

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з дисципліни

«ОСНОВИ CAD, CAM, CAE»

Частина I

Побудова тривимірної моделі валу в CAD-системі PTC Creo

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальностей*

*131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування»)*

*(Електронне видання)*

**ЗАТВЕРДЖЕНО**  
на засіданні кафедри  
машинобудування  
та прикладної механіки  
Протокол № 6 від 10.01.2024 р.

Київ – 2024

УДК 004.94

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Основи CAD, CAM, CAE». Частина I. (для здобувачів вищої освіти спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування») (Електронне видання) / Уклад.: О.М. Логунов, Г.Л. Мелконов, А.П. Ніколаєнко, О.В. Романченко, Т.О. Шумакова – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2024. – 24 с.

Методичні вказівки призначені для здобувачів вищої освіти денної форми навчання, які вивчають дисципліну «ОСНОВИ CAD, CAM, CAE». Посібник містить методику та приклад побудови тривимірної моделі валу в CAD-системі PTC Creo.

Методичні матеріали розраховані на студентів вищих навчальних закладів.

Укладачі

О. М. Логунов, к.т.н., доц.  
Г. Л. Мелконов, к.т.н., доц.  
А. П. Ніколаєнко, к.т.н., доц.  
О. В. Романченко, к.т.н., доц.  
Т. О. Шумакова к.т.н., доц.

Рецензент

О. С. Кроль, к.т.н., проф.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. Методика розробки тривимірних моделей та креслень. Попередні налаштування програми.....	5
2. Створення основи деталі .....	7
3. Створення шпонкових пазів.....	10
4. Створення шліців .....	14
5. Створення отворів .....	17
6. Створення канавок, скруглінь та фасок .....	21
ЛІТЕРАТУРА.....	24

## ВСТУП

Наявність тривимірної моделі дозволяє використовувати засоби САМ (computer – aided manufacturing – комп'ютерна підтримка виготовлення) і САЕ (computer – aided engineering – комп'ютерна підтримка інженерних розрахунків), створювати креслення та фотореалістичні зображення об'єкту, що проектується. Форма деталі «вал» є досить простою для тривимірного моделювання, її тривимірна модель може бути побудована практично в будь-якій САД системі.

Вал, за винятком шпонкових пазів, є тілом обертання. Класичним способом побудови таких деталей є побудова ескізу половини поздовжнього перетину валу з наступним застосуванням операції обертання. Можлива побудова моделі валу шляхом декількох послідовних застосувань операції витягування. Такий підхід є більш гнучким, тому що редагувати кілька простих операцій простіше, ніж одну складну. При зміні розміру в складному ескізі часто виникають проблеми через неправильно задані взаємозв'язки розмірів, тобто залежні розміри міняються не так, як було задумано. Крім того, знайти просту тривимірну операцію для редагування простіше, тому що в дереві побудови вона перебуває «на поверхні».

Для побудови шпонкових пазів потрібно побудувати дотичну допоміжну площину до циліндричної поверхні валу, побудувати на ній ескіз шпонкового паза і застосувати до нього операцію витягування.

У всіх САД системах існують окремі операції для фасок та скруглень, а в багатьох – бібліотеки стандартних елементів, таких як отвори та різьблення, які можуть прискорити та спростити побудову валу. Наприклад, у системі КОМПАС – 3D присутній додаток «Вали та механічні передачі 3D», у якому вал може бути побудований з елементарних ділянок із заданням їх параметрів.

Не існує одного єдиного правильного порядку дій для побудови моделі в цілому і для кожної операції зокрема. Завжди будуть існувати декілька варіантів.

Нижче показаний приклад можливої послідовності дій при побудові моделі валу у САД системі важкого класу Creo Parametric.

## 1. Методика розробки тривимірних моделей та креслень. Попередні налаштування програми.

Перед початком конструювання моделі необхідно створити файл моделі, використовуючи команду Створити. У вікні, що відкрилося, потрібно залишити перемикачі в положенні Деталь і Тверде тіло.

