

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

**Кафедра експериментальної фізики та
інформаційно-вимірювальних технологій**

ТВЕРДОТІЛЬНЕ ПАРАМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Курс лекцій

Луцьк

2017

УДК 629.33:004.94(07)

ББК 39.33:30.2я7

Т 22

Рекомендовано до друку науково–методичною радою Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки (протокол № 4 від 20 грудня 2017 р.).

Рецензенти: *Федонюк А. А.* – кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри вищої математики та інформатики, СНУ імені Лесі Українки;

Сахнюк В. Є. – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри теоретичної та математичної фізики, СНУ імені Лесі Українки.

Т 22 **Твердотільне параметричне моделювання** : курс лекцій / Булік Ю. В., Замуруєва О. В., Коровицький А. М., Ольхова Н. В. – Луцьк : Вид-во ..., 2017. – 58 с.

Курс лекцій призначений для освоєння студентами ВНЗ основ проектування в Pro/ENGINEER, ознайомлення з основними модулями і командами системи, що забезпечує якісну підготовку фахівців природничих і інженерних спеціальностей. Програмний продукт Pro/ENGINEER широко розповсюджена повнофункціональна система автоматизованого проектування високого рівня, що охоплює весь цикл «конструювання – виробництво» у машинобудуванні і побудована на оригінальній технології параметризації Proven Technology. На численних прикладах показані функціональні можливості програми з моделювання 2D- і 3D-об'єктів.

Структура видання охоплює навчальні дисципліни «Інженерна графіка», «Основи технічної інформатики», «Методики розробки проектів», «Технічне проектування», й містять набір матеріалів необхідних для організації повноцінної аудиторної та самостійної роботи студентів.

Навчальне видання відповідає чинним навчальним програмам підготовки й рекомендовано студентам спеціальностей 014 Середня освіта (фізика), 104 Фізика та астрономія, 105 Прикладна фізика та наноматеріали, 151 Автоматизація та комп'ютерно-орієнтовані технології.

УДК

ББК

© Булік Ю. В., Замуруєва О. В., Коровицький А. М., Ольхова Н. В., 2017

© Східноєвропейський національний університету імені Лесі Українки, 2017

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП..... | 4 |
| Розділ 1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ РОБОТИ З СИСТЕМОЮ Pro/ENGINEER..... | 5 |
| 1.1. Основне меню..... | 5 |
| 1.2. Панель інструментів..... | 6 |
| 1.3. Головне робоче вікно..... | 9 |
| 1.4. Робочі вікна..... | 10 |
| 1.5. Налаштування системи..... | 11 |
| Розділ 2. ДВОМІРНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТА КРЕСЛЕННЯ..... | 13 |
| 2.1. Основні команди при виконанні ескізу деталі..... | 13 |
| 2.2. Етапи створення ескізу деталі..... | 14 |
| 2.3. Імпорт файлів у середовищі ескізування..... | 16 |
| 2.4. Рекомендації по роботі в середовищі ескізування..... | 17 |
| Розділ 3. СИСТЕМА ТВЕРДОТІЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ Creo 3.0..... | 18 |
| 3.1. Вступ в Creo 3.0..... | 18 |
| 3.2. Створення нової моделі та ескізних елементів..... | 22 |
| 3.3. Створення безескізних елементів..... | 24 |
| 3.4. Створення опорної геометрії..... | 29 |
| 3.5. Редагування моделей..... | 31 |
| Розділ 4. ЗБІР КОМПОНЕНТІВ..... | 35 |
| 4.1. Основні способи створення систем..... | 35 |
| 4.2. Управління моделями..... | 38 |
| 4.3. Створення дизайнерських елементів..... | 40 |
| 4.4. Збір з використанням інтерфейсів і адаптивних компонентів..... | 41 |
| Розділ 5. СТВОРЕННЯ КРЕСЛЕНЬ..... | 43 |
| 5.1. Алгоритми створення креслення..... | 43 |
| 5.2. Отримання інформації про моделі і усунення відказів при регенерації..... | 45 |
| 5.3. Створення геометрії за поверхнями та кривими..... | 47 |
| 5.4. Створення елементів з використанням ескізу..... | 49 |
| Розділ 6. КОПІЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ..... | 51 |
| 6.1. Застосування масивів..... | 51 |
| 6.2. Створення в таблиці сімейств, відношень і параметрів..... | 52 |
| 6.3. Аналіз і оптимізація моделей..... | 54 |
| СПИСОК ДЖЕРЕЛ..... | 56 |

ВСТУП

У наш час стає очевидним, що рівень розвитку підприємства оцінюється рівнем наявних на підприємстві інформаційних технологій, ступенем комплексної автоматизації процесів конструювання і технологічної підготовки виробництва з виходом на станки з ЧПУ. Впровадження у виробництво систем автоматизованого виробництва високого рівня, тобто комплексна автоматизація конструкторсько-технологічних робіт, реально вирішує проблеми якості і суттєво скорочує строки розробки креслярсько-конструкторської документації.

У даний час широко впроваджуються параметричні системи трьохвимірною твердотільного моделювання, що орієнтовані на приладобудування та машинобудування.

Pro/ENGINEER – перевірений передовими промисловими компаніями вичерпний набір інструментальних засобів автоматизації проектування і водночас унікальна система проектування масштабу підприємства. Pro/ENGINEER включає в себе інтегрований набір модулів, що охоплює весь діапазон операцій, які застосовуються на різних етапах життєвого циклу виробу.

Система Pro/ENGINEER розроблена компанією PTC (Parametric Technology Corporation) і основана на ядрі параметричного твердотільного і поверхневого моделювання GRANITE ONE (власна розробка PTC). Її особливість – це єдиний набір команд для твердотільного і поверхневого моделювання, а також реалізація всіх засобів моделювання процесів на рівні ядра, що забезпечує максимальну простоту і гнучкість при проектуванні виробів необмеженої складності.

РОЗДІЛ 1

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ РОБОТИ З СИСТЕМОЮ Pro/ENGINEER

1.1. Основне меню

Після запуску програми Pro/ENGINEER відкривається робоче вікно цієї системи (рис. 1.1), яке складається з наступних зон: основне меню, панель інструментів, головне робоче вікно, дерево моделі, область повідомлень і диспетчер меню.

Основне меню розташовується у верхній частині вікна програми і складається з наступних команд:

- **File\Файл** – команди управління файлами;
- **Edit\Редагувати** – команди управління і обробки об'єктів;
- **View\Вид** – команди відображення моделі;
- **Insert\Вставити** – команди тривимірного моделювання;
- **Analysis\Аналіз** – команди роботи з моделями, поверхнями, кривими, рухом, чутливістю і оптимізацією;
- **Info\Інфо** – команди обробки запитів і звітів;
- **Applications\Додатки** – виконувані модулі Pro/ENGINEER;
- **Tools\Інструменти** – команди зміни параметрів;
- **Window\Вікно** – команди керування вікнами;
- **Help\Допомога** – команди довідки.

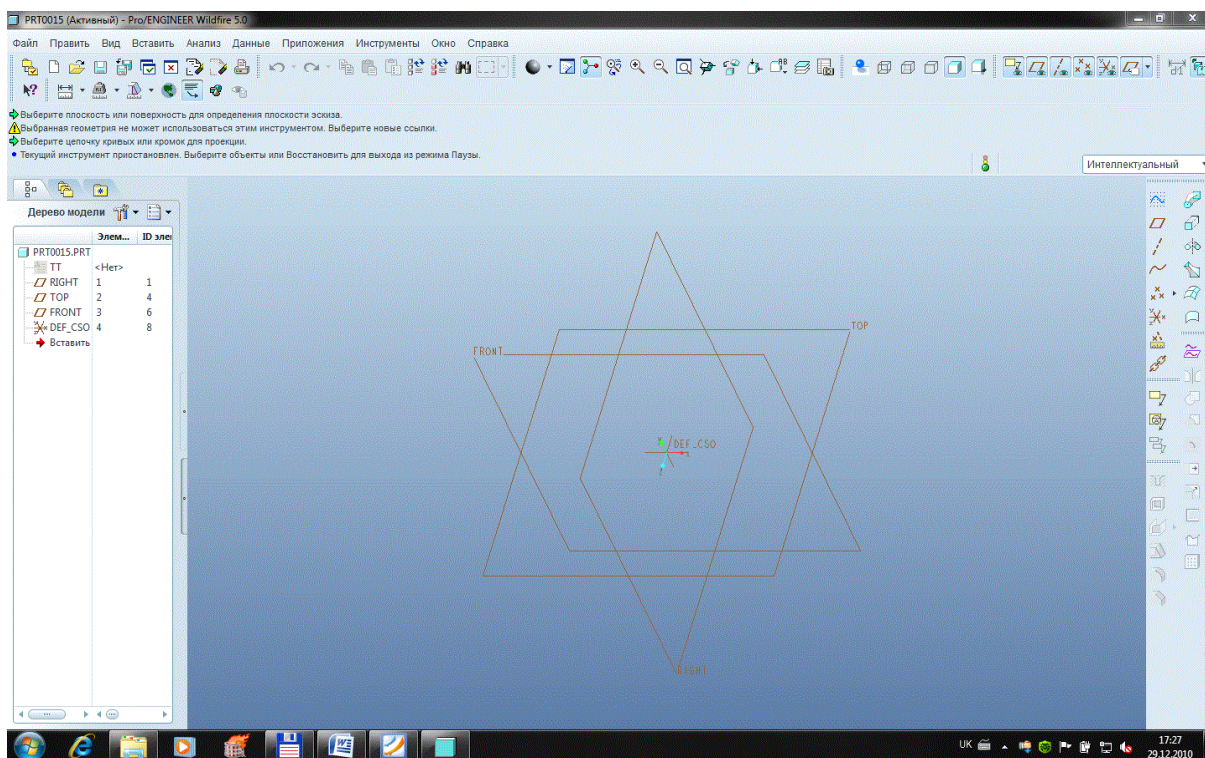













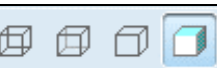










Рис. 1.1. Робоче вікно системи Pro/ENGINEER

1.2. Панель інструментів

Панель інструментів розташовується у вікні програми над робочим вікном, нижче основного меню. У залежності від режиму роботи набір її кнопок може змінюватися. Першими ліворуч на панелі інструментів розташовані кнопки, що дублюють команди меню **File\Файл**.

| | |
|---|--|
|  | Створити новий об'єкт – дозволяє створити новий документ для рисунка, моделі, креслення, складальної одиниці; відкриває на екрані діалогове вікно Create\Створити (рис. 1.2). |
|  | Відкрити – дозволяє відкрити вже створений файл (ескіз, деталь, складальну одиницю); відкриває діалогове вікно Відкрити файл (рис. 1.3). |
|  | Зберегти – зберігає файл відкритого документа під присвоєним ім'ям в попередньо створеній робочій папці (рис. 1.4). |
|  | Друк – виводить вміст робочого вікна на друк. |
|  | Скасувати – скасовує останню виконану команду. |
|  | Відновити – повертає скасовану команду. |
|  | Перемалювати екран – оновлює екран, видаляє зайві лінії і точки. |
|  | Збільшення масштабу зображення, зменшення масштабу зображення, зміна масштабу відображення в розмір моделі. |
|  | Поворот моделі відносно центру або відносно довільної точки. |
|  | Ввімкнути/вимкнути базові площини. |
|  | Орієнтувати модель – дозволяє вибрати потрібну орієнтацію моделі. |
|  | Список збережених видів – дозволяє зафіксувати вид у встановленій або обраній за замовчуванням орієнтації. |
|  | Відобразити шар – дозволяє відображати вже наявні і створювати нові шари, на яких розміщуються твердотільні або нетвердотільні елементи моделі, компоненти складальної одиниці, креслярська геометрія певного виду. |
|  | Каркасне зображення, зображення з підсвічуванням невидимих ліній, відображення без невидимих ліній, зафарбоване зображення. |
|  | Ввімкнути/вимкнути базові площини, базові осі, базові точки, базові системи координат. |
|  | Ввімкнути/вимкнути відображення розмірів, відображення закріплення, сітку, відображення вершин у перерізі. |

| | |
|---|--|
|  | Дозволяє орієнтувати площину ескізу паралельно екрану. |
|  | Контекстно-залежна допомога. |
|  | Ввімкнути/вимкнути дерево моделі, навігатор папок, вибране. |
|  | Дозволяє регенерувати (перемалювати) модель. |
|  | Здійснює пошук, фільтрацію і вибір об'єктів в моделі за правилами та критеріями. |
|  | Дозволяє вибрати об'єкти всередині прямокутника. |

