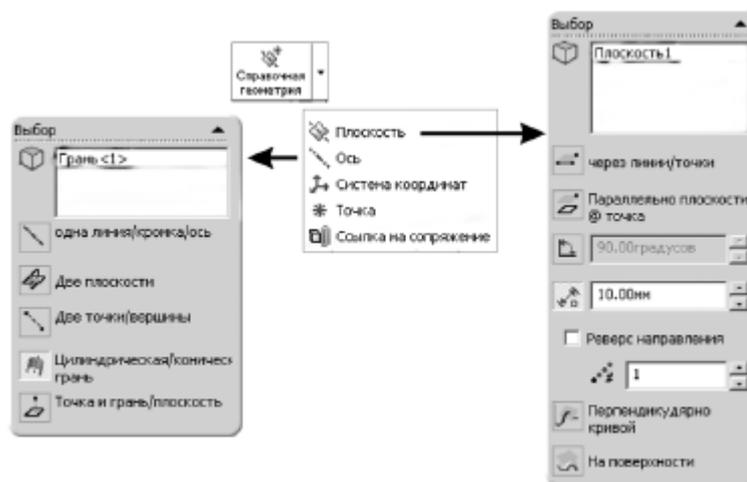


Рисунок 4.7 – Елементи Reference Geometry *SolidWorks*

Найбільш часто при створенні твердотільної тривимірної моделі використовуються інструменти **Plane** і **Axis**. Додаткові **площини** застосовуються в елементах по траєкторії і по перетинах.

Осі необхідні для створення кругових масивів елементів. Всі створені **Довідкової геометрією** об'єкти будуть відображатися як в **Графічній області**, так і в **FeatureManager**.

Для інструментів **Plane** і **Axis** у вікні групи **Select** необхідно вказати спосіб створення довідкової площини (при натисканні відповідної піктограми) і вибрати в графічній області об'єкти, на базі яких площина буде побудована. Як об'єкти можуть виступати раніше створені площини, лінії, точки, елементи ескізів, криві і поверхні (див. Рис. 3.7).

Інструменти створення фасок і округлень

Фаски і округлення відносяться до дрібних конструкційних елементів деталей. У загальному випадку результатом роботи відповідних інструментів **Chamfer** (Фаска) і **Fillet** (Округлення) є зміна форми кромки тривимірної моделі.

Інструмент **Chamfer**  створює скіс на обраних крайках, гранях або вершині. Вікно властивостей містить параметри вибору об'єктів (кромки,

вершини або грані), а також завдання типу визначення фаски і необхідні розміри (рис. 4.8). Найбільш часто використовуваним типом є визначення відстані і кута фаски (відображається на кресленнях відповідно до ЕСКД).

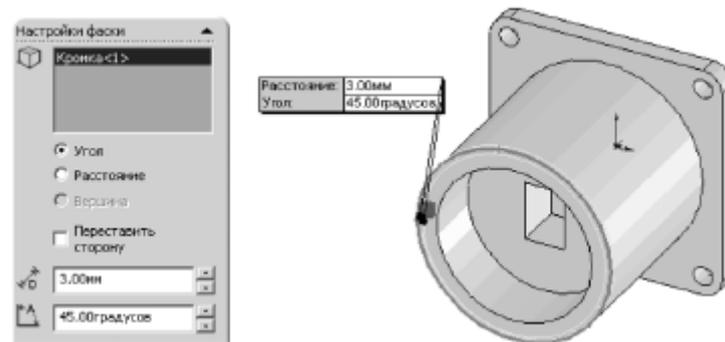


Рисунок 4.8. Інструмент створення фаски в *SolidWorks*

Інструмент **Fillet**  створює округлений внутрішню або зовнішню грань на деталі. Можна округлити все кромки межі, обрані безлічі граней, вибрані кромки або петлі.

Загальні правила при створенні округлень:

- великі округлення слід будувати раніше малих;
- необхідні ухили в тривимірної моделі (ливарні деталі) слід виконувати перед округленнями;
- дрібні округлення виконувати в найостаннішу чергу;
- необхідно використовувати єдину операцію **Fillet** з однаковим радіусом для декількох крайок.

З точки зору розробника додавання округлень сприяє естетичної привабливості виробу. Округлення також попереджають появу небажаних концентрацій напруги і дозволяють уникнути гострих граней.

Округлення змінного радіуса є одним з методів створення складної геометрії деталі.

Інструменти створення масивів твердотільних елементів

У загальному випадку будь-який масив заснований на **Вихідному елементі**.

Процес проектування з використанням масивів компонентів складається з двох етапів:

1. Створюється базова частина деталі.
2. Тіло копіюється за допомогою відповідного інструменту з метою отримання залишилася геометрії.

Найбільш простою формою створення тривимірного масиву є **Mirror** (Дзеркальне відображення) .

Для дзеркального копіювання потрібно виділити площину симетрії (будь-яка площина або грань моделі), а також копіюються елементи, межі або тверді тіла (рис. 4.9).