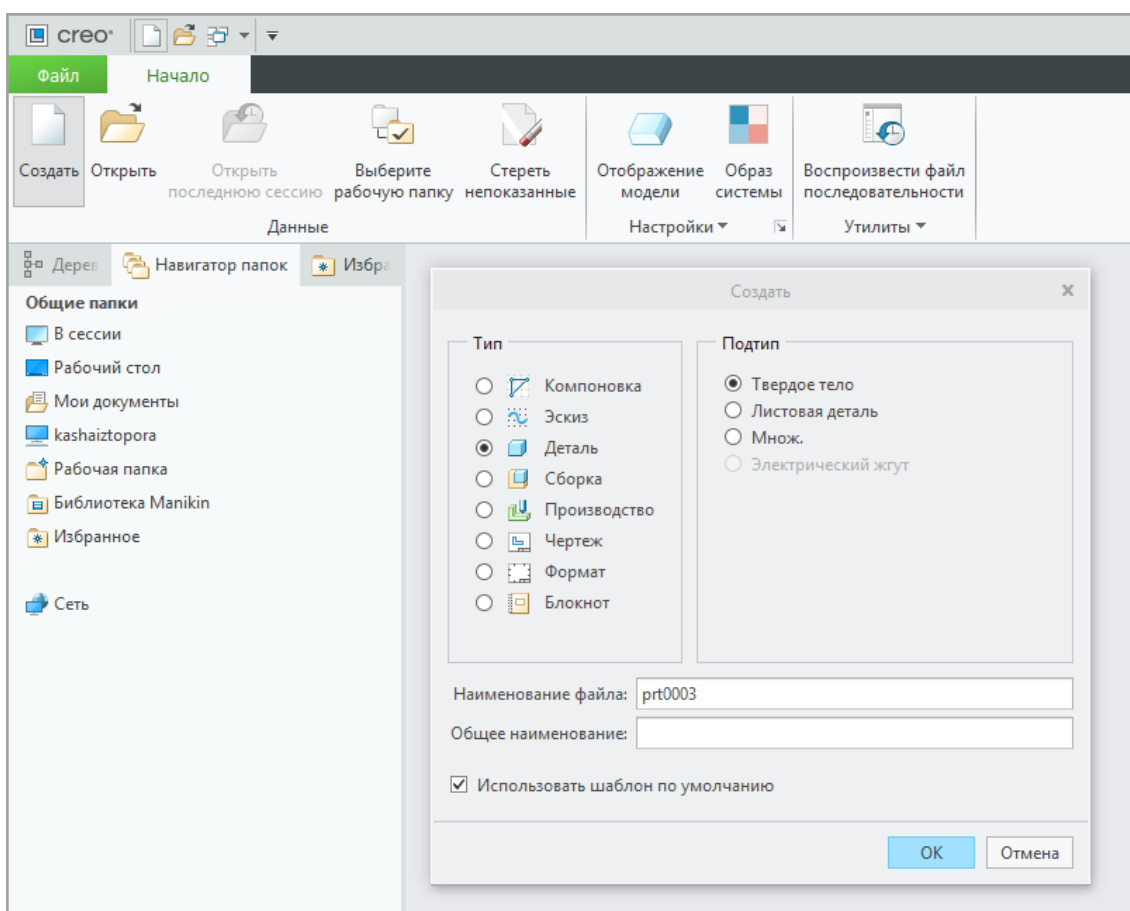


Рис. 1.1. Меню створення документа

Далі слід визначити головну систему одиниць виміру в Creo Parametric. Використовуючи команду Файл (File) > Підготувати (Prepare) > Властивості моделі (Model Properties), відкрийте діалогове вікно Властивості моделі (Model Properties). Потім слід натиснути кнопку змінити (Change), щоб відкрити

діалогове вікно Диспетчер одиниць виміру (Units Manager). Замініть дюйми – фунти – метри за секунду на міліметри – кілограми – метри за секунду.