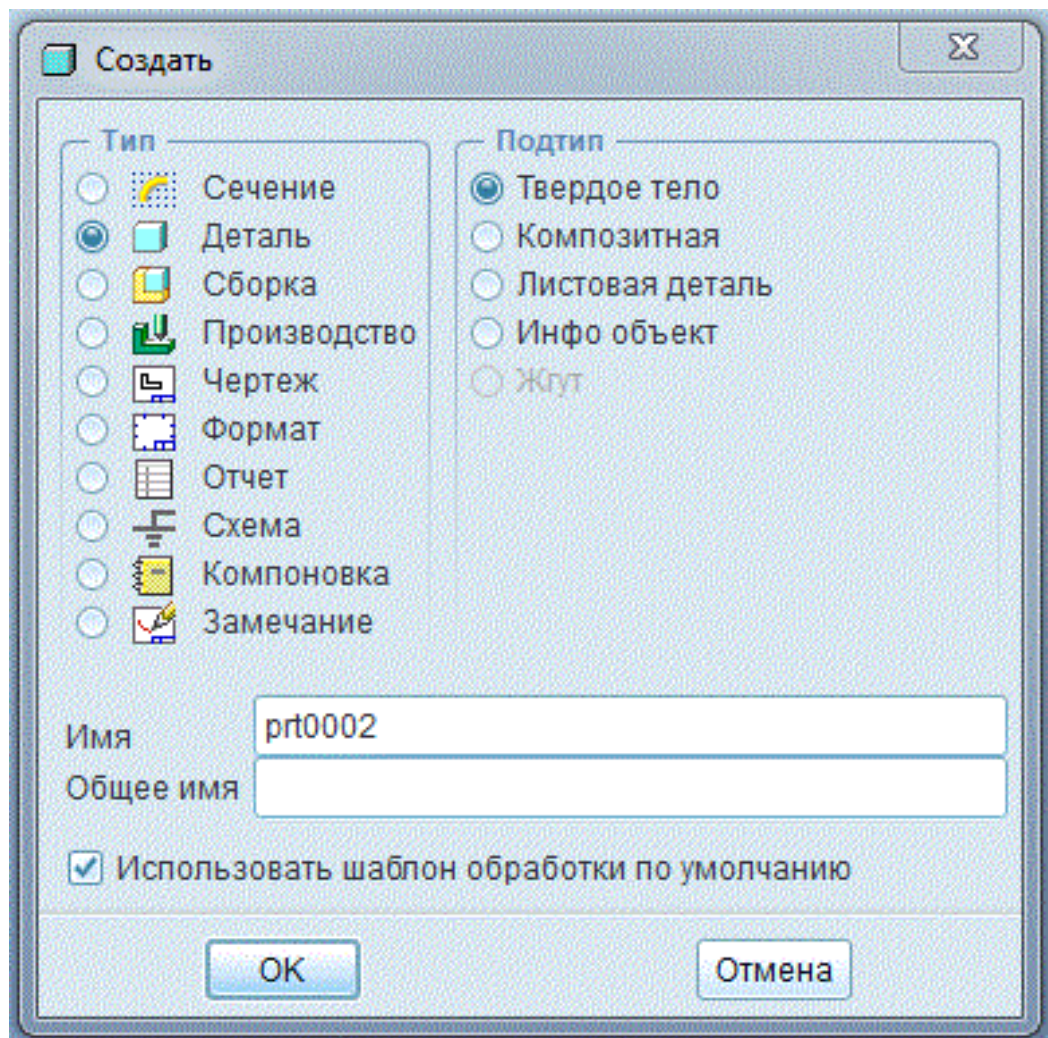


Рис. 1.2. Діалогове вікно створення нового об'єкта **Create\Створити**

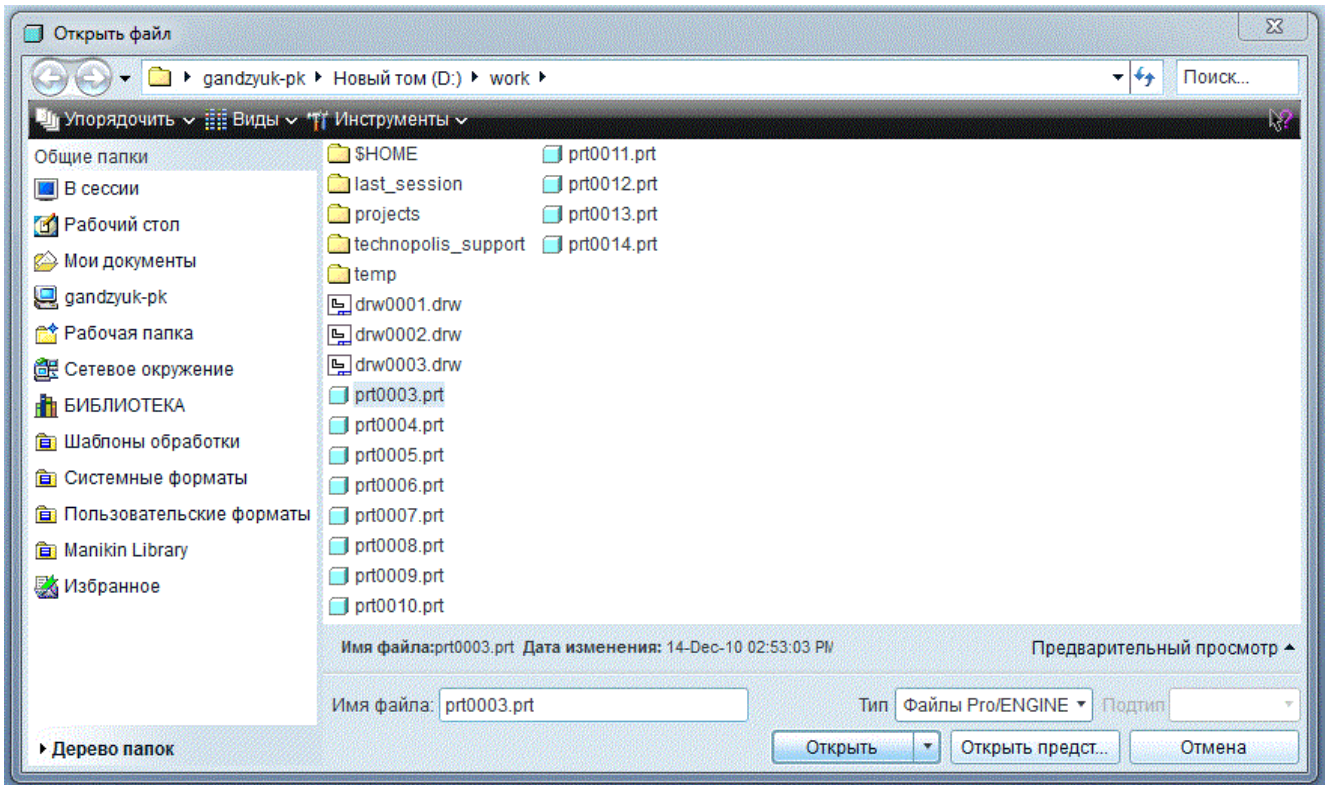


Рис. 1.3. Диалогове вікно **File Open\Відкрити файл**

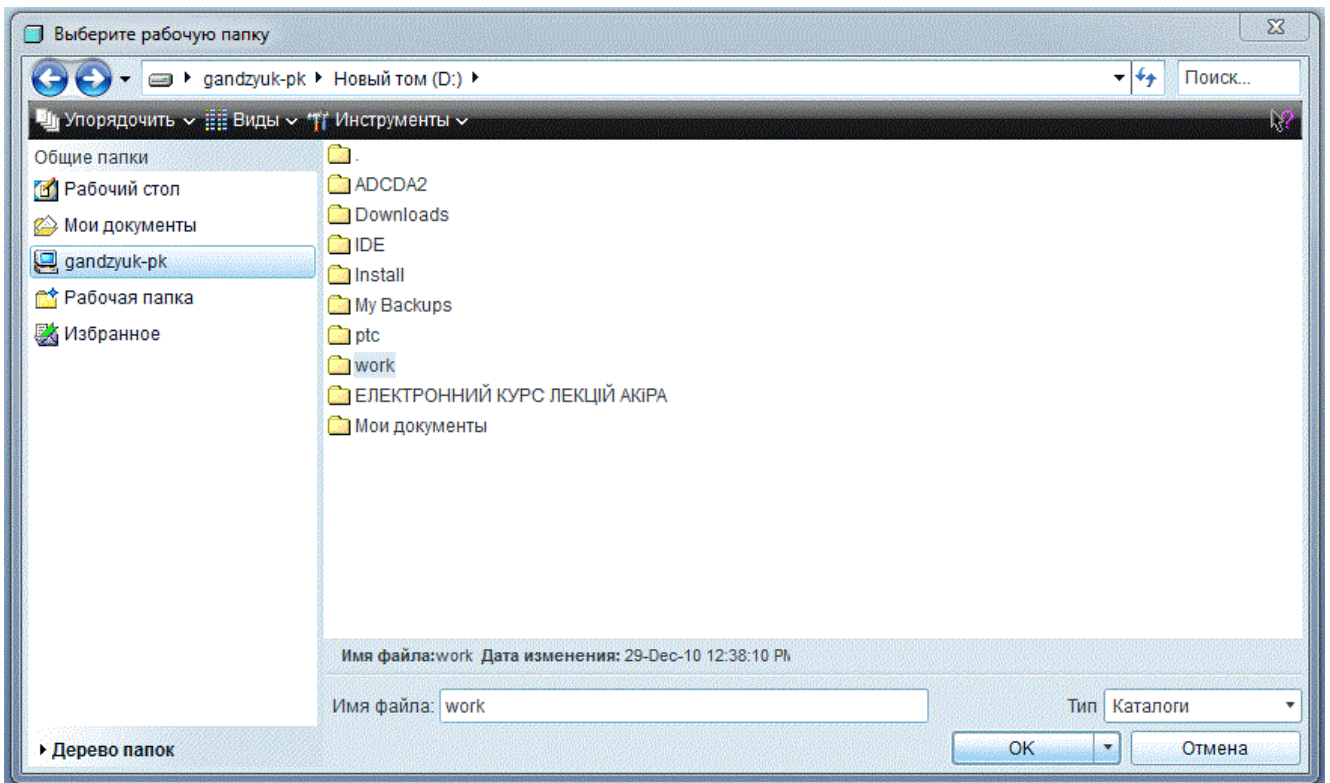


Рис. 1.4. Диалогове вікно **Виберіть робочу папку**

1.3. Головне робоче вікно

Головне робоче вікно – це вікно, в якому відбувається побудова ескизу або геометричної моделі деталі. Щоб змінити фон робочого вікна, необхідно виконати наступні команди: **Вид > Налаштування відображення > Системні кольори > Фон** (рис. 1.5). Так само можна змінити колір ліній. Для зміни кольору і фактури геометричної моделі необхідно послідовно вибрати команди: **Вид > Колір і образ > Редактор кольору**.

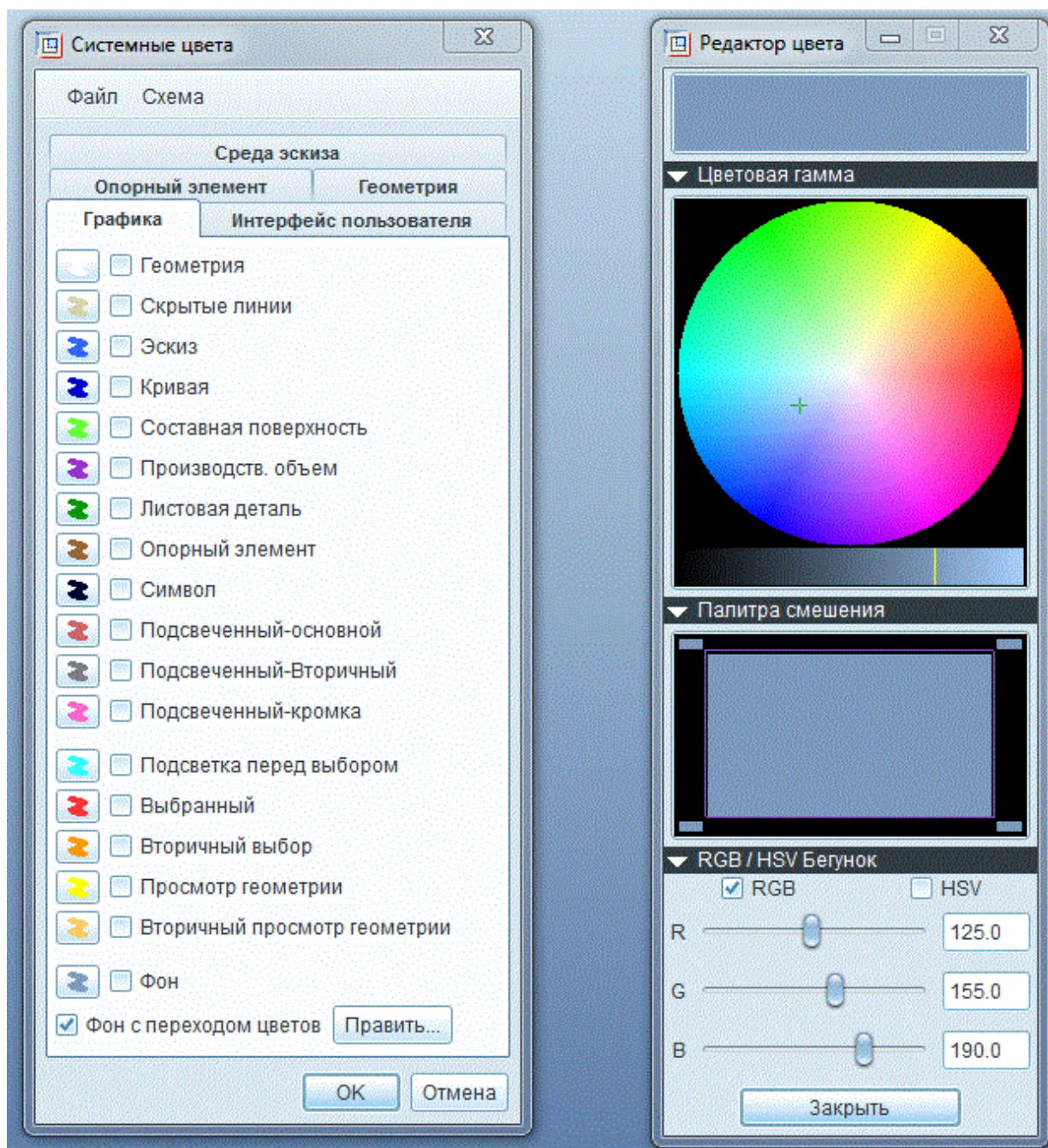


Рис. 1.5. Діалогове вікно **Системні кольори** і **Редактор кольору**

1. *Model Tree*\Дерево моделі – це спеціальне інформаційне вікно, в якому послідовно відображається вся історія створення моделі. Розташоване в лівій частині екрана. Аналогічно операціям інформаційні колонки дерева моделі можуть додаватися і видалятися. Рядок *Вставити тут* дозволяє переміщатися по дереву моделі від однієї операції до іншої (необхідно переміщати червону стрілку). Щоб видалити операцію, необхідно зробити клацання правою клавiшею миші на відповідній операції і вибрати *Видалити*.

2. **Область повідомлень** розташована в верхній частині основного вікна. Це текстове поле, де постійно оновлюються системні повідомлення, які інформують про статус поточної операції, пропонують створити або вибрати на екрані базовий елемент, запитують додаткову інформацію та інформують про допущені помилки. Попередні повідомлення можна переглядати за допомогою прокручування ролика центральної клавiші миші.

3. *Menu Manager*\Диспетчер меню під час запуску програми розташований праворуч від робочого вікна. Спочатку в *Диспетчері меню* присутнє одне з меню, що відповідають обраному функціональному модулю: *Part*\Деталь, *Assembly*\Складальна одиниця, *Sketch*\Переріз, *Drawing*\Креслення.

1.4. Робочі вікна

При роботі в системі можна одночасно працювати в робочому вікні і в додаткових (допоміжних) робочих вікнах. Додаткове вікно в потрібний момент з'являється в робочому вікні основного вікна програми. Додаткові вікна полегшують роботу при моделюванні деталей, складанні механізму або при створенні креслення на екрані комп'ютера. Якщо відкрити файл із зображенням деталі, не звільняючи основне робоче вікно, то воно з'явиться в додатковому вікні.

Система дозволяє відкрити кілька допоміжних вікон із зображенням одного і того ж об'єкта. Кожне з них може бути активізоване і використане для самостійної незалежної роботи. Щоб відкрити додаткове вікно із зображенням того ж об'єкта, потрібно вибрати команду *Нове > Вікно* або відкрити (командою *Відкрити > Файл*) файл з тим же ім'ям, не звільняючи робочу область вікна програми.

Допоміжне вікно в деяких випадках з'являється на екрані і без виклику. Це буває тоді, коли в режимі моделювання деталі або в режимі роботи над кресленням система автоматично підключає режим рисування плоских ескізів.

Для управління основним і допоміжними вікнами служить команда *Файл > Закрити вікно* – вона закриває поточне основне вікно, а також команди меню *Вікно*:

– *Активізувати* – активізує поточне робоче вікно;

- **Закрити** – закриває поточне активне додаткове робоче вікно;
- **Нове** – служить для створення поточного активного вікна з таким же зображенням.

1.5. Налаштування системи

Перед початком роботи, після вибору команд **Файл > Створити > Деталь > Ім'я деталі > ОК** необхідно встановити налаштування системи.

1. **Установка розмірів в міліметрах.** Для цього необхідно вибрати команди **Файл > Властивості**. З'являється спеціальне вікно **Властивості моделі** (рис. 1.6а).

У рядку **Одиниці** повинно бути встановлено **міліметр, кілограм, секунда**. Якщо за замовчуванням встановлено інші (наприклад **дюйм, фунт, секунда**) вибрати **Змінити**. З'явиться вікно **Менеджер одиниць виміру** (рис. 1.6б). В закладці **Система одиниць** вибрати **міліметр, кілограм, секунда** та натиснути кнопку **Задати**.

Після натискання кнопки **Задати** з'явиться вікно **Змінити одиниці моделі** (рис. 1.6в).

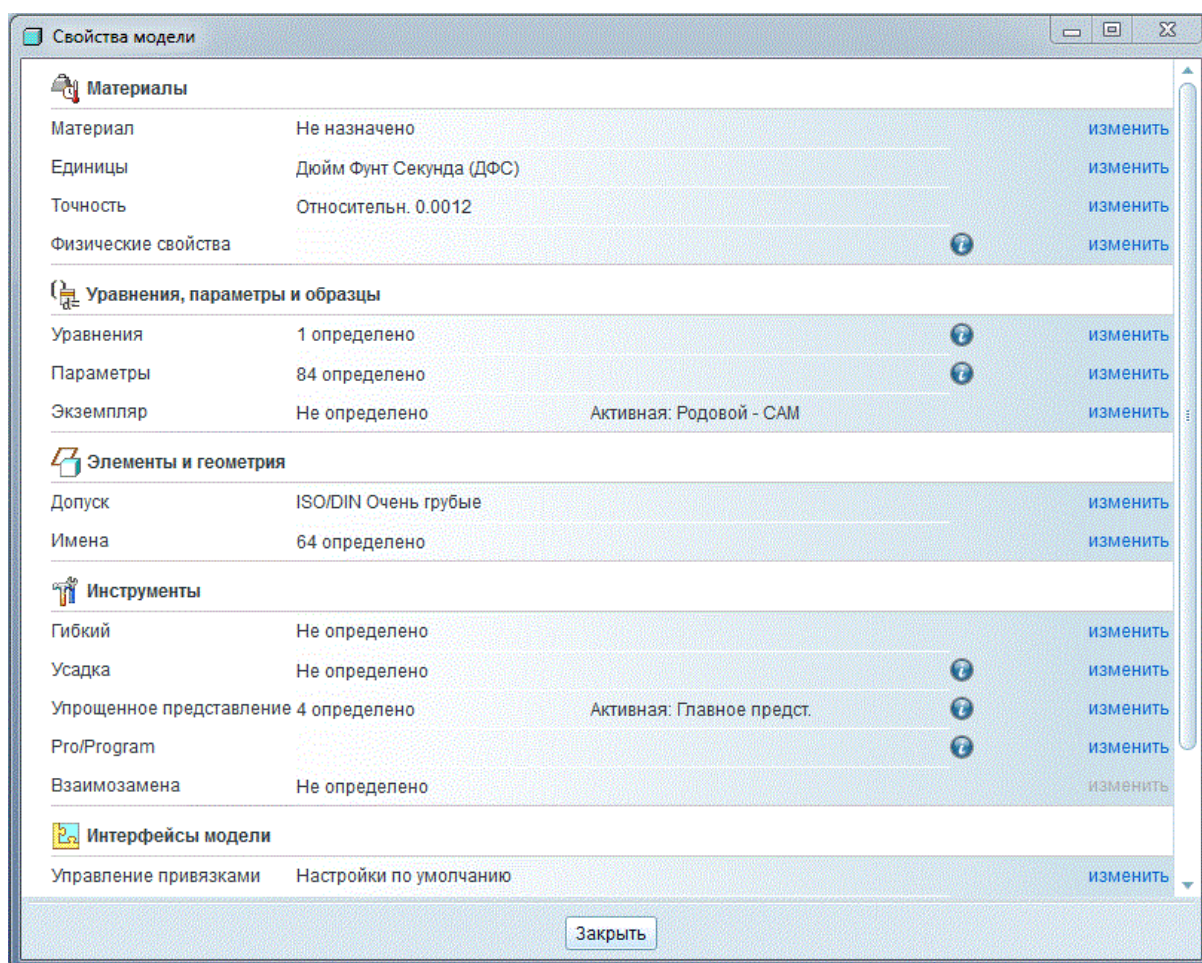


Рис. 1.6а. Діалогове вікно **Властивості моделі**

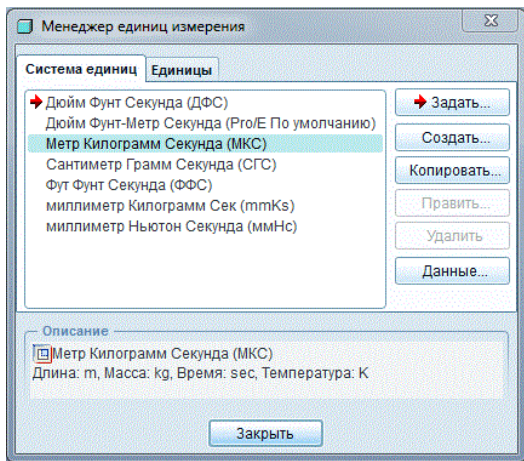


Рис. 1.6б. Менеджер единиц виміру

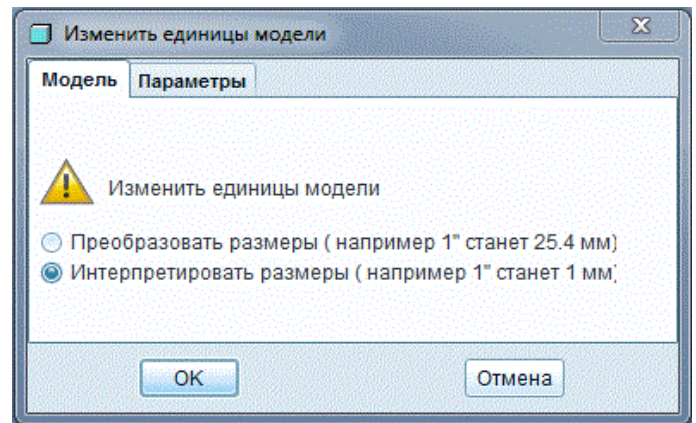


Рис. 1.6в. Діалогове вікно Змінити одиниці

В закладці *Модель* вибрати команду *Інтерпретувати розміри* (наприклад 1" стане 1мм).

2. *Установка точності виконання моделі.* Для цього необхідно вибрати команди *Файл > Властивості*. З'являється спеціальне вікно *Властивості моделі* (рис. 1.6г).

У рядку *Точність* відносна точність виконання моделі, за замовчуванням, встановлена 0,0012. Цю величину можна змінювати на іншу.