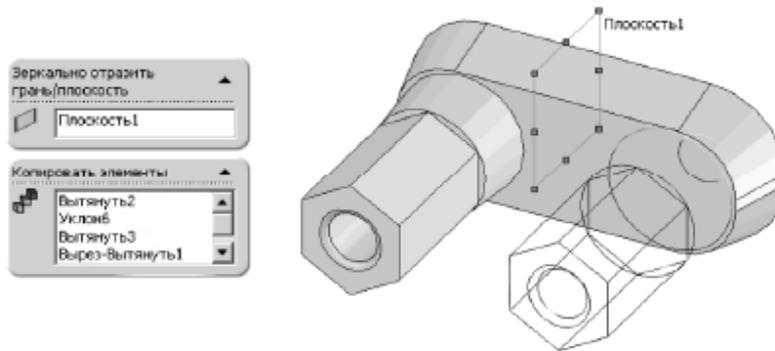


Рисунок 4.9. Реалізація інструменту **Mirror**

Для інструмента **Linear Pattern** (Лінійний масив)  слід вибрати елементи, потім вказати напрямок (будь-яка пряма лінія, що належить тривимірному об'єкту або ескізу), лінійний інтервал і загальне число повторень.

Для **Circular Pattern** (Кругового масиву)  необхідно вибрати елементи, кромку або вісь в якості центру обертання. Параметри масиву визначаються загальним числом повторень і кутовим інтервалом між екземплярами (рис. 4.10).

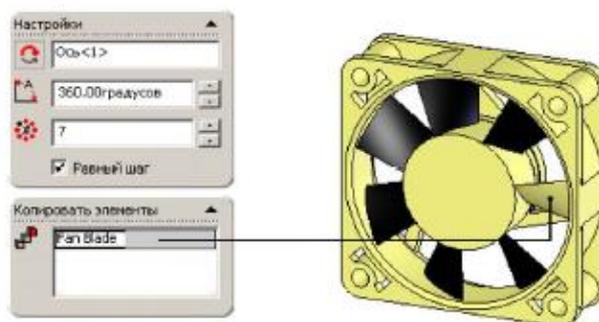


Рисунок 4.10 – Інструмент **Circular Pattern**

Оболонки

Команда **Shell** (Оболонка)  використовується для створення тонкостінних елементів. При цьому обрані грані залишаються відкритими, тонкостінні елементи створюються на інших гранях. Якщо на моделі не обрана ніяка грань, можна створити оболонку твердотільної деталі, тим самим створивши замкнуту **порожнисту модель**.

Інструмент **Shell** вимагає для введення дві групи вихідних даних:

1. **Parameters** (Налаштування) – вказується товщина стінок моделі за замовчуванням для всіх поверхонь, а також межі, які будуть видалені з метою створення незамкненою порожнистої моделі.

2. **Multi-thickness Settings** (Налаштування – різна товщина) – вказуються поверхні, товщина стінок яких повинна відрізнитися від прийнятої за замовчуванням.

У деяких моделях побудувати оболонку не вдається через конфліктів геометрії: вказане значення товщини оболонки перевищує мінімальне

значення радіуса кривизни поверхні. В цьому випадку необхідно виправити модель або змінити значення товщини оболонки. У *SolidWorks* існує інструмент діагностики подібних помилок: верхнє меню **Tools** (Інструменти) >> **Geometry Analysis** (Перевірити) (рис. 4.11).

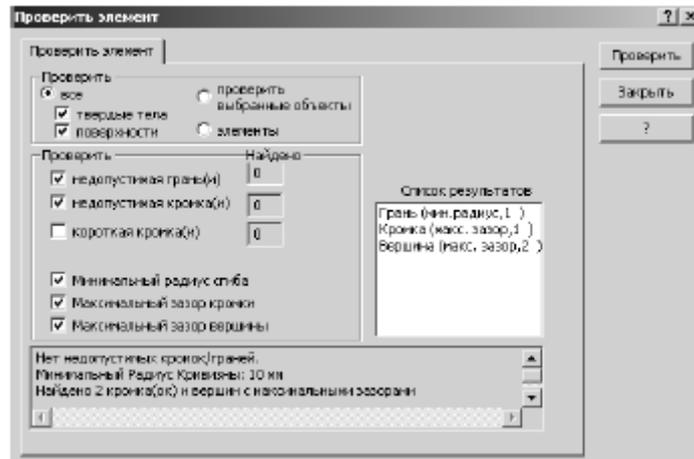


Рисунок 4.11 – Діагностика помилок тривимірної моделі

Правила побудови тривимірних моделей деталей

При проектуванні електронних засобів до деталей *SolidWorks*, що вимагає побудови тривимірної параметричної моделі, можуть бути віднесені:

- оригінальні деталі виробів;
- типові покупні вироби (електрорадіоелементи, корпусу, кріпильні деталі);
- стандартні вироби (кріплення).

Незважаючи на те що загальної бібліотеки тривимірних моделей типових і стандартних виробів не існує, частина з них промодельовати. Подібна робота проводиться на підприємствах, що займаються розробкою електронної апаратури, в навчальних закладах, які готують в області тривимірних САПР, а також за підтримки сервісу компанії *SolidWorks*. У загальному випадку розробник повинен бути готовим будувати моделі будь-яких виробів, в тому числі і типових.

Процес побудови тривимірних моделей деталей слід починати з найбільш великих конструктивних елементів, поступово видаляючи матеріал або додаючи більш дрібні елементи. Розробку складових конструкції, які не беруть участі в створенні інших елементів (наприклад, фаски, округлення, кріпильні отвори і т.п.), необхідно перенести на останні етапи моделювання. Якщо виріб має одну або кілька площин симетрії, більш доцільно (і менш трудомістким) змодельовати лише частину конструкції, а решту отримати методом дзеркального відображення.