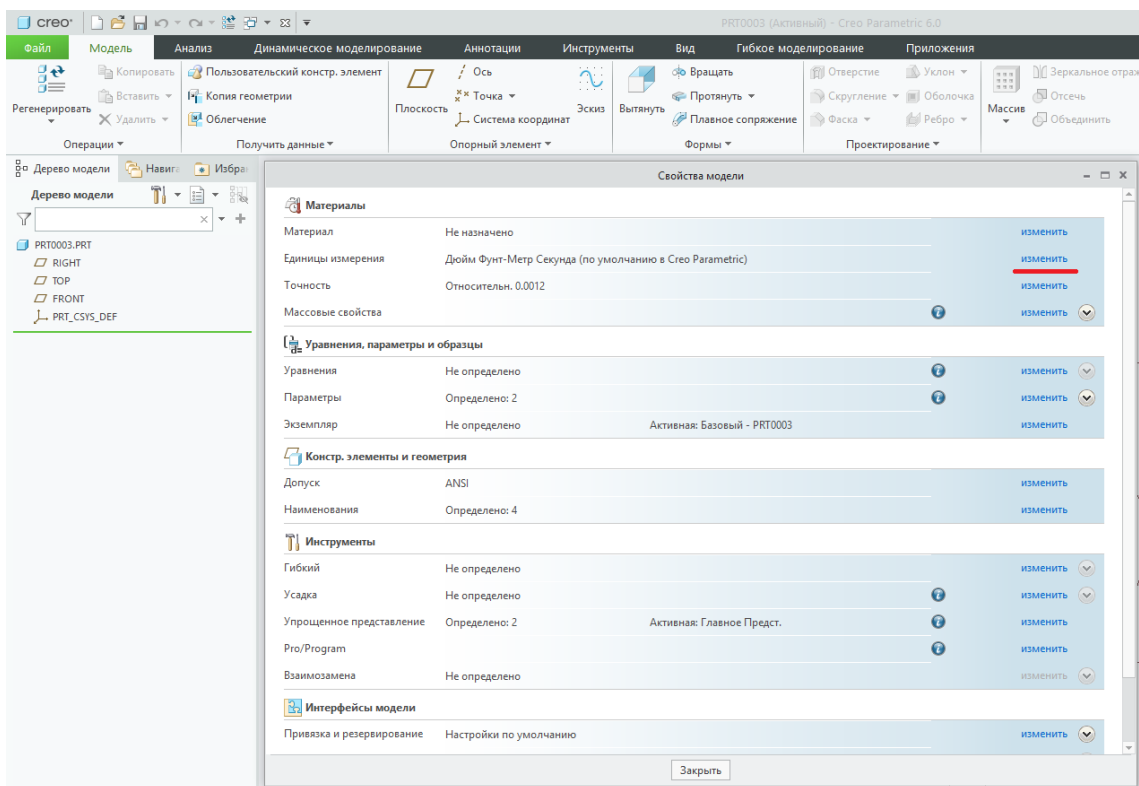



Рис. 1.2. Меню параметров модели

## 2. Створення основи деталі

На вкладці Модель (Model) клацніть  Обертати (Revolve) у групі Форми (Shapes). Відкриється вкладка Обертати (Revolve).

У дереві моделі виберіть опорну площину TOP. Відкриється вкладка Ескіз (Sketch).

На панелі графічних інструментів клацніть значок Вид ескізу (Sketch View) .

Вид стане паралельним площини ескізу

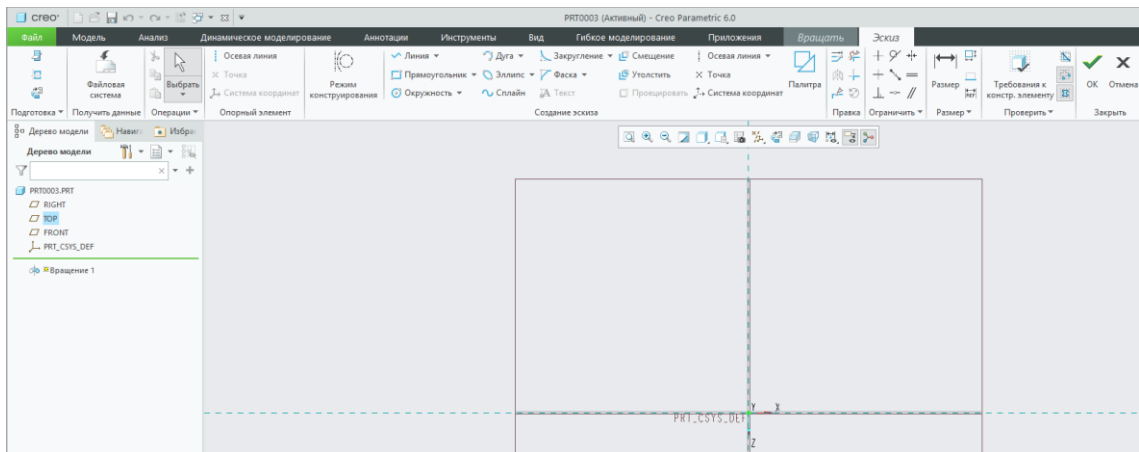




Рис. 2.1. Вибір площини для ескізу


Клацніть  Осьова лінія (Centerline) у групі Опорний елемент (Datum).