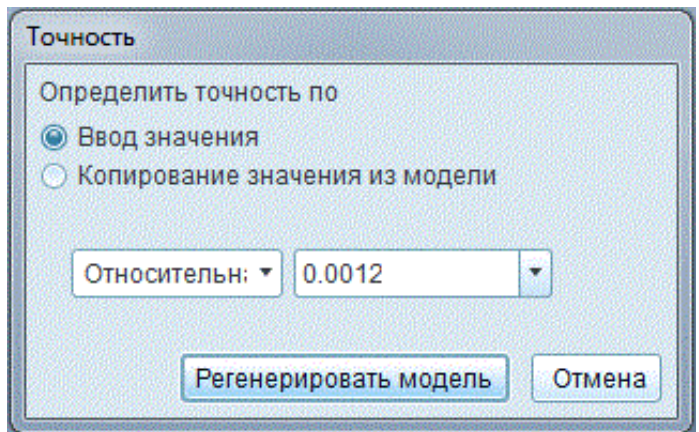


Рис. 1.6г. Діалогове вікно Точність

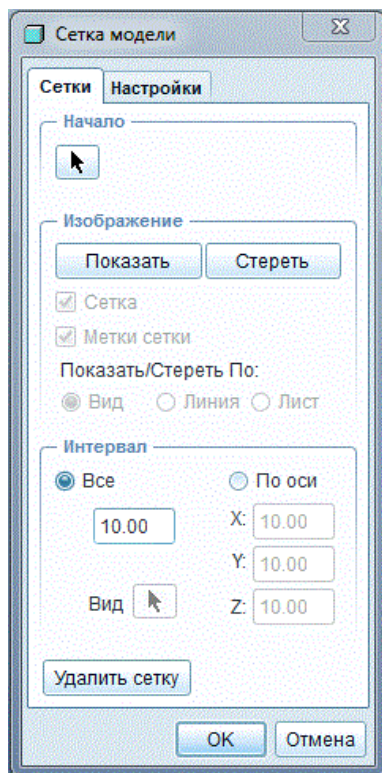


Рис. 1.6д. Діалогове вікно Сітка моделі



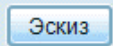
3. *Установка параметрів сітки.* Для цього необхідно вибрати команди *Вид > Налаштування моделі > Сітка моделі*. З'являється діалогове вікно *Сітка моделі* (рис. 1.6д).

У ньому можна встановити крок сітки, видалити сітку і вибрати додаткові параметри.







РОЗДІЛ 2 ДВОМІРНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТА КРЕСЛЕННЯ














2.1. Основні команди при виконанні ескізу деталі

Під «ескізом» в геометричному моделюванні розуміється плоский контур деталі, який потім за допомогою команд твердотілого моделювання перетворюється в об'ємну геометричну модель. Щоб потрапити в середовище виконання ескізу необхідно виконати дії:

- після запуску програми вибрати меню **Файл**;
- задати робочу папку (у якій будуть зберігатися створювані файли);
- вибрати функцію **Створити**;
- в діалоговому вікні **Створити** вибрати модуль **Деталь**, присвоїти ім'я цієї деталі (латинські літери) та натиснути **ОК**;
- у дереві моделі вибрати фронтальну площину  **FRONT** і в диспетчері меню вибрати іконку  **Ескіз**;
- у спеціальному вікні **Ескіз**, що з'явиться, встановити орієнтацію і прив'язки площині ескізу або за замовчуванням:
- вибрати 

У правій частині екрану (в диспетчері меню) є перелік піктограм, за допомогою яких можна виконувати ескіз. Піктограми логічно згруповані разом за функціональною ознакою. Вони забезпечують вільний доступ до часто використовуваних інструментів ескізу.

| | |
|---|--|
|  | Курсор. Курсор за замовчуванням для вибору об'єктів. |
|  | Лнії. <ul style="list-style-type: none"> – прями лінії від точки до точки; – дотичні лінії до двох об'єктів; – осьові лінії для прив'язки або конструктивної геометрії; – геометричні осьові лінії. |
|  | Прямокутники. <ul style="list-style-type: none"> – створити прямокутник; – створити похилий прямокутник; – створити паралелограм. |
|  | Кола. <ul style="list-style-type: none"> – коло по центру і точці; – концентричне коло; – коло по трьом точкам; – коло, дотичне до трьох об'єктів; – повний еліпс по крайніх точках головної осі; – повний еліпс по центру і краю головної осі. |
|  | Дуги. <ul style="list-style-type: none"> – дуга по трьох точках або дотична до об'єкта; – концентрична дуга; – дуга по центру і кінцевим точкам; – дуга, дотична до трьох об'єктів; – конічна дуга. |
|  | Сполучення. Створити кругове або еліптичне сполучення між двома об'єктами. |

| | |
|---|---|
|  | Сплайн. Створити сплайн (гнучка лінійка). |
|  | Точка, система координат. – створити точку; – створити геометричну точку; – створити систему координат; – створити геометричну систему координат. |
|  | Створити розмір. – створити розмір; – створити розмір периметра; – створити довідковий розмір; – створити базову лінію ординарного розміру. |
|  | Змінити. Змінити значення розмірів, геометрію сплайнів або текст. |
|  | Фаска. – створити фаску між двома об'єктами і продовження лінії; – створити фаску між двома об'єктами. |
|  | Прив'язки. Задати посилальні елементи, від яких переріз буде закріплений і проставлені розміри. |
|  | Текст. Створити текст. |
|  | Видалити Сегмент. Динамічно обрізати об'єкти перерізу, обрізати або подовжити до інших об'єктів геометрії, розділити об'єкт у зазначеній точці. |
|  | Відображення. Дзеркально відображати об'єкти, масштабувати і обертати обрані об'єкти. – дозволяє створювати подібні об'єкти за наявною кромкою; – створити сутність по кромці; – створити об'єкт шляхом зміщення кромки або об'єкту ескізу; – створити об'єкт шляхом зміщення кромки або об'єкту ескізу в дві сторони. |
|  | Палітра. Вставити дані стороннього формату з палітри в активний об'єкт. |
|  | Файлова система. Вставляє дані стороннього формату в активний об'єкт. |
|  | Готово. Продовжити з поточним перетином (завершити ескіз). |
|  | Вийти. Вийти з поточного перетину (перервати ескіз). |

2.2. Етапи створення ескізу деталі

Процес створення ескізу полягає у виборі ескізної площини, створенням на ній геометрії і постановкою розмірів. Нижче наведено п'ять основних етапів створення ескізу.

1) **Орієнтація моделі.** За замовчуванням система встановлює модель в ескізі приблизно в те положення, в якому вона була на момент початку ескізування.










2) **Вибір ескізної площини.** Як площина ескізування може виступати базова площина чи плоска поверхня вже існуючого об'єкта. Базова площина – це уявна нескінченна площина, яка використовується для прив'язки об'єктів. Завдяки базовим площинам здійснюється зв'язок між операціями

створюваної моделі. При переході в середовище ескізування, система автоматично встановить площину паралельно екрану.

3) **Створення геометрії в ескізі.** Оскільки система проставляє розміри елементів ескізу автоматично, їй необхідно вказати бази, щодо яких вона буде проставляти розміри. За замовчуванням як баз виступають площини, перпендикулярні площині ескізу. Створення геометрії здійснюється за допомогою команд, які представлені в таблиці вище.

Вертикальні лінії автоматично відзначаються системою літерою **V**, горизонтальні літерою **H**, однакові відрізки літерою **L**, дотичні до кола літерою **T**, рівні радіуси літерою **K**. Лінія на ескізі може бути конструктивною або твердотільною. Конструктивна лінія це така лінія, яка необхідна для виконання побудов і відображення проєкційних зв'язків.

4) **Накладення на елементи ескізу геометричних обмежень.** Накладення геометричних обмежень на ескіз є дуже важливим моментом при його створенні. За допомогою геометричних обмежень можна зменшити кількість необхідних розмірів для опису геометрії. Наприклад, можна створити ескіз, який буде симетричний щодо центральної лінії. Можна призначити лінії горизонтальність або вертикальність. Можна призначити лініям або дугам рівність довжин або рівність радіусів відповідно.

| | |
|---|---|
|  | розташувати лінію або дві вершини вертикально |
|  | розташувати лінію або дві вершини горизонтально |
|  | розташувати два об'єкти перпендикулярно |
|  | зробити два об'єкти дотичними; |
|  | розташувати точку в середині лінії або дуги |
|  | створити закріплення суміщення точок, точки на об'єкті або колінеарне закріплення |
|  | розташувати дві вершини або точки симетрично відносно осьової лінії |
|  | створити закріплення рівних довжин, радіусів, розмірів або кривини |
|  | розташувати лінії паралельно |

5) **Створення розмірів на ескізі.** У Pro/ENGINEER існує два основних типи розмірів: **сильні** і **слабкі**. При створенні геометрії в ескізі система проставляє розміри автоматично, створюючи при цьому **слабкі** розміри. На екрані вони відображуються сірим кольором. Однак, розмірна схема, запропонована системою, не завжди збігається з тією, яка нам необхідна. Відповідно багато розмірів доводиться створювати вручну. Створювані розміри будуть **сильними**. **Сильний** розмір має пріоритет над **слабким**. Це виражається в тому, що коли при простановці розмірів **сильний** і **слабкий** розміри входять у суперечність (один з них стає зайвим), система видалить **слабкий** розмір. Якщо в суперечність входять два **сильних** розміри, то вже самому користувачеві доведеться вирішувати, який розмір залишити.


Для створення лінійного розміру необхідно вибрати лінію, потім вказати курсором місце, де потрібно розташувати розмір і натиснути середню клавішу миші (СК). Для створення лінійного розміру між двома лініями або точками, необхідно вибрати перший елемент, потім вибрати другий елемент, потім вказати курсором місце, де необхідно розташувати розмір і натиснути СК.

Для створення кутового розміру необхідно вказати дві непаралельні лінії, вказати курсором місце, де потрібно розташувати розмір і натиснути СК.

Для створення радіального розміру на дузі або колі, необхідно вибрати дугу або коло, вказати курсором місце, де розташувати розмір і натиснути СК.

Для створення діаметрального розміру на дузі або колі, необхідно двічі клацнути по дузі\колі, потім вказати курсором місце, де ми хотіли б помістити розмір і натиснути СК.

Для створення діаметральні розмірів для точок\ліній необхідно вибрати точку\лінію, потім вибрати центральну лінію (відносно якої буде створюватися діаметральний розмір), потім знову цю ж точку\лінію. Далі необхідно вказати курсором місце, де система повинна розташувати розмір і натиснути середню клавішу миші для розташування розміру.

Можна швидко масштабувати всі вибрані розміри з допомогою іконки . У цьому випадку, зміна одного розміру призведе до пропорційної зміни інших виділених розмірів. Для зміни розміру необхідно двічі клацнути на розмірному числі і вказати необхідний розмір.

2.3. Імпорт файлів у середовищі ескізування

Для завантаження перерізу з диска або з пам'яті та розміщення його на поточному ескізі як незалежної копії початкового перерізу необхідно вибрати меню *Ескіз > Дані з файлу*. Отриманий переріз може бути порожнім або може містити існуючі об'єкти (розміри). Розташування перерізу не змінює іншу геометрію ескізу. Цей метод копіює об'єкти і рівняння (якщо вони є) первісного перерізу без прив'язки до початкового контексту, в якому вони були створені. Таким чином, точність, параметри сітки і одиниці вимірювання стають такими ж, як і в поточній моделі. Розташований переріз працює як звичайний переріз ескізу. Після того, як відбулося розташування перерізу, він вже більше не асоціюється зі своїм вихідним перерізом.

Для виклику існуючого перерізу або креслення необхідно виконати наступне:

1. Натиснути *Sketch\Eскіз > Data from File\Дані з файлу*. Відкривається діалогове вікно *Open\Відкрити*.

2. Вибрати тип файлу у вікні *Type\Тип*. Можна додати креслення, IGES, ескіз і файли DXF.

3. Вибрати файл для додавання > **Ок**. Система витягує переріз і показує його у вікні *Середовища ескізування*. Pro/ENGINEER відкриває діалогове вікно *Scale Rotate\Масштаб Обертання*. Додатково з'являються функції *Scale, Rotate* і *Move\Масштабування, Обертання і Переміщення*.

4. У діалоговому вікні *Scale Rotate\Масштаб Обертання* введіть значення масштабу і обертання.

2.4. Рекомендації по роботі в середовищі ескізування


1. У середовищі ескізування ліва кнопка миші створює елементи за обраними точками; середня – завершує чи скасовує створення геометрії; права – відкриває меню, що випадає (при утриманні).

2. Необхідно прагнути до створення простих ескізів. Це робить модель більш гнучкою і допомагає при її регенерації. Для створення нового елемента в моделі почніть ескіз на тій поверхні, де потрібно розмістити елемент. Обрана поверхня визначає ескізну площину.

3. Використання сітки. Створювання ліній рівної довжини паралельними або перпендикулярними. Вирівнювання ескізних об'єктів. Створення та редагування елементів ескізу у великому масштабі.

4. Моделюючи деталь у режимі *Part\Деталь*, потрібно пам'ятати, при створенні яких конструкційних твердотільних нарисованих операцій ескіз повинен мати замкнутий або незамкнутий контур; якщо контур відкритий, підрівняти відкриті кінці по модельованій деталі. Для виконання операції обертання контур ескізу повинен бути замкнутим: так він легше регенерується, і в подальшому система видає менше помилок.

5. Ефективно використовувати точність середовища ескізування. Щоб при ескізуванні не накладалися залежності, можна збільшити точність (за замовчуванням точність дорівнює одиниці).

6. Якщо при виконанні ескізу допущена помилка, необхідно вибрати опцію *Undo\Скасувати*  і ескіз перейде в попередній стан.

7. Розміри за замовчуванням можуть бути змінені на будь-якому етапі проектування моделі. При створенні нового ескізу його можна нарисувати приблизно і шляхом зміни розмірів надати йому необхідну форму.

8. На ескізному елементі слід не лише проставити розміри, але і правильно зорієнтувати його відносно площин прив'язки.

9. Система видає спеціальне повідомлення, якщо виявить конфліктуючі залежності. Необхідно вибрати елемент з запропонованого списку.

10. Якщо система не розуміє і не регенерує ескіз, необхідно розпочати ескіз з нуля, – швидше за все, в цьому це буде найкоротший варіант.

11. Якщо активне середовище геометричного моделювання і необхідно повернутися в середовище *Ескіз*, то в цьому випадку треба покажчик миші встановити в дереві моделі на необхідний ескіз, натиснути ПК і вибрати функцію *Правити визначення*.

РОЗДІЛ 3

СИСТЕМА ТВЕРДОТІЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ Creo 3.0

3.1. Ознайомлення з Creo 3.0

Creo 3.0 дозволяє швидко створювати, редагувати і орієнтувати модель за допомогою інтуїтивного, Windows-стилізованого інтерфейсу. Важливою складовою інтерфейсу є *Навігатор панок* і *Web браузер*. За допомогою цих інструментів можна швидко знаходити, заздалегідь переглядати і завантажувати моделі. Також, безпосередньо у середовищі Creo 3.0, можна отримати доступ до Web-ресурсів і можливість спільної віддаленої роботи з іншими інженерами.

Creo 3.0 – система твердотільного моделювання, що використовується для створення 3D моделей, деталей і зборок. В процесі проектування деталі можуть бути задіяні також і інші модулі Creo, наприклад креслярський модуль, модуль маршрутизації проводки, модуль листового заліза, технологічні модулі і т. п. Система може створювати моделі із різноманітним типом геометрії – твердотільний, поверхневий, комбінований. Геометрія моделі складається з елементів (фічерів). Це справедливо як для деталей, так і для зборок, тільки зборка в першу чергу буде складатися із компонентів (деталей і підборок).

Нижче наведені основні властивості системи:

- твердотільне (**Solid**) моделювання;
- геометрія, що базується на конструктивних елементах (фічерах);
- параметризація;
- відносини «Батько-Нащадок»;
- асоціативність;
- модель як основний засіб передачі конструктивної інформації.

Твердотільне моделювання дозволяє візуалізувати ідеї в тривимірному просторі, створюючи реалістичні зображення деталей і зборок. Додатково, модель містить властивості, такі як маса, об'єм, центр ваги, площа поверхонь і т. д. Після додавання чи видалення елементів (фічерів) властивості моделі одразу оновлюються. Наприклад, якщо додати в модель отвір, маса моделі зменшиться. Додатково твердотільні моделі дозволяють проводити аналіз допусків і інтерференцій\зазорів в збірці.

Геометрія, що базується на конструктивних елементах (фічерах). Моделі Creo – це набір елементів, і кожен наступний елемент опирається на заново створений елемент. Індивідуально кожен фічер – це простий елемент, однак разом вони можуть утворювати дуже складні за формою деталі і зборки.

Основні особливості **Головного вікна**:

- Creo може запускатися в повноекранному режимі;
- панелі конструктивних елементів розміщені з правої сторони вікна;

- в лівому нижньому кутку при створенні і модифікації конструктивного елемента з'являється панель управління (**Dashboard**);

- фільтр вибору, розміщений в нижньому правому кутку, забезпечує властивістю фільтрувати об'єкти, що вибираються, а також забезпечує вибраним зв'язком на кількість вибраних об'єктів;

- з лівої сторони розміщені вмонтовані вікна **Web-браузер\Навігатор** і вікно перегляду.

Панель меню забезпечує доступ до первинних структурних функцій. Команди автоматично стають доступними або не доступними.

Нова панель меню забезпечує доступ до первинних структурних функцій (мета додавання нових меню – видалити **Menu Manager**). Команди автоматично стають доступними або не доступними залежно від вибраного режиму або модуля. Якщо команда ніколи не дозволяється в конкретному режимі або додатку (тобто вона повинна завжди бути недоступною), то вона невидима.

За замовчуванням новий набір **Панелей інструментів** (рис.3.1.) для створення конструктивних елементів тепер розташовуються з правого боку вікна, це забезпечує доступ до всіх найбільш часто використовуваних інструментальних засобів для створення і редагування конструктивних елементів.



Рис. 3.1. Панель інструментів

Панель управління – діалогове вікно, розташоване в нижній частині вікна, що з'являється при створенні або редагуванні конструктивного елемента. Вона забезпечує засобами управління для виконання завдань зі створення або редагування конструктивних елементів. Панель містить три області: кнопки, що управляють, діалогову панель і область повідомлень.

Панель управління – додатковий спосіб дії на конструктивні елементи. Первинний шлях дії – графічне маніпулювання.