Клацніть у будь-якому місці горизонтальної пунктирної лінії, щоб визначити початок осьової лінії.

Перемістіть покажчик і клацніть ще раз горизонтальну пунктирну лінію, щоб завершити визначення положення вертикальної осьової лінії.

Клацніть  Лінія (Line) у групі Створення в групі Створення ескізу (Sketching).

Створіть ескіз перетину валу відповідно до заданих розмірів. Ескіз звичайно малюють із приблизними розмірами, які потім коректують у такий спосіб:

Клацніть  Розмір (Dimension) у групі Розмір (Dimension). У графічному вікні з'являться розміри для ескізу.

Двічі клацніть наявні розміри й скорегуйте їхні значення,

Новий розмір можна встановити так: виділіть один елемент лівою кнопкою миші й клацніть середньою кнопкою миші по місту, де буде відображений розмір.

Розмір між двома елементами, наприклад, крапками або лініями, установлюють у такий спосіб: виділіть два елементи лівою кнопкою миші при натиснутій клавіші Shift, а потім клацніть середньою кнопкою миші по місту, де буде відображений розмір.

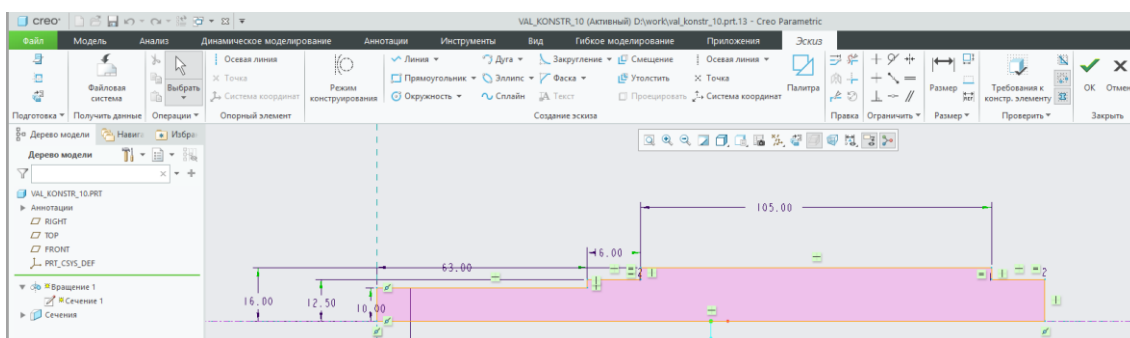


Рис. 2.2. Ескіз з розмірами для операції обертання

Клацніть правою кнопкою миші графічне вікно й виберіть Зберегти ескіз і вийти (Save the sketch and exit).

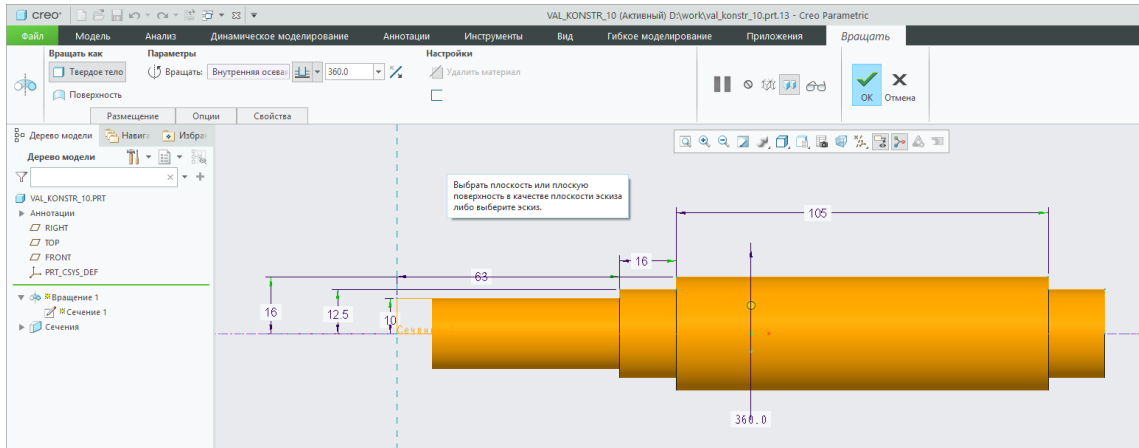


Рис. 2.3. Операція обертання

На вкладці Обертати (Revolve) клацніть .

### 3. Створення шпонкових пазів

Для шпонкового паза потрібно створити опорну площину.

Клацніть Модель (Model) >  Площина (Plane). Відкриється діалогове вікно Опорна площина (Datum Plane).

Клацніть колектор Прив'язки (References) і виберіть у графічному вікні прив'язки розміщення для нової опорної площини.

Нова площина має бути дотичною до циліндричної поверхні валу та паралельною до горизонтальної площини

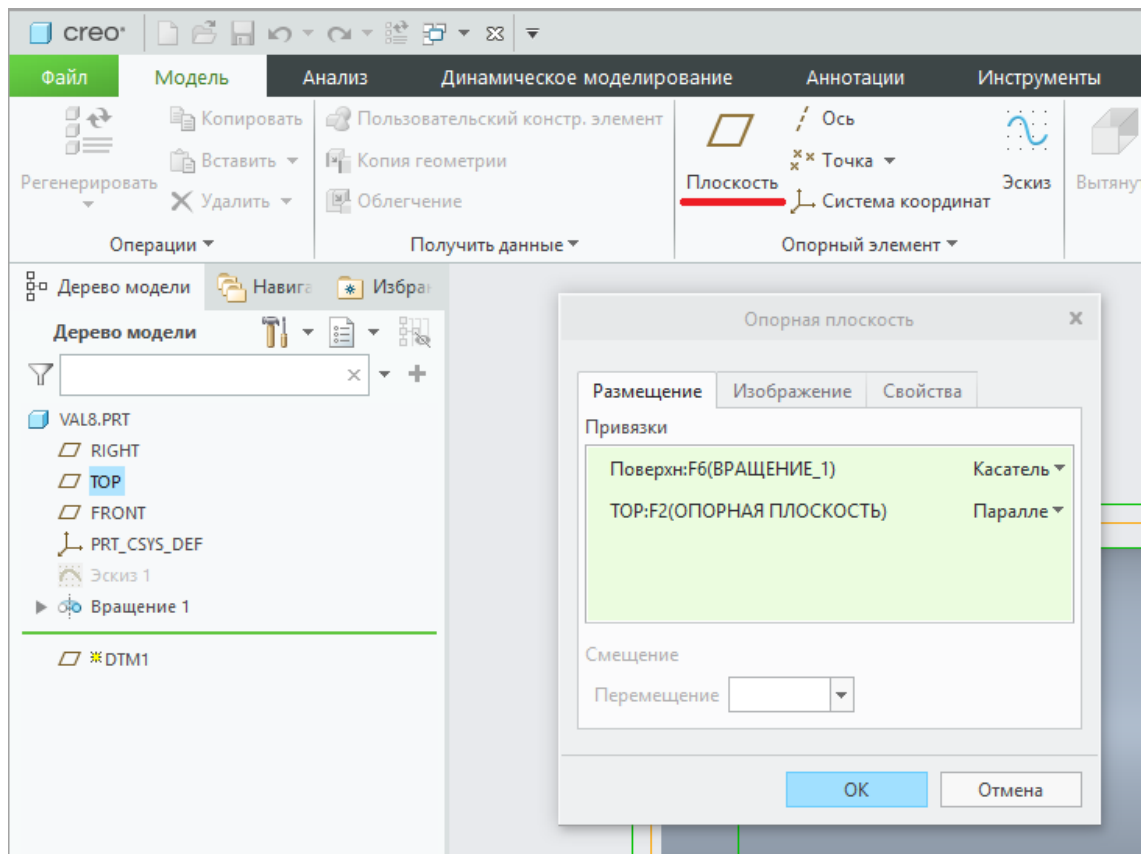






Рис. 3.1. Створення опорної площини

Щоб визначити площину ескізу, у дереві моделі виберіть створену опорну площину.

На вкладці Модель (Model) клацніть  Витягнути (Extrude) у групі Форми (Shapes). Відкриються вкладки Витягнути (Extrude) і Ескіз (Sketch).


Для відображення розмірів ескізу на панелі графічних інструментів вкладки Ескіз (Sketch) клацніть  Фільтри показу середовища ескізу (Sketcher Display Filters) і встановите прапорець  Відображення розмірів (Dimensions Display).

Щоб створити ескіз окружності, виконаєте наступні дії.