Фільтр вибору розташований в нижньому правому кутку вікна і доступний постійно (рис. 3.2.). Фільтр забезпечує списком типів фільтрів, що розкривається. Фільтр дозволяє вибрати тип об'єкту, який може бути вибраний в даний момент. Є декілька типів фільтрів; два з них використовуються найчастіше – **All Selectable**, що дозволяє вибрати будь який елемент, і **Smart** – забезпечує контекстно-залежний доступ до найбільш загальних типів об'єктів у будь якій ситуації.

Дерево моделі в Creo тепер вкладене у вікно **Web-браузера**. Браузер розбитий на два компоненти, **Навігатора** і **Вікно перегляду**. Кожен компонент браузера може бути розкритий або згорнутий. Це дозволяє працювати одночасно з будь яким компонентом браузера і в графічному вікні.

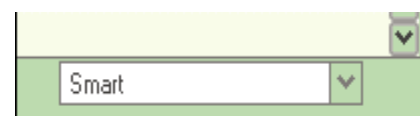


Рис. 3.2. Фільтр вибору

Navigator\Навігатор має шість різних функціональностей, що дозволяють виконувати різні завдання:

- **Folder** – перегляд файлової системи комп'ютера та управління нею.
- **Model** – швидкий доступ до моделі Сгео у вигляді дерева моделі, отримання інформації про модель, редагування конструктивних елементів та реструктуризація.
- **Favorites** – швидкий доступ до web-сайтів, проектів.
- **Search** – пошук об'єктів в системі управління даних *Windchill*, що базується на об'єктних атрибутах.
- **History** – історія.
- **Application** – організація різних мережевих інструментальних засобів, до яких потрібно мати доступ.

Вікно перегляду дозволяє одержати детальну інформацію по вибраному посиланню в активному навігаторі. Наприклад, якщо активний навігатор **Folder**, вікно показує об'єкти і теги, що містяться у вибраній темі.

Ручки – графічні «гарячі точки», представлені конструктивним параметром розміру. Дозволяють визначати конструктивний елемент до існуючої геометрії.

У Сгео геометрія моделі управляється **розмірами і параметрами**. Це виражається в тому, що зміна значення розміру або параметра призведе до оновлення геометрії.

Відношення «**Батько-Нащадок**» дозволяє пов'язувати всі фічери деталі. У процесі проектування моделі в Сгео ці відповідності між фічерами створюються постійно. У збірці це справедливо і для компонентів. Для використання всіх переваг відношення «**Батько-Нащадок**» потрібно правильно ним управляти. При створенні нового фічера фічери, на які посилається створюваний об'єкт, стають його «**Батьком**». Далі це виражається в тому, що зміна батьківського фічера спричинить за собою зміни об'єктів тих, що посилаються на даний.

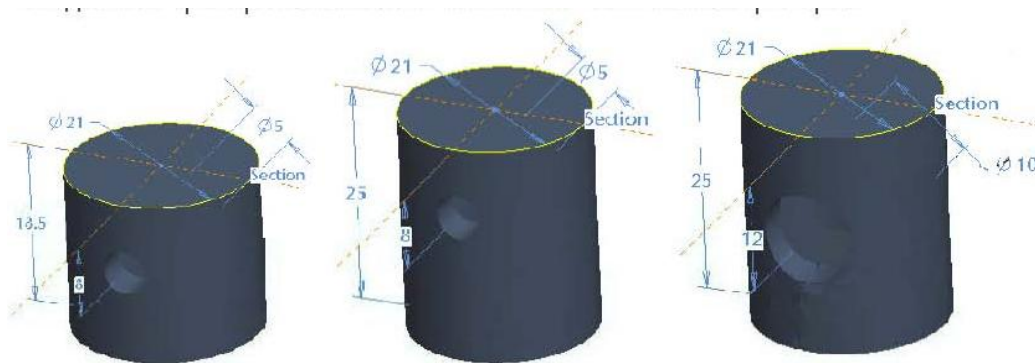


Рис.3.3. Модель поршня

Як приклад, показана модель поршня з отвором (рис. 3.3). Модель зліва – це початковий стан поршня. На середньому рисунку висота поршня змінилася з 18.5 до 25. Отвір поршня перемістився вгору, зберігаючи первинне відстань між своїм центром і верхньою поверхнею. Така поведінка

пояснюється наявністю між отвором і верхньою поверхнею поршня відношення «*Батько-нащадок*», оскільки при створенні отвору його центр був об розмірений відносно верхньої поверхні поршня. Відповідно отриманий розмір є постійним і незалежним від висоти поршня.

В якості альтернативи ми можемо змінити центр отвору відносно нижньої поверхні поршня, тоді отвір поведеться по іншому. Правий рисунок показує зміну двох розмірів поршня, його висоти і діаметру отвору.

У Creo основним джерелом конструкторської інформації є *модель*. Наприклад, якщо зміниться модель деталі, автоматично зміниться її креслення і зборка, в яку входить ця деталь. Ця *асоціативність* двонаправлена, це означає, що зміна креслення моделі призведе до зміни самої моделі в 3D і відобразитися на її відображенні в інших режимах (зборка, технологія і т.д.).

Як тільки модель створена, на її основі можна швидко створити всі необхідні креслярські види з розрізами і перетинами. Розміри на кресленні можуть бути також узяті із 3D моделей.

Додатково, компоненти (деталі або підзборки) можуть формувати складальну модель. Залежно від типу зборки деталі в ній можуть бути статичними (жорстко зафіксованими) або динамічними (формуючи рухомий механізм).

Початок роботи. Установка робочої директорії є важливим моментом в роботі з Creo, так як саме в цю директорію система зберігатиме всі створені файли. Всі файли, *відкриті\створені* в процесі роботи з Creo, завантажуються в оперативну пам'ять комп'ютера і знаходяться там весь час, поки їх редагуєте.

Команди очищення оперативної пам'яті. Видалення моделі з оперативної пам'яті це необхідна частина роботи з Creo оскільки моделі, після свого завантаження, залишаються в оперативній пам'яті, навіть якщо їх закрили в Creo. Це особливо важливо, якщо виконується робота з моделями, що мають однакові назви, але розташованими в різних директоріях. Стирання моделей з оперативної пам'яті не видаляє їх з жорсткого диска.

Команди видалення файлів з жорсткого диска. Командою *Delete\Видалити* видаляються моделі не лише з оперативної пам'яті, але і з жорсткого диска. Видалені файли не можуть бути відновлені.

Розширення файлів Creo. Деталь має розширення *PRT, зборка *ASM, креслення *DRW. При збереженні моделі її колишня версія не видаляється. Новій моделі просто привласнюється вищий індекс (part1, part2 і т.д.). За умовчанням система відкриває найостаннішу модель (модель з найбільшим індексом).

3.2. Створення нової моделі та ескізних елементів

Задані по замовчуванню **шаблони** – початкова стадія створення моделі деталі або зборки. Шаблони містять в собі загальні елементи для всіх деталей, такі як: опорні площини, набір шарів, збережені види, параметри, одиниці вимірювання і т.п..

Шаблони, задані за умовчанням застосовуються, коли створюється нова деталь або зборка. Можна вибрати один з шаблонів, і настройки шаблону стануть настройками нової деталі.

Використовуючи шаблон, надалі варто уникати багатьох проблем, пов'язаних з відповідністю деталі корпоративним стандартам.

Процес створення ескізу полягає у виборі ескізної площини, створенням на ній геометрії і розмірів. Нижче наведено основні етапи створення ескізу. Слідуючи цим рекомендаціям, можна швидше і коректніше виконувати ескізи.

1) **Орієнтація моделі в позицію близьку до тієї, в якій створюватиметься ескіз.** За умовчанням Steo встановлює модель в ескізі приблизно в те положення, в якому вона була на момент початку ескізування.

2) **Вибір ескізної площини.** Як площина ескізування може виступати опорна площина або плоска поверхня вже існуючого фічера. Для плоского ескізу це буде перше посилення. При вході в середовище ескізування, Steo автоматично встановить площину ескізування паралельно екрану (з урахуванням пункту 1).

3) **Вибір посилення, яке допоможе зорієнтувати ескіз у просторі.** Не дивлячись на те, що ескізна площина буде встановлена паралельно екрану, у моделі залишиться ще ступінь вільності, а саме обертання навколо осі, перпендикулярної площині ескізування. І вибір даного посилення визначає положення моделі в просторі в процесі ескізування. Як посилення виступає площина або плоска поверхня, перпендикулярна площині ескізування.

4) **Установка напрямку для вказаного в пункті 3 посилення.** Цей пункт буде актуальний, якщо не підходить система за замовчуванням, і потрібно встановити модель за вказаними параметрами.

5) **Створення геометрії в ескізі.** Оскільки система створює розміри на елементах ескізу автоматично, їй необхідно вказати бази, відносно яких вона буде створювати розміри на геометрії.

Якщо в ескізі необхідно створити допоміжну геометрію, можна призначити існуючий елемент як допоміжний. Для цього вибрати елемент (лінію, коло, дугу і т.п.), натиснути ПКМ і у випадіючому меню вибрати **Construction\У лінію побудови**, після чого цей елемент стане штрих пунктирним і вже не буде створювати геометрію. Наприклад, можна створити допоміжне коло для створення однорозмірного шестикутника (див. рис. 3.4).

6) **Накладення на елементи ескізу геометричних обмежень.** Накладення геометричних обмежень на ескіз є дуже важливим моментом при

його створенні. Накладення обмежень додає ескізу логіки і робить зміни ескізу більш передбаченими. Також за допомогою геометричних обмежень зменшується кількість необхідних розмірів для опису геометрії.

7) **Створення розмірів на ескізі.** У Creo існує два основні типи розмірів *Strong\Сильні* і *Weak\Слабкі*. При створенні геометрії в ескізі система створює розміри автоматично створюючи при цьому *слабкі* розміри. На екрані вони відображаються сірим кольором. Проте розмірна схема, пропонує системою, не завжди співпадає з тією, яка нам необхідна. Відповідно багато розмірів нам доведеться створювати вручну.

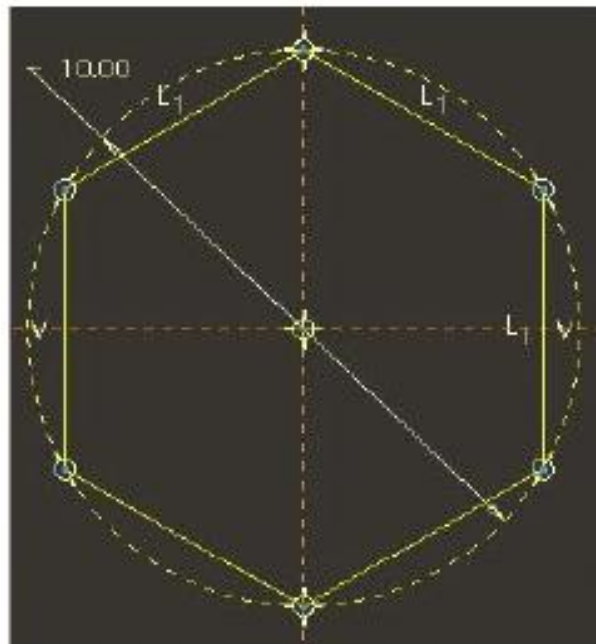



Рис. 3.4. Використання допоміжної геометрії для створення шестикутника

8) **Створення лінійних розмірів.** Для створення лінійного розміру необхідно вибрати лінію, потім вказати курсором місце, де потрібно помістити розмір, і натиснути середню клавішу миші. Для створення лінійного розміру між двома лініями або точками вибрати перший елемент, вибрати другий елемент, потім вказати курсором місце, де потрібно помістити розмір, і натиснути СКМ.

9) **Створення кутових розмірів.** Для створення кутового розміру потрібно вказати дві непаралельні лінії, потім вказати курсором місце, куди помістити розмір, і натисніть СКМ.

10) **Створення радіальних розмірів.** Для створення радіального розміру на дузі або колі, вибрати дугу/коло потім вказати місце, де помістити розмір, і натисніть СКМ.

11) **Створення діаметральних розмірів.** Для створення діаметрального розміру на дузі або колі, двічі клацнути по дузі/колу, потім вказати місце, куди помістити розмір, і натиснути СКМ. Для створення діаметральних розмірів для точок/ліній, вибрати точку/лінію, потім вибрати центральну лінію (відносно якої створюватимете діаметральний розмір), потім знову цю ж точку/лінію. Вказати курсором місце, де система повинна розташувати розмір, і натиснути СКМ для розміщення розміру.

12) **Модифікація розмірів за допомогою масштабування.** Можна швидко масштабувати всі вибрані розміри за допомогою іконки . У цьому випадку зміна одного розміру призведе до пропорційної зміни інших виділених розмірів.

13) **Створення фічера інструментом – Extrude\Пряме витискування.** У основі фічера *Extrude\Пряме витискування* лежить

плоский ескіз. Цей ескіз витискується в простір на певну глибину за напрямом, перпендикулярним площині ескізування. За допомогою цього інструменту можна створювати суцільне додавання матеріалу або суцільний виріз, тонкостінне додавання матеріалу або тонкостінний виріз, витискування як поверхня або обрізання поверхні.

14) **Створення фічера інструментом – Revolve\Обертання.** В основі фічера **Revolve\Обертання** лежить плоский ескіз. Цей ескіз повертається на певний кут відносно власної або спеціально вказаної осі обертання. За допомогою цього інструменту можна створювати суцільне додавання матеріалу або суцільний виріз, тонкостінне додавання матеріалу або тонкостінний виріз обертання як поверхні або обрізання поверхні.

Порядок створення фічера інструментом **Revolve\Обертання** з посиланням на зовнішній ескіз:

- Запустити інструмент **Revolve\Обертання**.
- Вибрати зовнішній ескіз.
- Вибрати лінійне посилання (вісь, лінійна кромка), відносно якого система повертатиме ескіз.
- Вказати системі, що потрібно створити – суцільне тіло, виріз, поверхню і т.п.
- Встановити кут і напрям повороту.
- Завершити створення об'єкта.

15) **Створення фічера інструментом – Rib\Рebro.** Ребра зазвичай використовуються для посилення деталей. Закон, за яким ескіз видавлюється в простір, схожий на пряме витискування, за винятком того, що січення для даного об'єкта повинно бути завжди відкритим.

Після вибору або створення відкритого січення і введення товщини ребра система створить ребро, що з'явиться із загальним об'ємом моделі. Система може додавати матеріал вище або нижче за січення, і ребро може бути видавлене в будь яку зі сторін щодо ескізної площини, плюс симетрично в обидві сторони.

3.3. Створення безескізних елементів

Безескізні фічери, такі як отвори і округлення, дозволяють швидко розміщувати необхідний елемент на моделі вибором певної геометрії. Наприклад, можна помістити отвір на поверхню або помістити скруглення на кромку. Для Сгео форма цих об'єктів є зумовленою, відповідно не вимагає створення ескізу. Далі можна визначити розміри об'єкта і встановити для нього посилання на розміщення.

Отвір – безескізний фічер із зумовленою формою, які видаляють матеріал з моделей. Існує два базові типи отворів: **Straight Hole\Прямий Отвір** і **Standard Hole\Стандартний Отвір**.

Straight Hole\Прямий Отвір. Прямий отвір – це отвір, що має форму простого циліндра. При створенні прямого отвору слід вказати місце розташування отвору на моделі, ввести його діаметр і задати його глибину. Крім ***Простого Прямого отвору***, існує ще ***Ескізний Прямий отвір***.

Standard Hole\Стандартний Отвір. Стандартний отвір – це отвір, форма якого визначається інженерними стандартами (***ISO, UNC, UNF*** або вузькоспеціалізованими стандартами підприємства).

Для стандартного отвору можна визначити стандартне різьблення або створити отвір без різьблення. Різьблення в Creo позначається циліндричною поверхнею.

Таблиці із стандартними різями визначаються файлами з розширенням ****.HOL***, які розташовані по наступному шляху **Тека зі встановленим Creo\pro_stds\hole**. Файли можуть бути відредаговані за допомогою **WordPad**.

Розміщення отвору на моделі. При створенні отвору можна визначити його місцеположення на моделі з допомогою первинних і вторинних посилань. Сегмент геометрії, який буде першим вибраний для розміщення отвору, і буде первинним посиланням. Потім вибрати вторинні посилання, за допомогою яких можна визначити розміри отвору на моделі.

Тип геометрії (плоска поверхня, циліндрична поверхня, вісь або точка), вибрана як первинне посилання, продикує тип створюваного отвору. Як тільки вибрано придатні для використання посилання, система покаже динамічний попередній перегляд створюваного отвору із заданими по замовчуванню значеннями діаметру і глибини. Ці значення можна змінити з допомогою маркерів або за допомогою діалогової панелі створення отвору.

Linear Hole\Лінійний Отвір. Плоска поверхня вибирається як первинне посилання. Ця поверхня визначає звідки буде проведено «свердлення». Два вторинні посилання визначатимуть бази, щодо яких визначатиметься місцеположення отвору.

Coaxial Hole\Співвісний Отвір. Вісь вибирається як первинне посилання. Ця вісь визначає місцеположення отвору на моделі. Для завершення створення отвору знадобитися вказати вторинне посилання. Це повинна бути поверхня, від якої система почне «свердлення».

Radial Hole\Радіальний Отвір – на плоскій поверхні. Як первинне посилання вибирається плоска поверхня. Ця поверхня визначає звідки буде проведено «свердлення». В якості вторинного посилання виступатиме вісь, що визначає центр радіусу розташування отвору і площину, від якої буде відкладений кутовий розмір. Радіальний отвір може бути перетворений в діаметральний, проте це не змінить тип розміщення, просто замість радіусу розташування отворів буде діаметр.

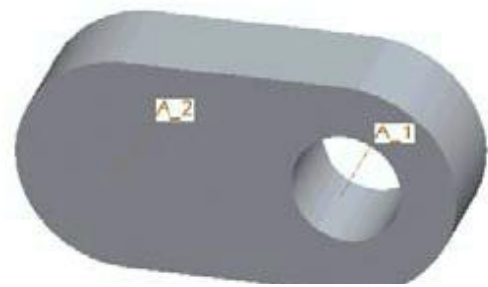


Рис. 3.5. Співвісне розміщення отвору на моделі

Radial Hole\Радіальний Отвір – на циліндричній поверхні. Як первинне посилання вибирається циліндрична поверхня. Вона визначає, звідки буде проведено «свердлення». Як вторинне посилання буде виступати плоска поверхня, що визначає положення центру отвору і площину від якої буде відкладений кутовий розмір.

Опції задання глибини. Після того, як визначені первинні і вторинні посилання, система покаже попередній перегляд отвору з глибиною, заданою по замовчуванню. Глибина отвору може бути встановлена за допомогою маркера глибини або з допомогою діалоговій панелі інструменту. Будуть доступні наступні опції задання глибини:

- **Variable\Глибина** – свердлимо від поверхні розміщення на задану глибину.

- **Symmetric\Симетрично** – свердлимо отвір симетрично в обидві сторони від поверхні розміщення. У кожену сторону від поверхні система відкладе половину загальної глибини.

- **To Next\До наступної** – свердлимо отвір в першому напрямі до наступної поверхні.

- **To Select\До вибраної** – свердлимо отвір в першому напрямі до вибраної точки, кривої, площини або поверхні.

- **Through Until\До вказаної** – свердлимо отвір в першому напрямі до перетину з вибраною поверхнею.

- **Through All\Через все** – свердлимо отвір в першому напрямі до перетину зі всіма поверхнями.

Округлення – це додавання або видалення матеріалу створенням гладких переходів між поверхнями. Комбінація з вибраних команд визначає тип створюваного округлення. Існує чотири типи округлення, з назви яких стає зрозуміло, які команди необхідно вказувати при їх створенні.

- **Edge Round \Округлення кромки.**

- **Surface – Edge Round \Округлення Кромки і Поверхні.**

- **Full Round \Повне Округлення.**

- **Surface – Surface Round\Округлення Поверхня до Поверхні.**

Після того, як команди вибрані, система покаже на моделі попередній перегляд створюваного округлення із заданим по замовчуванню радіусом. Можна встановити власне значення радіусу за допомогою маркерів або за допомогою діалогової панелі створення округлення.

Edge Round\Округлення кромки. Округлення кромки потребує вибору кромки (або кромки). Кромки можуть бути вибрані індивідуально або з використанням різних способів вибору цілих ланцюжків кромки. При створенні округлення воно автоматично розповсюдиться на весь ланцюжок дотичних кромки. Поверхня округлення буде дотичною до поверхонь, перетин яких утворив кромку, що округляється (рис. 3.6.).

Surface-Edge Round\Округлення Кромки і Поверхні. Округлення кромки і поверхні потребує вибір поверхні і кромки. Округлення буде побудовано дотично до вказаної поверхні, що проходить через вказану

кромку. Якщо вибрана кромка буде частиною дотичного ланцюжка кромок, округлення розповсюдиться на весь ланцюжок.

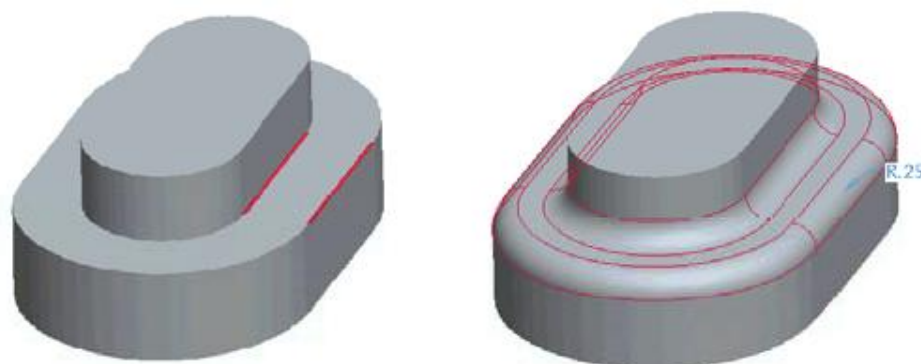
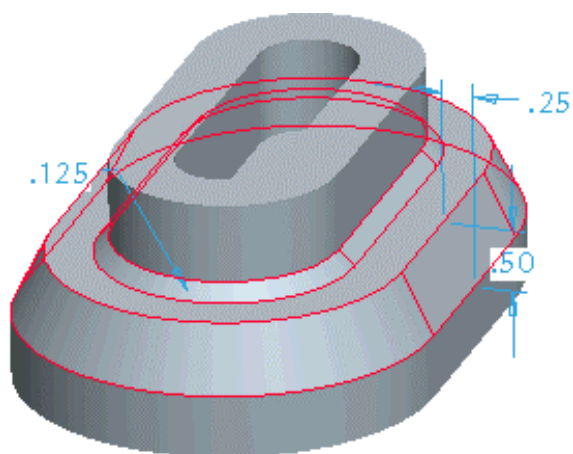


Рис. 3.6. Округлення кромок

Full Round\Повне Округлення. Повне округлення замінює поверхню поверхнею округлення з відповідним радіусом. Створення повного округлення потребує вибору пари кромки або пари поверхонь. Якщо вибрати пару кромки, система спочатку створить округлення кожної кромки, яке можна легко конвертувати в повне округлення. Якщо вибрана пара поверхонь, доведеться додатково вибрати поверхню, яка буде замінена поверхнею округлення. Якщо вибрана геометрія має дотичні елементи, система побудує це округлення по всіх дотичних елементах.



D x D и D1 x D2

Рис. 3.7. Створення фасок.

Surface Round\Скруглення Поверхня до Поверхні. Створення округлення поверхня до поверхні потребує вибору двох поверхонь. Поверхня буде побудована дотично до вказаних поверхонь. Якщо вибрана геометрія має дотичні елементи, система побудує це округлення по всіх дотичних елементах. Округлення **Поверхня до Поверхні** створює поверхню округлення між вказаними поверхнями, отже, у системи є можливість охоплювати проміжки і дірки в існуючій геометрії. Додатково такий тип округлення забезпечує коректнішу геометрію округлення там, де інші типи округлення можуть потерпіти невдачу.

Подібно до округлень за допомогою **фасок** можна також додавати або видаляти матеріал, створюючи скошену поверхню між двома суміжними поверхнями. У якості посилання при цьому може виступати кромка, кромка і поверхня, поверхня і поверхня. При створенні фаски просто встановити її місцеположення на моделі, визначити її розмірну схему і ввести відповідні

значення розмірів. Також як і при створенні округлень, якщо вибрана кромка є частиною дотичного ланцюжка, фаска буде створена по всьому ланцюжку. Так само як і для округлень, фічер фаска може містити декілька наборів посилань. Відповідно кожен набір може бути з своєю розмірною схемою і з своїми значеннями розмірів. При використанні декілька наборів є можливість встановлювати типи переходів в тих місцях, де ці набори перетинаються.

Drafts\Ухили зазвичай використовуються при проектуванні деталей, що отримуються литвом, і деталей ливарних форм. Існує декілька типів ухилів, які встановлюються в залежності від вибраних команд (кривих, поверхонь, опорних площин).

Ухилом можна додавати або видаляти матеріал. Діапазон ухилу $\pm 30^\circ$ (рис. 3.8.) Нижче наведена термінологія, що використовується при створенні ухилів.

- **Draft surfaces\Поверхні ухилу** – поверхні моделі, вибрані для задання ухилу.

- **Draft hinges\Нейтральні елементи ухилу** – крива на поверхнях ухилу (також звана нейтральною кривою), яка використовується як вісь повороту поверхонь ухилу. Нейтральний елемент ухилу може бути визначений вибором площини, а лінія перетину цієї площини з поверхнею ухилу і буде віссю ухилу.

- **Pull direction\Напрямок нормалі** – напрям (також називається напрям ухилу), який використовується для вимірювання кута ухилу. Звичайний напрям нормалі показує напрям роз'єму прес-форми. Можна визначити цей напрям вибором площини (тоді напрям нормалі буде перпендикулярний цій площині), лінійної грані, опорної осі або осей системи координат.

- **Draft angle\Кут ухилу** – кут між напрямом ухилу і вже нахиленими поверхнями ухилу. Якщо поверхні ухилу розділені, можна задати два незалежних кута для кожної частини ухилу.

При створенні ухилу потрібно вибрати поверхню для ухилу, це буде первинним посиланням. Як вторинне посилання необхідно вибрати нейтральний елемент ухилу, щодо якого система нахилить поверхню. За замовчуванням, система створює ухил без зламу. Проте злам може бути доданий як по нейтральному елементу, так і по спеціально вказаному елементу зламу (площина або ескізна крива).

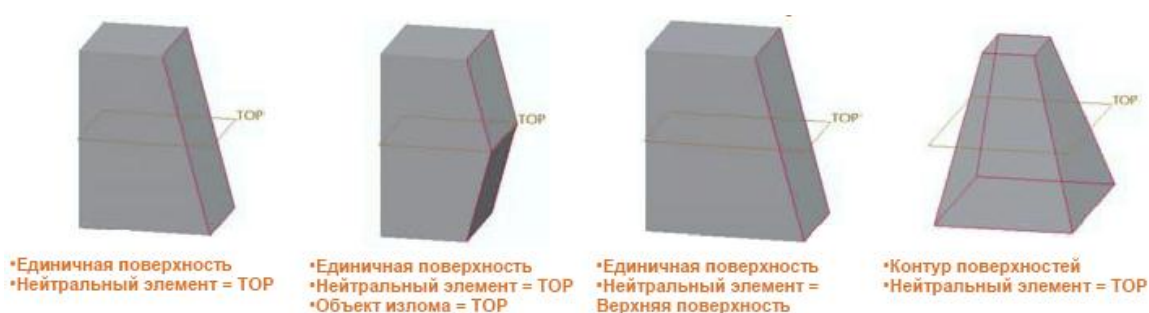


Рис. 3.8. Створення ухилів

Інструмент Shell\Оболонка служить для видалення поверхні або поверхонь з тіла і «видовбування» вміст тіла, тим самим залишаючи оболонку із заданою товщиною стінки. Існує три типи оболонки:

- **Single Surface\Єдина поверхня** – в моделі вибирається тільки одна поверхня для видалення.
- **Multiple Surfaces\Декілька поверхонь** – в моделі вибирається декілька поверхонь для видалення.
- **Multiple Thickness Value\Різна товщина стінок** – визначає одну або декілька поверхонь, від яких система створить стінку з іншою товщиною.

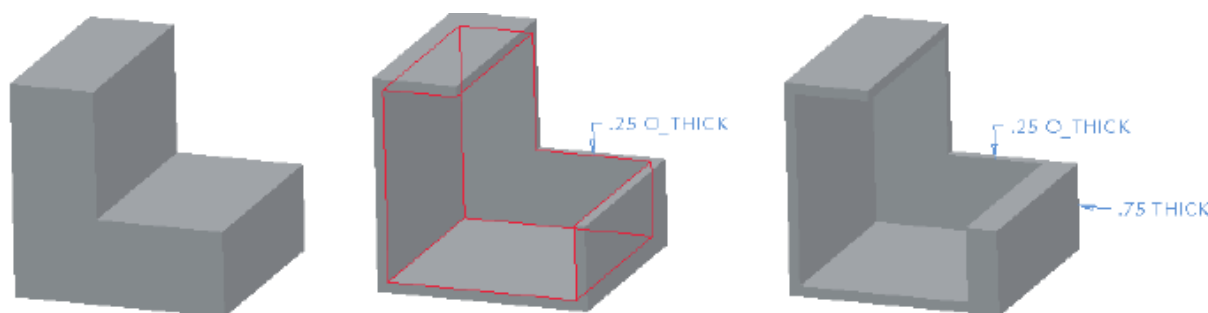


Рис. 3.9. Створення оболонки

Коли Creo створює оболонку, всі конструктивні елементи, які були додані до тіла перед вибором **Shell\Оболонка**, "видовбуються". Отже, при використанні оболонки дуже важливий порядок створення конструктивних елементів. При створенні оболонки буде можливість управляти процесом безпосередньо в робочому вікні за допомогою маркерів, де будь яка внесена зміна буде відбита на екрані в режимі динамічного перегляду. Додатково можна скористатися діалоговою панеллю створення оболонки.

3.4. Створення опорної геометрії

Опорна геометрія дозволяє легко розміщувати основні об'єкти моделі в тривимірному просторі. Наприклад, перед початком створення основної геометрії нової моделі потрібно буде створити опорні площини (**datum planes**).

Datum planes\Опорні площини – використовуються протягом всього процесу моделювання, при створенні зборок або фічерів. Додаткова опорна геометрія, така як **Datum axes\Опорні осі**, **Datum points\Опорні точки**, **Datum coordinate systems\Опорні координатні системи** і **Datum curves\Опорні криві**, пропонує додаткові методи створення і розміщення об'єктів і компонентів.

При створенні **Опорної площини** знадобиться мінімум одне посилання. Наприклад, при створенні опорної площини зсувом (**offset**)

досить вказати плоску поверхню або іншу опорну площину, на відстані від якої буде створена нова опорна площина. При створенні опорної площини необхідно повністю виключити невизначеність, тільки після цього можна завершити створення площини. Нижче наведено п'ять обмежень, за допомогою яких можна зафіксувати площину в просторі.

- *Thorough\Через* – площина пройде через вказану кромку, вершину, вісь або точку.

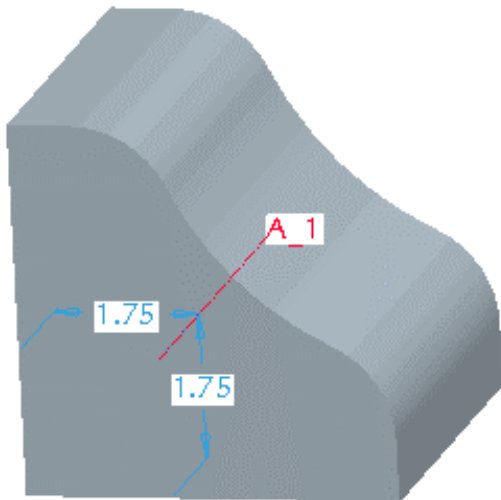


Рис.3.11. Створення базової осі

деталі, фічеру, поверхні, кромці або радіусу.

Як і *Опорні площини*, *Опорні осі* можуть бути використані як прив'язки при створенні фічерів. *Опорні осі* дуже добре підходять для створення по ним опорної площини, яка повинна бути побудована під кутом до площини або поверхні. Також *Опорна вісь* використовується при створенні співвісного отвору. Також опорна вісь може бути побудована перпендикулярно, дотично до вказаних посилань або яка проходить через вказані посилання.

Для створення системи координат потрібно вибрати геометричні посилання і зорієнтувати напрям X, Y і Z осей системи координат. Опорні системи координат можуть бути дуже корисні, при створенні складальної моделі або створення опорних фічерів, таких як опорні точки і опорні криві.

3-D криві використовуються при створенні фічера інструментами *Sweep\Протяжка* і *Variable section sweep\Лофтинг* і при створенні поверхні.

Впорядкування геометрії за допомогою шарів (*layers*) дозволяє вибірково виконувати деякі операції. Наприклад, можна контролювати

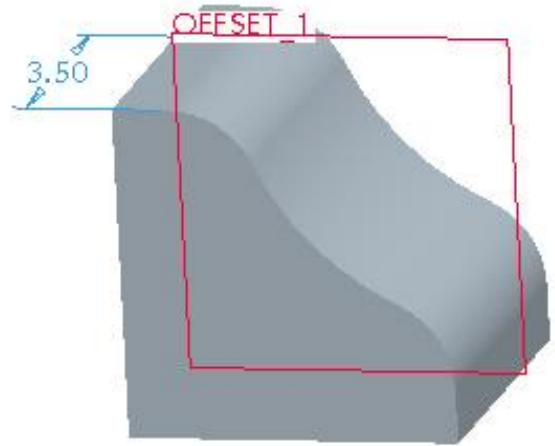


Рис. 3.10. Створення опорної площини зміщенням, паралельно до поверхні

- *Offset\Зсув* – площина побудована на відстані від існуючої площини або плоскій поверхні.

- *Parallel\Паралельно* – площина паралельна вказаній опорній площині або плоскій поверхні.

- *Normal\Нормально* – площина перпендикулярна вказаній осі, поверхні або опорній площині.

- *Tangent\Дотично* – площина дотична до вказаної кромки або поверхні.

Опорна площина за своїм визначенням нескінченна, проте можна встановити її візуальне відображення, підігнавши його по

відображення елементів на екрані, вибірково. Коли при створенні нової моделі використовуєте шаблони, задані за замовчуванням нові шари створюються автоматично. Creo автоматично додає на відповідний, створений за замовчуванням шар вже створені фічери. Наприклад, всі опорні площини, створені за замовчуванням, автоматично заносяться на шар 01_PRT_DEF_DTM_PLN.

3.5. Редагування моделей

Процес *Редагування* фічерів або *Створення* нового фічера потребує вибору вже існуючої геометрії. Розуміючи особливості вибору в Creo 3.03.0, можна без зусиль вибирати в моделі потрібні фічери, геометрію або компоненти (останнє відноситься до складального модуля). Після вибору елемента буде можливість виконання над ним цілого ряду операцій.

Hide\Приховування компоненту в збірці дуже важливе при виборі, оскільки ця операція дає можливість «дістатися» до деталей, розташованих усередині складальної моделі.

Suppress\Подавити є іншим способом приховування компонентів. Проте не варто використовувати *Suppress\Подавити* лише для того, щоб полегшити вибір елементів.

Edit\Редагування – дозволяє змінювати конструкцію моделі без необхідності її повторного створення. За допомогою редагування можливо змінювати значення розмірів. Якщо необхідно поміняти не лише значення розмірів, а ще і саму розмірну схему або необхідно поміняти тип фічера, потрібно скористатися перевизначенням (*Edit Definition*). Перевизначення дозволяє проводити більш глибокі зміни фічерів.

Вибір геометрії дуже важлива складова роботи з системою, оскільки після вибору фічера, геометрії або компоненту в збірці можна дістати доступ до інструментів їх редагування. Існує три основні способи вибору об'єктів в Creo. Це прямий вибір, вибір об'єктів через послідовність і вибір, використовуючи інструмент пошуку.

Прямий вибір – за допомогою курсору. Для цього необхідно навести курсор на фічер або компонент і клацнути лівою клавішею для його вибору. Можна вибирати або відмінити вибір відразу декілька фічерів\компонентів за допомогою клавіші CTRL. Додатково можна скористатися фільтром вибору, який дає можливість вибирати тільки певний тип об'єктів.

Існує два методи прямого вибору:

Вибір безпосередньо на моделі. Коли наводиться курсор на елемент моделі, грані елемента підсвічують блакитним кольором. Це означає, що елемент готовий до остаточного вибору. Після цього ЛКМ і модель підсвічує червоним кольором в каркасному вигляді.

Вибір в дереві моделей. Так само для вибору фічерів або компонентів можна застосовувати дерево моделей. В дереві моделей вибір потрібного

елементу, і він підсвічує на екрані.

Вибір через послідовність. Вибір через послідовність може знадобитися при нагромадженні елементів на екрані або необхідний елемент прихований за іншим елементом. Наприклад, на зборці двигуна необхідно вибрати шатун для зміни його довжини. Проте не можливо просто вибрати шатун, оскільки він прихований за циліндром і поршнем. У даній ситуації вибір через послідовність буде найактуальнішою.

Існує два методи вибору через послідовність:

Вибір через послідовність безпосередньо на моделі. Під час вибору геометрії безпосередньо в графічному вікні система спочатку підсвічує її блакитним кольором, показуючи, який саме елемент вона готова вибрати. Якщо у цей момент ПКМ, то система перемкнеться на наступний елемент моделі. Можна клацати ПКМ до тих пір, поки система не дістанеться до потрібного елемента. Як тільки система заздалегідь підсвітить необхідний елемент, клацнути ЛКМ і елемент буде вибраний.

Вибір через послідовність з використанням списку. Потрібно навести курсор на місце розташування прихованого елемента, натиснути на ПКМ і у випадяючому меню вибрати *Pick from List* / *Вибрати зі списку*.

Creo через курсор проводить уявний промінь, перпендикулярний до екрану, і виводить список всіх елементів, які перетнув даний промінь. Вибраний в списку елемент підсвічуватиметься в робочому вікні.

Запам'ятати: при попередньому підсвічуванні елемента клацання по ЛК означає остаточний вибір, клацання по ПК означає вибір через послідовність.

Вибір з використанням інструменту пошуку. Пошук – це потужний інструмент вибору елементів будь якого типу. Пошук елементів здійснюється за вибраними критеріями. Наприклад, фічери можуть бути вибрані за типом, а компоненти – за назвою.

При створенні складних моделей, інструмент пошуку стане неоціненним помічником, дозволяючи швидко вибрати необхідні елементи, а не витрачати час на ручний вибір.

При використанні універсального фільтру вибір фічера, моделі або геометрії перетворюється на поетапний процес. Це означає, що можна вибрати елемент, що цікавить після початкового вибору. Існує два рівні вибору елементів з використанням універсального фільтру:

1–й рівень – вибір фічера / компонента;

2–й рівень – вибір геометрії (поверхні, кромки або вершини).

Наприклад, для вибору поверхні або кромки, або вершини, спочатку вибрати фічер (він підсвічує червоним). А потім вже можна вибрати специфічні елементи на цьому фічері.

При роботі зі зборкою, схема вибору приблизно така ж. Спочатку вибір компонент і далі вже концентрується на окремих елементах, таких як кромки поверхні і вершини.

Крім універсального (*Smart*) вибору, будуть доступні і інші опції, наприклад:

- **Components\Компоненти** – на рівні зборки дозволяє вибрати тільки компоненти.

- **Geometry\Геометрія** – вибираються тільки геометричні складові (кромки, поверхні, вершини)

- **Features\Фічери** – вибираються лише фічери.

Решта елементів ігнорується. Отже, фільтр застосовується при нагромадженні елементів на екрані.

Команди **Hide\Unhide (Скрити\Показати)** призначені для тимчасового приховування (і подальшого прояву) допоміжних фічерів в деталі і компонентів в зборці. За замовчуванням система не зберігає статус фічера\компонента як «прихований», відповідно, якщо потрібно щоб після повторного відкриття деталі або зборки приховані компоненти як і раніше були невидними, збережіть їх статус як прихований. Для цього скористайтеся командою опцією **Save Status\Зберегти статус** в меню **View > Visibility (Вигляд > Видимість)**.

Рекомендується використовувати команди **Hide\Unhide (Скрити\Показати)** для тимчасового видалення з графічного вікна допоміжної геометрії або компонентів. Якщо потрібно видалити фічери/компоненти на тривалий термін, кращим рішенням буде використання шарів або спрощених уявлень.

Suppress\Подавити – видаляє фічер або компонент не тільки з графічного вікна, але і з процесу регенерації. Придушення Батьківського компонента\фічера автоматично спричинить придушення його дочірніх компонентів\фічерів. За своєю дією команда **Suppress\Подавити** ідентична видаленню, за винятком того, що подавлені фічери\компоненти можуть бути у будь який час відновлені командою **Resume\Відновити**. Наприклад, для того щоб тимчасово видалити декілька фічерів для спрощення створення нових фічерів. Після створення нових старі фічери будуть відновлені. Також можна тимчасово пригнічувати фічери, якщо в моделі в одному місці розташовуються два різних фічери. Можна по черзі подавляти\відновлювати ці фічери в залежності від вимог конструкції. Внаслідок того, що пригнічений фічер буде виключений з процесу регенерації, швидкість регенерації зросте. Проте придушення об'єктів – це не та техніка, яку потрібно використовувати при управлінні складними деталями або зборками.

Рекомендується використовувати команди **Suppress – Resume\Подавити – Відновити** для тимчасового видалення з графічного вікна фічерів, які створюють геометрію для перевірки різних варіантів конструкції. Бажано в остаточній моделі видаляти всі пригнічені об'єкти.

Команда **Edit\Правка** призначена для зміни значень розмірів фічерів і компонентів. Тим самим можна змінювати габаритні розміри, геометрію і місцеположення фічерів в моделі. Після вибору цієї команди всі розміри фічера, що модифікується, з'являться на екрані.

Для зміни розміру в графічному вікні двічі клацнути по ньому і потім ввести нове значення. Додатково можна скористатися найчастіше використовуваними значеннями розмірів. Модель повинна бути регенерована кожного разу, як тільки внесено зміни до розміру.

Edit Definition\Перевизначення дозволяє проводити значні зміни фічерів. За допомогою перевизначення можна змінити:

- тип об'єкта;
- розмір об'єкта;
- форму об'єкта – дозволяє переробляти ескіз ескізних фічерів;
- місце положення фічерів.

При перевизначенні фічера варто використовувати ті ж інструменти, що і при його створенні.

РОЗДІЛ 4 ЗБІР КОМПОНЕНТІВ

4.1. Основні способи створення систем

В зборках Creo існує багато способів сполучення компонентів. Сполучення компонентів з використанням жорстких прив'язок – це один з основних способів створення в системі зборок.

Жорсткими прив'язки називаються тому, що при їх застосуванні компонент, що сполучається, позбавляється всіх своїх ступенів вільності і жорстко фіксується в зборці. Існують і так звані «м'які» прив'язки, що позначаються терміном *Connections\З'єднання*. З'єднання сполучають деталь в зборці із збереженням одного, двох і більше ступенів вільності і використовуються при створенні механічно рухомих з'єднань.

Як і деталі, зборки мають власні характеристики. Створюючи зборку з використанням шаблону – це економія часу, позбавляючи від ручного введення в зборку додаткової інформації. Шаблон, стандартизований під потреби конкретної компанії, дозволяє всім інженерам цієї компанії при розробці виробу мати загальну відправну точку.

Після створення зборки і введення її назви можна додавати туди компоненти. Процес сполучення компонентів повинен бути схожим на зборку вже реального виробу. Саме на цьому етапі можна визначити можливі проблеми, які можуть виникнути при зборці готового виробу.

Система забезпечує різними типами прив'язок, такими як *Mate\Сполучити*, *Align\Вирівняти* і *Insert\Вставити*. Простішим використання цих прив'язок робить *Автоматична* прив'язка. Якщо сполучати компоненти із застосуванням автоматичної прив'язки, вистачить вказати посилання на об'єктах, що сполучаються, а система сама буде інтерпретувати ці посилання залежно від вибраної геометрії і взаємного розташування деталей, що сполучаються.

Шаблони складальних файлів подібні до шаблонів деталей. Шаблони зборок економлять час забезпечуючи автоматичне створення опорних площин і збережених видів. Також може використовуватися специфічна інформація компанії у вигляді спеціальних параметрів і шарів. Новий складальний файл автоматично зберігає в собі настройки шаблону.

Прив'язки визначають, як компонент розташовуватиметься в зборці. Існує багато прив'язок, найтипівіші з яких наведені нижче:

- *Automatic\Автоматично*;
- *Mate\Сполучити*;
- *Align\Вирівняти*;
- *Insert\Вставити*;
- *Coordinate System\Кординатна система*;
- *Default\За замовчуванням*;
- *Fix\Зафіксувати*.

Загальні принципи сполучення компонентів за допомогою прив'язок:

- Коли використовуються прив'язки **Mate\Сполучити** і **Align\Вирівняти**, вони повинні бути одного і того ж типу (наприклад, площина до площини, поверхня обертання до поверхні обертання, точка до точки, вісь до осі). Термін «поверхня обертання» позначає поверхня, отримана поворотом січення відносно осі, і січення у вигляді дуги/кола видавлене в простір інструментом Пряме витискування.

- Коли використовуються прив'язки **Mate\Сполучити** і **Align\Вирівняти** і введені величини зсуву, система показує напрям зсув. Якщо потрібно змінити напрям на зворотне, можна ввести негативне значення.

- Система додає прив'язки по одній. Наприклад, неможливо використовувати єдину прив'язку **Align\Вирівняти** для поєднання двох отворів в одній деталі з двома отворами в іншій. В цьому випадку доведеться використовувати дві різні прив'язки **Align\Вирівняти**.

- Для повного розміщення компоненту в збірці доведеться скористатися комбінацією з прив'язок. Наприклад, можна сполучити пару поверхонь за допомогою **Mate\Сполучити**, другу пару циліндричних поверхонь – за допомогою прив'язки **Insert\Вставити**, а третю пару інструментом **Align\Вирівняти** використовувати для орієнтації.

- Вирівняти під кутом дві поверхні можливо тільки після поєднання двох осей або лінійних кромки.

Якщо при збірці деталей необхідно встановити між площинами зазор, потрібно ввести величину зазору. При цьому система стрілкою покаже напрям, в якому вона відкладе розмір. Значення розміру може бути як позитивним, так і негативним. Це визначить напрям відкладання розміру. Якщо ввести нуль, площини будуть накладені одна на одну без зазору. Нижче представлено декілька типів зсуву:

- **Offset\Зсув** – дозволяє визначити зазор між площинами, що накладаються (плоскими поверхнями).

- **Oriented\Орієнтований** – розгортає вибрану площину «лицем» до іншої площини без визначення величини зсуву. За необхідністю можна змінити напрям погляду на зворотний.

- **Coincident\Співпадіння** – те ж саме, що і «**Mate**» з нульовим зазором, тільки тут не потрібне створення розміру.

- **Angle Offset\Кутове зміщення** – дозволяє повернути одну поверхню відносно іншої на певний кут.

Insert\Вставити. Використовується для позиціонування двох поверхонь обертання, які розташовуються співвісно. Поверхні можуть бути циліндричними і конічними. Прив'язка **Insert\Вставити** це жорстка прив'язка, яка не забезпечує можливості переміщення деталі в осьовому напрямі, навіть якщо інших прив'язок не буде.

Coordinate System\Координатна система. Використовується для розміщення компонента в збірці вирівнюванням системи координат цього

компоненту з іншою системою координат в зборці. Можна використовувати системи координат створені на рівні деталі, і складальні системи координат. При поєднанні систем координат Creo суміщає відповідні осі тих систем, що сполучаються, тобто вісь X однієї системи накладається на вісь X іншої в тому ж напрямі (це ж відноситься до осей Y і Z). **Coordinate System\Координатна система** забезпечує повне визначення компонента в зборці, відповідно є єдиною прив'язкою при сполученні деталей.

Default\За замовчуванням. Використовується для розміщення компоненту в зборці, вирівнюючи створену за замовчуванням систему координат із створеною за системою координат зборки. При використанні цієї прив'язки непотрібно вказувати, які системи координат необхідно суміщати. Система це знає і так. Це стандартна практика при розміщенні в зборці першого компоненту.


Fix\Зафіксувати. Використовується для фіксації (заморожуванні) компоненту в його поточному положенні. Ця прив'язка може бути використана в наступних випадках:

- Зафіксувати компонент після сполучення основних прив'язок, якщо вони забезпечують лише часткове визначення компоненту.
- Зафіксувати компонент після його вільного позиціонування в 3D.
- Тимчасово зафіксувати компонент в просторі, якщо посилань для його розміщення в зборці поки немає.

Орієнтація компоненту, що сполучається, в режимі зборки. Можна обертати модель, що сполучається, незалежно від зборки. Для цього варто скористатись наступними поєднаннями клавіш:

Обертання: CTRL + ALT + середня клавіша миші.

Панорамування: CTRL+ALT+права клавіша миші.

Вибір компоненту, який буде доданий в зборку. У режимі зборки це може бути зроблено натисненням іконки  або перетяганням компоненту в зборку з вікна браузера у вікно зборки.

Вибір парних посилань на компоненті і зборці. Для вибору пари посилань (наприклад, поверхні отвору і циліндричної поверхні болта або двох поверхонь, що накладаються) використовується курсор. Для вибору посилань в умовах нагромадження компонентів можна скористатися Зумом або Інструментом пошуку.

Частково зв'язані компоненти можна переміщати в діапазоні їх ступенів свободи.

Завершення розміщення компоненту. Як тільки компонент буде повністю зв'язаний (буде позбавлений всіх ступенів свободи), система висвітить відповідне повідомлення. По замовчуванню система також використовує опцію **Allow assumptions\Дозволити допущення** для повного визначення компоненту в напівавтоматичному режимі. Наприклад, болт в отворі в загальному випадку матиме тільки дві прив'язки – **Insert\Вставити** і **Mate\Сполучити**. Але у нього залишиться ще одна ступінь вільності – обертання навколо своєї осі. В цьому випадку система з включеною опцією

Allow assumptions\Дозволити допущення сама зафіксує болт і він вважатиметься повністю визначеним. Компонент, який не був повністю визначений в зборці, в дереві моделей відображається значком [□] і називається *Packaged*\Неприв'язаний.

4.2. Управління моделями

Фічери базуються на прив'язках, які вибираються в процесі їх створення. Як тільки стає зрозумілим, як працює відношення «*Батько-нащадок*» в деталях або зборках, можна вставляти фічери або компоненти, що вже існують, і перевизначати порядок їх створення.

Для зміни відношення «*Батько-нащадок*» між фічерами, найдієвіший спосіб – скористатися опцією *Edit Definition**Переоприділити*. Ця опція дозволяє переобрати прив'язку за допомогою діалогових вікон, панелей інструментів або опцій меню, залежно від типу перевизначуваного об'єкта.

Відчеплення ескізу. Опція *Unlink**Відчепити*, доступна в панелі *Placement**Розміщення*, служить для розриву зв'язку між ескізом і фічером (Пряме витискування, Обертання, і т.д.), яке цей ескіз використовує. У фічері з'являється внутрішній ескіз, а ескіз, з яким був розірваний зв'язок, може використовуватися для створення іншого фічера або його можна видалити.

Легко можна визначити в дереві моделей, чи є Ескіз зв'язаним або вільним. Зв'язаний ескіз має однакову назву у вигляді **Sketch #** і в корені дерева моделей, і у фічері, яким використовується. Як тільки зв'язок між ескізом і фічером розривається, ескіз залишається з тією ж назвою, а фічер набуває свого внутрішнього ескізу, який має назву у вигляді **S2D000#**.

Порядок створення фічерів, це їх послідовність розташування в дереві моделей. Можна перетягувати фічери в дереві моделей, тим самим міняючи порядок їх створення. Проте не можливо помістити Батьківський фічер нижче Дочірнього, оскільки це суперечить самому принципу параметричного проектування, де створений фічер «бачить» тільки те, що було створене до нього. Проте зміна порядку створення фічерів може призвести до зміни зовнішнього вигляду моделі.

У дереві моделей місце, куди буде поміщений черговий фічер, показане індикатором **➔ Insert here***Вставити тут*. За замовчуванням він завжди розташований внизу дерева моделей. Проте індикатор можна переміщати в дереві моделей для визначення місця, куди потрібно помістити створюваний фічер. Система відстежує переміщення індикатора, і всі фічери, які в дереві моделей опиняються нижчим за нього, пригнічуються. Для повернення індикатора в місце, займане за замовчуванням, можна зробити це або вручну, або виділивши індикатор, і у випадному меню вибрати *Cancel**Відмінити*.

Автоматичне групування фічерів. У будь який час, після запуску інструменту створення фічера, можна паралельно запустити і інший інструмент створення фічерів, таких як *Ескізи* або *Опорні фічери*. Система

автоматично зупинить створення початкового фічера і перемкнеться на створення додаткового. Після завершення створення додаткового фічера можна відновити створення початкового. Після завершення створення початкового фічера він і допоміжний фічер в дереві моделей будуть автоматично об'єднані в групу. Такий спосіб створення допоміжних фічерів носить назву «*На льоту*».

Ручне групування фічерів. Виберіть фічери для групування, натисніть на праву клавішу миші і виберіть **Group\Група**. Створення групи вручну приводить до того ж результату, що і автоматично. Для розгрупування виберіть групу натисніть на праву клавішу миші і виберіть **Ungroup\Розгрупувати**.

Примітка: У групу можуть бути об'єднані тільки фічери, розташовані в дереві моделей поряд.

Управління геометричними об'єктами за допомогою шарів дозволяє вибірково виконувати наступні операції:

- Приховування в графічному вікні опорних фічерів і складальних компонентів.
- Показ в графічному вікні опорних фічерів і складальних компонентів.
- За одну дію вибирати відразу безліч компонентів або геометричних об'єктів для їх придушення або видалення.

Відображення і вибір геометрії за допомогою шарів. У режимі деталювання шари контролюють відображення тільки нетвердотілої геометрії. Наприклад, якщо в деталі прихований шар, що містить отвори, система видалить з графічного вікна тільки осі цих отворів. Самі ж отвори в графічному вікні залишаться. Проте, якщо потрібно з деталі подавити всі отвори, можна скористатися цим шаром для того, щоб вибрати всі отвори відразу, а не клацати кожен отвір в дереві моделей. Після вибору отворів можна їх не лише пригнічувати, але і видаляти.

У режимі зборки шари можуть приховувати не тільки неотвердотільну геометрію, але і складальні компоненти (деталі і підзборки). Наприклад, в зборці ви приховаєте шар, що містить болти, відповідно всі болти будуть видалені з графічного вікна.

Примітка: Видалення компоненту з графічного вікна за допомогою шару не означає його фізичного видалення. Не дивлячись на відсутність в графічному вікні, компонент зберігається в циклі регенерації зборки. Якщо при створенні моделі використовується шаблон, декілька шарів створюється автоматично. Сгео додає певний тип об'єктів на свій шар в мірі того, як ці компоненти створюються. Наприклад, всі опорні площини, створені за замовчуванням, автоматично додаються на шар 01_PRT_DEF_DTM_PLN. Для вибору геометрії при занесенні її на шар можна скористатися наступними способами:

- Вибрати об'єкти в дереві моделей.
- Вибрати об'єкти в графічному вікні.

- Встановити для шару Правила, тобто автоматично заносити на шар елементи відповідні певним критеріям. Наприклад, шар може автоматично включати отвори або округлення, або опорні осі і т.д.

Створення шару вручну. Щоб створити шар вручну, для цього необхідно ввести назву шару і в графічному вікні або в дереві моделей проклацати елементи, які потрібно помістити на цей шар. Цей тип шарів корисний для спеціальних завдань, і назва шару повинна бути зрозуміла і для інших інженерів.

Створення шару з Правилами. Правила дозволяють створювати шари, що містять в собі геометрію, автоматично вибрану за встановленим критерієм. Для створення шару з Правилами потрібно також ввести назви шару, а далі замість того, щоб вибирати елементи вручну, встановити для шару Правила, за якими він сам занесе на себе геометрію (або компоненти) певного типу. **Установка Правил** схожа з використанням **Інструменту пошуку**. Цей тип шарів дуже корисний при створенні шаблону. Нижче наведено декілька рекомендацій щодо оптимального порядку створення фічерів в моделі:

1. Геометричний фічер в моделі повинен за можливістю визначати основні габаритні розміри виробу. Це буде базовим фічером.

2. Створення крупних фічерів по додаванню або видаленню матеріалу.

3. Створення дрібних фічерів по додаванню або видаленню матеріалу. Це маленькі отвори, ребра і т.д.

4. Створення доводочних фічерів, такі як скруглення і фаски.

Допоміжну геометрію можна створювати впродовж усього процесу проектування. Залежно від вимог конструкції **Оболонки** і **Ухили** створюються не залежно від крупних фічерів. Тобто, порядок створення повинен диктуватися вимогами конструкції.

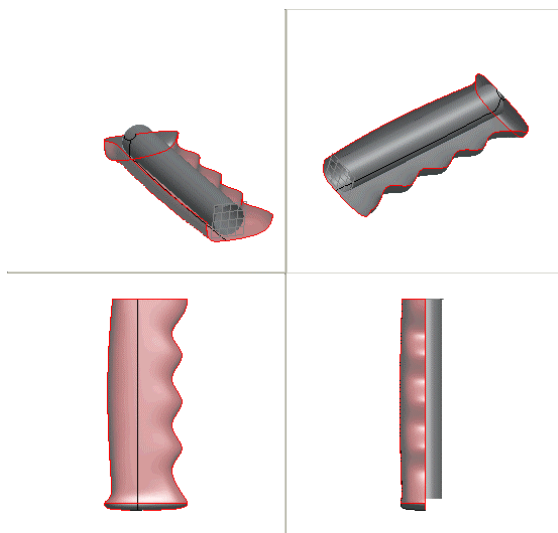


Рис. 4.1. Створення дизайнерських фічерів

4.3. Створення дизайнерських елементів

Дизайнерський фічер – це фічер вільної форми, такий, що складається з сукупності кривих і поверхонь. В рамках одного фічера можливе створення безліч кривих і поверхонь. Дизайнерські фічери не вимагають точних вимірювань, можна змінювати їх форму, візуально контролюючи результат.

В даному випадку критерієм оцінки служить не відповідність розмірам, а відповідність форми, що пред'являється до неї, естетичними вимогами.

Дизайнерські криві – це сплайни, точки яких можуть бути прив'язані до будь якого параметризованого фічера.

У меню **Дизайну** присутнє також гнучке параметричне управління.

Дизайнерська крива – це крива вільної форми. Ця крива (так само як і звичайна опорна крива) може використовуватися як посилання при створенні параметризованих фічерів. Можна використовувати дизайнерські криві при створенні складних скульптурних форм там, де не потрібне введення точних розмірів.

Існує три типи дизайнерських кривих, які розрізняються за способом створення:

- **Planar\Плоска** – крива створюється на вказаній опорній площині або плоскій поверхні.

- **Curve On Surface (COS)\Крива на поверхні** – крива створюється на вказаній поверхні.

- **Free\Вільна** – крива створюється в просторі.

Стилістична поверхня – це поверхня, створена по стилістичних кривих вільної форми. Контур з кривих може бути закритий або відкритий.

4.4. Збір з використанням інтерфейсів і адаптивних компонентів

Існує декілька способів сполучення компонентів в зборці. Сполучити компонент з використання прив'язок, це базовий метод створення зборок в Creo. Тим не менш, існує ще два способи, які доповнюють базовий. Ці доповнення можуть бути дуже корисні в певних ситуаціях.

Перший спосіб – це зборка компонентів з використанням **Інтерфейсу**. Цей спосіб особливо корисний при зборці великого числа однотипних деталей по однотипних прив'язкам.

Другий спосіб – це зборка адаптивних компонентів. Гнучкі компоненти корисні тим, що дозволяють вставляти один і той же компонент в зборку безліч разів з різними розмірами. Наприклад, пружина залежно від місця установки в деталі може мати різне розтягування.

Інтерфейс створюється в деталі і застосовується для визначення посилань, які будуть використовуватися при сполученні цієї деталі в зборці. При цьому, деталь сполучається звичайними прив'язками – **Сполучити, Вирівняти, Вставити**. Коли додається такий компонент в зборку, визначається у відповідь посилання тільки на складальній моделі.

Також є можливість користуватися опцією **Auto Place\Авторозміщення**, при якій потрібно вказати на моделі приблизне місце розташування компоненту, що вставляється, а система сама прорахує можливі варіанти розміщення з обліком **Інтерфейсу**.

Ще одна опція, доступна при використанні *Інтерфейсу* – це *Drag and drop**Перетягнути і вставити*. За допомогою цієї опції у вікні браузера при виборі компоненту, курсором перетягнути його у вікно зборки на приблизне місце розташування. А далі включається *Auto Place**Авторозміщення*. Дана функціональність визначається опцією файлу конфігурації **autoplace_single_comp**.

Інтерфейс може також визначатися «на льоту». Це відбувається, коли після додавання компоненту в зборку звичайним способом додати в зборку цей же компонент. Система запропонує використовувати ці ж посилання, що і минулого разу. Це називається тимчасовим Інтерфейсом. Дана функціональність визначається опцією файлу конфігурації **create_temp_interfaces**.

Використання *Інтерфейсу* економить час, так при сполученні звичайних компонентів не потрібно вибирати посилання на компонентах, що додаються.

*Flexible**Гнучкість* дозволяє додавати в зборку один і той же компонент, але в різних станах. Наприклад, пружина, залежно від свого місцеположення в моделі, може мати різне розтягування. В цьому випадку модель не треба розтягувати вручну, система сама може змінити значення гнучких розмірів для відображення моделі в кожному стані.

Змінні елементи можуть бути зумовлені для будь якої деталі або зборки. Змінний елемент може бути використаний кожного разу, коли додається компонент в зборку. Можна визначити наступні змінні елементи додання компоненту адаптивності:

- значення розмірів, параметрів і допусків;
- стан «Пригнічений» або «Відновлений» для фічерів і компонентів в підзборках (зборках, що входять в основну зборку).

Це важлива особливість, оскільки модель представляється саме такою, якою вона буде в реальному виробі.

Гнучкий елемент може варіюватися тільки в режимі зборки, але не на рівні деталі. Для задання змінності розміру на рівні деталі існує інструмент *Таблиця сімейств*.

РОЗДІЛ 5 СТВОРЕННЯ КРЕСЛЕНЬ

5.1. Алгоритми створення креслення

Існує два основні способи створення креслення. У першому випадку використовується креслярський шаблон для автоматичного розміщення видів і зумовленої інформації на кресленні. У другому випадку, види на кресленні розташовуються вручну.

Зазвичай процес створення креслення є комбінацією з описаних методів, коли початок креслення відбувається з використанням шаблонів, а відсутні шаблони – розташовуються вручну.

Креслярські види повинні містити всю необхідну інформацію для виробництва деталі. Ця інформація включає розміри, осі, примітки, специфікації, таблиці. Також можна розташовувати на кресленні додаткову інформацію, таку як допуски і посадки на розміри, геометричні допуски, символи обробки поверхонь, власні символи і т.д.

Подібно до шаблонів деталей і зборок креслярські шаблони дозволяють мати загальну відправну точку на початку створення креслення. Шаблони містять три основні типи креслярської інформації. Перший тип інформації не залежить від моделі – це креслярські символи, формат листа, штамп. Ця інформація просто копіюється з шаблону в нове креслення. Другий тип – це символи вигляду, які містять опції, використовувані при настройці креслярських видів. Ці опції використовуються для автоматичного розташування на листі видів моделі. Третій тип – це параметричні написи. Параметричні написи – це написи, які оновлюються по параметрах і розмірах нової моделі креслення.

Основні шаблони для використання:

- розміщення написів (*Note*);
- розміщення символів;
- визначення таблиць;
- показ розмірів;
- створення ліній прив'язки;
- установок відображення вигляду;
- визначення схеми розташування видів.

Якщо види моделі розміщуються на кресленні вручну, Creo надає відповідні інструменти. Існує декілька базових типів видів, які можна створити в Creo:

- **General\Загальний** – зазвичай це перший розміщуваний вигляд на кресленні. Він може мати залежні види, що знаходяться з ним в проєкційному зв'язку. Загальний вид може бути поміщений в будь яке місце креслення, з будь якою орієнтацією і масштабом. Оновлення головного вигляду вплине на відображення залежних видів.

- **Projectio\Проекційний** – ортогональна проекція іншого вигляду, повернена на 90 градусів у горизонтальному або вертикальному напрямі. Масштаб проекційного вигляду залежить від масштабу вигляду, на який він посилається.

- **Detailed\Виносний** – невелика частина моделі, збільшена в масштабі для показу невеликих елементів моделі (проточки, фаски і т.д.). Виносний вид будується як збільшений елемент вказаного вигляду з певними межами. Вигляд містить стрілку з вказівкою його імені і масштабу. Виносний вигляд зберігає орієнтацію батьківського вигляду, але, як правило, має більший масштаб.

- **Auxiliary\Додатковий** – спеціальний тип проекційного виду.

Як тільки модель буде асоційована з кресленням, можна розміщувати її види на кресленні. Варто встановлювати чи буде це частковий вигляд, половинний вигляд, перетин або розріз. У залежності від типу вигляду, необхідно визначити масштаб вигляду. Після розміщення видів можна показати на них розміри, створені в 3D, або створити креслярські розміри (у тому випадку, якщо розмірна схема, потрібна на кресленні, не співпадає з розмірною схемою моделі).

Розібрані види служать для представлення складальної моделі в зібраному і розібраному стані. Якщо визначити тип вигляду як **Розібраний**, з'явиться список, з якого необхідно вибрати потрібне уявлення. Крім того, в кресленні можна застосувати позиції деталей і таблицю специфікації, що полегшить пошуки на кресленні потрібної деталі.

Розібрані види, встановлені в аксонометричному уявленні, можуть служити додатковою допомогою для виробничого персоналу по зборці і розбиранню виробу.

Інструменти створення розмірів дозволяють додавати на креслення розміри безпосередньо моделі деталей або зборок. Потрібно додати розміри простим вибором фічера і, які розміри відобразити на кресленні, а які ні.

Ще однією особливістю креслень в Creo є їх двонаправлена асоціативність. Це означає, що незалежно від того, де змінюється розмір в моделі або на кресленні, модель автоматично оновиться по всьому ланцюжку. Якщо розмірна схема, потрібна на кресленні, не співпадає з розмірною схемою моделі, можна створити власні розміри, які будуть присутні тільки в кресленні і не будуть впливати на зміну геометрії. Проте ці розміри оновлюватимуться, якщо зміниться геометрія, яку вони описують. При створенні власних розмірів можна скористатися наступними опціями:

- **New Reference\Нова прив'язка** – додає розміри між двома вибраними геометричними об'єктами.

- **Common Reference\Загальна прив'язка** – додає декілька розмірів між загальними базовими об'єктами паралельно одному або декільком об'єктам.

- **Ordinate\Ординатний** – конвертує стандартний розмір в ординатний.

- **Coordinate\Координатний розмір** – автоматично проставляє ординатний розмір на розгортці тонколистової деталі.

Додавання в креслення приміток. Для відображення на кресленні додаткової конструкторської інформації використовується примітки (*Note*). Примітки можуть бути простими або параметричними. Прості примітки – це текст, який може змінюватися тільки в тому випадку, якщо його редагувати. Параметричні примітки асоціативні, вони автоматично оновлюватимуться кожного разу, коли змінювати елемент, з яким ця примітка пов'язана. Параметрична примітка спочатку записується в символному вигляді із знаком & (наприклад &d21, або &РОЗРОБИВ). Символ «&» означає запит системи до значення розміру «d21» і до значення параметра «РОЗРОБИВ».

Додавання в креслення листів. У креслення може бути додана будь яка кількість листів. Також можуть бути додані декілька моделей, і ці моделі відобразатимуться на різних листах. У разі потреби розмір і штамп листа можуть бути змінені. Примітки, види і інші елементи креслення можуть переміщатися з одного листа на іншій.

Додавання специфікацій. ВОР (*Bill of Materials*\Перелік матеріалів) таблиця, яка використовується для створення переліку (специфікації) елементів, що входять в зборку. Перелік матеріалів так само асоціативний. Він створюється із застосуванням повторюваних областей (*Repeat Regions*) і змінюється кожен раз, коли додається деталь в зборку або видаляється деталь із зборки.

Деталі і зборки заносяться в таблицю специфікації автоматично. Система сортує їх за параметрами *Найменування* і *Позначення*. Після створення таблиці, на кресленні можна створити позиції з відповідними позначенням елементів специфікації.

5.2. Отримання інформації про моделі і усунення помилок при регенерації

Збої при регенерації виникають тоді, коли система не може коректно прорахувати відношення «*Батько-нащадок*», геометрію моделі або втрачені посилання в зборці. Через те, що причиною збою можуть послужити дуже багато чинників, необхідно уміти проводити діагностику моделі для визначення проблемних елементів і їх виправлення.

Першим кроком у навчанні буде знаходження та інтерпретація різної інформації про моделі. Потрібно навчитися визначати між фічерами моделі відношення «*Батько-нащадок*», геометричні особливості деталі і розбиратися в її посиланнях. Після отримання цих навиків швидше вирішуватимуться збої, що виникають при регенерації деталей, креслень і зборок.

Всі створені об'єкти містять в собі інформацію, що описує історію їх створення. Ця інформація включає розміри, ескізи, залежні об'єкти і об'єкти, на які цей фічер сам посилається (від яких залежить) і т.д. Сама модель також містить інформацію, що описує історію її створення. Ця інформація включає

всі об'єкти в дереві моделей, ім'я моделі, одиниці вимірювання моделі, наявність перерізів і складальні посилання.

У будь який час можна отримати інформацію про фічер або модель. Дана інформація особливо корисна при аварійній регенерації моделі. Вона дозволить визначити елемент, який послужив причиною збою при регенерації.

При виникненні збоїв при регенерації Steo запускає *Аварійний режим*, в якому відбуватиметься наступне:

- Команда *Зберегти* не буде доступна, оскільки модель в такому стані не може бути збережена.

- Аварійний фічер і наступні за ним фічери залишаться такими, що не згенерували. У поточній моделі будуть показані тільки коректні фічери, які система змогла регенерувати.

- У рядку повідомлень система повідомить, що відбувся збій.

- Система в менеджерві меню відобразить меню *Resolve feat\Розв'язати фічер*.

- Система висвітить вікно повідомлень, в якому вкаже на аварійний фічер і пояснить причину збою.

Інструменти виправлення моделі дозволяють наступне:

- Відмінити всі зміни, зроблені з часу останньої успішної регенерації.

- Досліджувати причину збою в моделі.

- Виправити проблему всередині цього аварійного середовища з використанням стандартної функціональності системи.

- Зробити спробу швидкого виправлення моделі з використанням стандартних операцій над фічером (*Переопреділити > Видалити > Подавити > Редагувати*). Для аварійного компоненту у зборці є ще *Заморозити*.

При режимах діагностики або виправлення існує можливість працювати з поточною моделлю або з моделлю до аварійної регенерації (вона ще називається «*резервна модель*»). У резервній моделі система відобразить всі фічери, створені до останньої успішної регенерації. І дана модель може бути використана для зміни або відновлення розмірів фічерів, які не можуть бути відбиті в поточній (аварійній моделі).

При роботі в креслярському модулі так само може виникнути збій при регенерації. Після чого необхідно визначити аварійний об'єкт і усувати причину відмови, аналогічно як при роботі з окремою деталлю. Наприклад, розмір на креслярському вигляді може бути змінений і, враховуючи двонаправлену асоціативність, модель також оновиться. Якщо зміна була внесена некоректно, система відкриє модель в 3D і надасть набір інструментів, описаних вище.

При створенні зборки також доступний режим *Аварійної регенерації*. Якщо компонент дасть збій при регенерації або відбулася помилка при його зчитуванні, вікно повідомлень покаже назву цього компоненту.

Зазвичай існує три причини виникнення збоїв при роботі в складальному модулі:

- Складальний компонент може бути втрачений: він може бути переміщений в іншу теку, перейменований або видалений.
- Компонент міг втратити свої посилання: при перевизначенні фічерів компонента, їх було видалено або подавлено.
- Геометрія моделі могла змінитися таким чином, що прив'язки, використані при сполученні, стали некоректними або могли бути відредаговані деякі розміри моделі.

Якщо компонент втрачений при зчитуванні, система збере всі деталі зборки, які не вимагають присутність втраченої деталі, потім вона покаже меню **Resolve feat\Розв'язати фічер**.

Якщо компонент втратив прив'язку, можна правити визначення його по нових посиланнях або скористатися командою **Fix Position\Зафіксувати положення** для блокування компоненту, поки досліджуватиметься проблема з його регенерацією.

Якщо прив'язки компоненту стали некоректними, можна:

- Повернути розмірам моделі, чії посилання стали некоректними, колишні значення.
 - Вибрати нові прив'язки для сполучення.
 - Використовувати опцію **Freeze\Заморозити** для фіксації моделі в 3D.
- Далі можна досліджувати і вирішити проблему, потім правити визначення компонента і «розморозити» його.

5.3. Створення геометрії за поверхнями та кривими

Іноді при конструюванні можна зіткнутися з формами, які дуже складно (або взагалі неможливо) створити базовими інструментами (пряме витискування, обертання). В цьому випадку може допомогти інструмент **Boundary blend\Сполучити границі**. За допомогою цього інструменту можна створювати як прості, так і дуже складні форми. Принцип дії цього інструменту полягає в обтягуванні каркаса кривих поверхнею.

Маючи вже готову поверхню, її можна скопіювати і змістити щодо оригіналу на певну відстань. Це можна зробити, використовуючи інструмент **Offset\Зміщення і Copy & Paste Special\Копіювати & Спеціальна вставка**.

Offset\Зміщення дозволяє змістити поверхню по нормалі до оригінальної поверхні. **Copy & Paste Special\Копіювати & Спеціальна вставка** дозволяє зміщувати скопійовану поверхню в будь якому напрямі.

Коли поверхня вже створена, на неї можна спроектувати криву і використовувати цю криву як ріжучий об'єкт при підрізуванні поверхні.

По готовій поверхні можна створити тонкостінне тверде тіло, а якщо ця поверхня утворює замкнутий об'єм (сама по собі або перетином з твердим

тілом), цей об'єм можна залити твердим тілом. Це можна зробити інструментами *Thicken\Інструмент потовщення* і *Solidify\Затвердіння*.


Крім цього існують інструменти:

- *Merge\Об'єднання*
- *Intersect\Перетин*
- *Extend\Витягування*
- *Fill\Заповнення*

Для створення поверхні по кривим знадобиться мінімум дві криві, спираючись на геометрію яких система створить поверхню. Криві можуть вибиратися як в першому, так і в другому напрямі. Як основу при створенні поверхні можна використовувати не тільки криві, але і кромки вже створених поверхонь або кромки твердого тіла.

Якщо створювана поверхня граничить з вже створеною поверхнею, можна визначити для неї граничні умови. Поверхня може просто торкатися суміжної поверхні (нульова похідна), бути дотичною до суміжної поверхні (перша похідна), бути безперервною по кривизні з суміжною поверхнею (друга похідна) і бути нормальною до суміжної поверхні.

Якщо криві, створюючи поверхню, складаються з сегментів, система не завжди може оптимально з'єднати точки сегментів.

Для доступу до інструменту створення поверхні по кривим на панелі інструментів створення фічерів потрібно застосувати іконку  *Boundary Blend Tool\ Сполучити границі*.

Інструменти редагування дозволяють створювати нові поверхні, спираючись на вже існуючі поверхні нульової товщини або поверхні твердого тіла.

Offset\Зміщення – створення поверхонь або кривих зсувом на відстань від існуючих.

Copy & Paste\Копіювати & Вставити – копіювання поверхні і кривих через буфер обміну.

Copy & Paste Special\Копіювати & Спеціальна вставка – також копіює поверхні і криві через буфер обміну, але при вставці поверхонь або кривих з буфера надає додаткові функції по управлінню копією.

Mirror\Зеркальне відображення – створює поверхні або криві дзеркальним копіюванням існуючих поверхонь або кривих.

Merge\Об'єднання – об'єднує дві одиночні поверхні, створивши тим самим цілісне зшивання (*quilt*).

Intersect\Перетин – створює криву на перетині елементів існуючої геометрії.

Trim\Відсікання – обрізає криві поверхнею, поверхню поверхнею, поверхню кривою і криву по іншій кривій.

Extend\Витягування – продовження існуючих поверхонь.

Project\Проектування – створення кривої проектування ескізу або існуючою кривою на вибрану поверхню.

Warp\Деформація – створення кривої, накладаючи її на вказану поверхню. Відмінність від проектування полягає в тому, що крива не змінює своєї первинної довжини.

Thicken\Інструмен потовщення – створення тонкостінного додавання матеріалу (**protrusions**) або вирізу (**cut**) по існуючих поверхнях.

Solidify\Затвердіння – створення суцільного додавання матеріалу або вирізу по існуючих поверхнях. Це буде можливо за умови, що поверхню утворює замкнутий об'єм (сама по собі або перетином з твердим тілом).

Наприклад, дані інструменти будуть незамінні при створенні твердотільного об'єкта складної форми. Спершу створення поверхні, що визначає форму деталі, і тільки після цього за допомогою вказаних вище інструментів трансформування створення поверхні нульової товщини в поверхні твердого тіла.

5.4. Створення елементів з використанням ескізу


Як правило, в моделі більшість фічерів створюються інструментами **Extrude\Пряме витискування** і **Revolve\Обертання**. Проте в процесі проектування виникають випадки, коли функціональності **Прямого витискування** і **Обертання** недостатньо. У цьому випадку можна скористатися ескізними фічерами, що створюють складнішу геометрію.

Variable Section Sweep\Протягування змінного перерізу – протягує переріз по траєкторії. Траєкторія для протяжки перерізу може бути не тільки плоскою, але і просторовою.

Blend\Сполучити – суміщає перерізи, розташовані один від одного на визначеній відстані.

Базові точки і криві дуже корисні при створенні посилальної геометрії. Створюючи масив точок і криву по цих точках, тим самим формується траєкторія, по якій можна протягнути переріз.

При створенні витягування в загальному випадку траєкторія може бути відкритою або закритою, може містити гладкі переходи і злами. Переріз може бути відкритим або закритим. Як траєкторію можна використовувати ескіз, просторову криву і кромки поверхонь. За допомогою витягування можна створювати тверде тіло (тонкостінне або суцільне), виріз (тонкостінний або суцільний), поверхню або обрізання поверхні.

У Creo існує два інструменти, що здійснюють протяжку перерізу по траєкторії. Перший доступний тільки в головному меню по команді **Insert\Вставити > Sweep\Протягування**, другий, крім головного меню (**Insert\Вставити > Var Sec Sweep\Протягування змінного перерізу**), доступний на панелі інструментів створення фічерів по іконці  **Variable Section Sweep\Протягування змінного перерізу**. Перший інструмент базується на панелях менеджера меню, що розкривається. Тип створюваного фічера (тверде тіло/виріз/поверхня і т.д.) визначається до початку створення

фічера і згодом не може бути перевизначений. Траєкторія для витягування може бути створена в ескізі або вибрана, але переріз може бути тільки нарисовано в ескізі. У цьому інструменті ескізи траєкторії і ескізи перерізу завжди є внутрішніми. Траєкторія може бути тільки одна і переріз при протягуванні по траєкторії завжди залишається перпендикулярним до цієї траєкторії. При використанні інструменту **Variable Section Sweep\Протягування змінного перерізу**, як траєкторія, можна вибирати фічер ескізу, який існує, опорну криву або кромку. Можна використовувати одну або декілька траєкторій, відповідно переріз може використовувати ці траєкторії як рейки і змінюватися, протягуючись по цих рейках. Тип фічеру (терде тіло/виріз/поверхня і т.д.) може бути встановлений у будь який час і у будь який час може бути перевизначений. Переріз може бути не перпендикулярний траєкторії(ям). У простих випадках **Variable Section Sweep\Протягування змінного перерізу** повністю ідентичний **Sweep\Протягування**, проте при створенні складнішої геометрії цей інструмент функціонально істотно перевершує **Sweep\Протягування**.

РОЗДІЛ 6 КОПЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ

6.1. Застосування масивів

Масиви дозволяють за одну дію багато разів скопіювати фічер або групу. Масиви можуть бути створені декількома способами. Зокрема, можуть бути, лінійними кругами і масиви заливкою. Кожен зразок масиву залежатиме від оригінального фічера.

Масиви мають чотири основні ознаки:

- фічери або групи для розмноження;
- розміри або посилання, за якими масив створюватиметься;
- кількість зразків масиву;
- відстань між зразками масиву.

Інструменти *Copy & Paste*\Копіювати & Вставити дозволяють Вам швидко створювати єдині копії фічерів або груп. Копія може бути залежна або незалежна від оригіналу. Також при вставці копія може бути переміщена і повернена з опорою на альтернативні посилання.

При використанні інструменту *Дзеркального копіювання* є можливість застосовувати безліч опцій цього інструменту. Можна дзеркально копіювати вибраний фічер щодо вказаної площини (плоскій поверхні). При цьому копія може бути залежна або незалежна від оригіналу. За одну дію можна скопіювати всі фічери деталі щодо вказаної площини (плоскій поверхні). Це актуально при створенні симетричної деталі, коли досить створити тільки половину цієї деталі, а далі скористатися дзеркальним копіюванням. Також в зборці можна створити нову деталь/збірку, дзеркальним копіюванням існуючої деталі/збірки.

Існує два типи лінійного масиву:

- Масив за розмірами.
- Масив по напрямку.

Масив за розмірами. Створення масиву за розмірами вимагає вибору розмірів фічера і задання цим розмірам певного приросту. Розмір повинен належати розмножуваному фічеру або групі, якщо ці фічери складають групу.

Масив по напрямку. Масив по напрямку не залежить від розмірів, які містить розмножуваний фічер/група. Натомість вказати посилання, використовуючи яке як напрям система створює масив. На попередньому перегляді система показує крапки. Кожна крапка вказує, що в цьому місці система створить зразок масиву. Якщо курсором клацнути по чорній крапці, крапка стане білою. Це означає, що в цій крапці зразок не буде створений. Якщо перший фічер масиву буде змінений, решта зразків масиву також будуть змінені. Для видалення масиву потрібно вибрати його в дереві моделей і у випадяючому меню вибрати **Delete Patter**\Видалити масив. Система

видалять масив, зберігши при цьому початковий фічер. У деяких ситуаціях можна скористатися наступними двома допусками лінійних масивів:

- приріст може бути доданий декільком розмірам;
- одночасно розмножувати можна декілька фічерів.

Команди **Копіювати\Вставити** дозволяють швидко копіювати фічери або групи фічерів. Кожна операція дозволяє створити єдину копію вибраного фічера (групи). Коли вставляється фічер з буфера, первинні посилання цього фічера відсутні і система чекає вибору цих посилань на моделі. Проте, залежно від типу фічера, система може створити посилання і забезпечити розмірну схему, таку саму як і у оригінального фічера.

Команди **Копіювати\Спеціальна Вставка** дозволяють швидко копіювати фічери або групи фічерів. Кожна операція дозволяє створити єдину копію вибраного фічера (групи). Коли вставляється фічер з буфера з допомогою команди **Спеціальна Вставка**, є можливість визначити три опції:

- **Make copies dependent on dimensions of original\Зробити копію залежно від розмірів оригіналу** – встановлює залежність між розмірами оригіналу і копії. Вже після розміщення об'єкта на моделі можна вибрати будь який з його розмірів і встановити для нього незалежність від оригіналу.

- **Apply Move – Rotate transformation for copies\Застосувати Переміщення – Обертання копій** – застосування копії під час її розміщення на моделі. Можна переміщати копію нормально до площини, по кромці або осі, також повертати копію щодо осі або лінійної кромки.

- **Advanced Reference Configuration\Розширене налаштування прив'язок** – можна проглянути всі посилання оригінального фічера і для кожного посилання визначити, чи буде використовувати її копія або застосувати інше посилання.

Коли використовується інструмент **Дзеркального копіювання**, актуальними є декілька опцій:

- дзеркальне копіювання фічерів або груп;
- дзеркальне копіювання усіх фічерів;
- дзеркальне копіювання деталей зборки.

Для дзеркального віддзеркалення фічера потрібно вибрати необхідний фічер і вказати площину, щодо якої система відобразить об'єкт. Дзеркальні копії фічера можуть бути залежні або незалежні від оригіналу.

6.2. Створення в таблиці сімейств, відношень і параметрів

Щоб використовувати всі переваги Creo 3.0, необхідно знати інструменти системи, які можуть істотно підвищити продуктивність. Один з таких інструментів – це **Таблиця сімейств**. **Таблиця сімейств** дозволяє створювати велику кількість однотипних деталей, ґрунтуючись на єдиному зразку. Наприклад, за допомогою **Таблиці сімейств** на основі одного болта можна створити цілий типорозмірний ряд болтів.

Інший інструмент підвищення продуктивності – це **Рівняння. Рівняння** дозволяють пов'язувати між собою розміри і параметри моделі за допомогою простих або складних математичних формул. Наприклад, в тому ж болті можна створити відношення, за яким діаметр головки болта буде рівний діаметру болта, помножити на 1,8.

В кінці можна створити **Параметри** для внесення до моделі додаткової конструкторської інформації.


Таблиця сімейств – це набір однотипних деталей, які небагато відрізняються одна від одної. Відмінності можуть полягати в розмірах і в тих елементах, які ці деталі містять.

Наприклад, болт може бути в декількох виконань і мати різні розміри, залежно від діаметру різьблення. Таким чином, ці болти можна називати **Сім'єю** моделей. Деталі, створені за допомогою **Таблиці сімейств**, ще називають **Керовані таблицею**. Важливо відзначити, що при створенні сімейства (масиву) деталей за допомогою таблиці система не створює додаткових *.prt файлів для кожного нового зразка. Всі зразки віртуальні і містяться в одній деталі, яка для зразків має статус **generic (родова)**. Коли відкривається деталь, керована таблицею, система спочатку відкриває **Головну модель**, а потім регенерує її, спираючись на дані, отримані з таблиці. Використовуючи **Таблицю сімейств**, можна:

- Створювати і зберігати велику кількість зразків моделі, які знаходяться в одній моделі.
- Економити час і сили при створенні масивів стандартних елементів.
- Створювати різні варіанти виготовлення деталі усередині самої деталі без необхідності повторного створення кожного варіанта деталі.
- Створювати табличні деталі, які можуть бути включені в каталоги деталей або в креслення.

Для створення **Таблиці сімейства** необхідно:

- Створити родову (**Generic**) модель.
- Створити таблицю.
- Додати в таблицю стовпці (**columns**), які міститимуть розміри, параметри або фічери, варіанти яких створюватимуться.
- Додати рядки (**rows**) з назвами зразків нових зразків і новими значеннями розмірів і параметрів в стовпцях.
- Упевнитися, що за новими розмірами система зможе згенерувати деталь.

При створенні нових зразків можна скористатися опцією  **Copy With Increments\Копіювати зі збільшенням**, яка служить для автоматичної генерації відразу великої кількості зразків, при цьому до вказаних розмірів зразка кожного разу буде додано збільшення.

Бажано, щоб розміри або фічери, що заносяться в таблицю, мали власні імена (відмінні від тих, які їм привласнює система). Що дозволить легко ідентифікувати ці елементи в таблиці і не помилитися в привласненні ним значень.

6.3. Аналіз і оптимізація моделей

Перш ніж почати аналіз важливо перевірити систему одиниць вимірювання моделі, так як звіт про аналіз видається в поточних розмірних величинах. Зазвичай модель отримує одиниці вимірювання з шаблону, який використовувався при її створенні.

У системі існує декілька зумовлених розмірних схем, які доступні по команді *Edit > Setup > Units\Правити > Налаштувати > Одиниці*):

- Centimeter Gram Second (CGS) – Сантиметр Грам Секунда.
- Foot Pound Second (FPS) – Фут Фунт Секунда.
- Inch Pound (маса) Second (IPS) – Дюйм Фунт Секунда.
- Inch Pound (сила) Second (IPS) – Дюйм Фунт Секунда.
- Meter Kilogram Second (MKS) – Метр Кілограм Секунда.
- Millimeter Kilogram (маса) Second (mmKs) – Міліметр Кілограм Секунда.
- Millimeter Kilogram (сила) Second (mmNs) – Міліметр Кілограм Секунда.

Якщо не одна із запропонованих схем не влаштовує, можна створити власну, використовуючи різні комбінації з величин. Для цього у вікні *Unit Manager\Менеджер одиниць вимірювання > Units\Одиниці*.

Проведення аналізу моделі потребує визначити густину матеріалу моделі. Густина матеріалу повинна бути введена до початку аналізу. По замовчуванню система визначає густину матеріалу 1.0 і, якщо не змінити цю густину, результати аналізу будуть видані для густини матеріалу 1.0.

Інструменти вимірювального аналізу моделі дозволяють перевіряти проєктовану модель для отримання певної інформації про її розміри. За допомогою вимірювальних інструментів аналізу можна отримати наступні дані про модель:

- *Curve (Edge) Length\Довжина кривої (кромки);*
- *Distance\Відстань;*
- *Angle\Кут;*
- *Diameter\Діаметр.*

Інструменти вимірювального аналізу незамінні при визначенні відповідності розмірів проєктованого виробу необхідним розмірам.

Інструменти аналізу моделі дозволяють перевіряти проєктовану модель отримання інформації про відповідність деталі, що пред'являється до неї технічними вимогами. Наприклад, складальну модель можна перевірити на наявність в ній інтерференцій. А при проєктуванні деталі обертання інструменти аналізу дозволяють упевнитися в тому, що центр ваги деталі лежить на її осі обертання.

Нижче наведений список можливих типів аналізу:

- *Model and Assembly Mass Properties\Масово-інерційні характеристики деталі і зборки;*
- *Volume\Об'єм;*

- *Surface Area*\Площа поверхні;
- *Mass*\Маса;
- *Center of Gravity*\Центр ваги;
- *Cross Section Mass Properties*\Масово–інерційні характеристики січення;
- *Pairs Clearance (Global Clearance)*\Зазор в парі (Зазор в зборці);
- *Volume Interference (Global Interference)*\Перетин об'ємів (Перетин компонентів);
- *One-Sided Volume*\Односторонній об'єм.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Базовый курс Creo. – Электронная книга.
2. Чемоданова Т.В. Creo: Деталь, Сборка, Чертеж. – СПб.: БХВ–Петербург, 2003. – 506 с.
3. Creating Production Drawings with Creo 3.0 2.0. T1703–340–01. – Электронная книга.
4. Designing Sheetmetal Products with Creo 3.0 2.0. T1709–340–01. – Электронная книга.
5. Creo. Advanced Rounds. Training Guide. Release 2000i2. T787–310–01. – Электронная книга.
6. Creo 3.0 2.0. Базовый курс обучения. – Инженерная компания “Технополис”, 2005. – Электронная книга.
7. Creo 2000i2. Редактор эскизов (скетчер). Руководство пользователя. – Parametric Technology Corporation. – Электронная книга.

Навчальне видання

Булiк Юрiй Володимирович
Замуруєва Оксана Валерiївна
Коровицький Андрiй Михайлович
Ольхова Наталя Володимирiвна

Твердотiльне параметричне моделювання

Курс лекцiй

Друкується в авторськiй редакцiї