На вкладці Ескіз (Sketch) клацніть  Центр і крапка (Center and Point) у групі Створення ескізу (Sketching).

Щоб визначити центр окружності, наведіть покажчик на крапку або перетинання ліній і клацніть.

Щоб визначити діаметр окружності, перетягніть покажчик від центру й клацніть. Не має значення, на яку відстань ви перетягнете покажчик.

Щоб вийти з інструмента створення ескізу  Центр і крапка (Center and Point), двічі клацніть середньою кнопкою миші. З'явиться розмір діаметра.

Щоб відредагувати діаметр окружності, двічі клацніть розмір діаметра, змініть значення на потрібне та натисніть клавішу ENTER.

Для видалення зайвих внутрішніх дуг окружності потрібно скористатися інструментом Вилучити сегмент групи Виправлення панелі Ескіз у такий спосіб: вибрати інструмент, підвести курсор до лінії, що віддаляється, затиснути ліву клавішу миші та перетнути лінію.

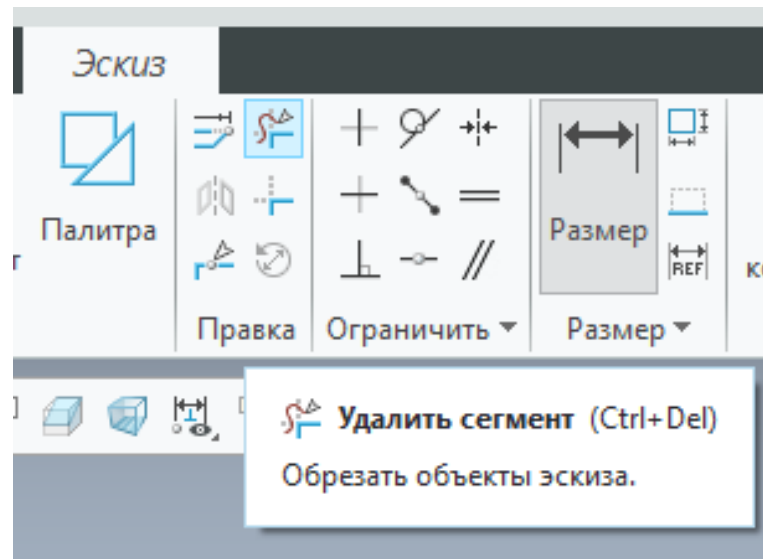


Рис. 3.2. Инструмент видалення зайвих ліній.

Щоб завершити ескіз, на вкладці Ескіз (Sketch) натисніть кнопку  ОК.  
Вкладка Ескіз (Sketch) закриється.

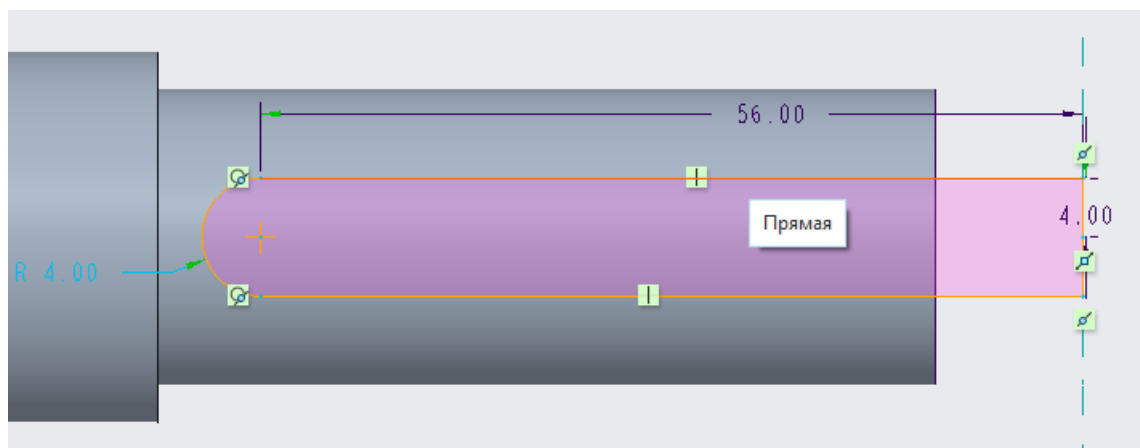


Рис. 3.3. Ескіз шпонкового пазу

На вкладці Витягнути (Extrude) змініть значення глибини на потрібну та натисніть клавішу ENTER.

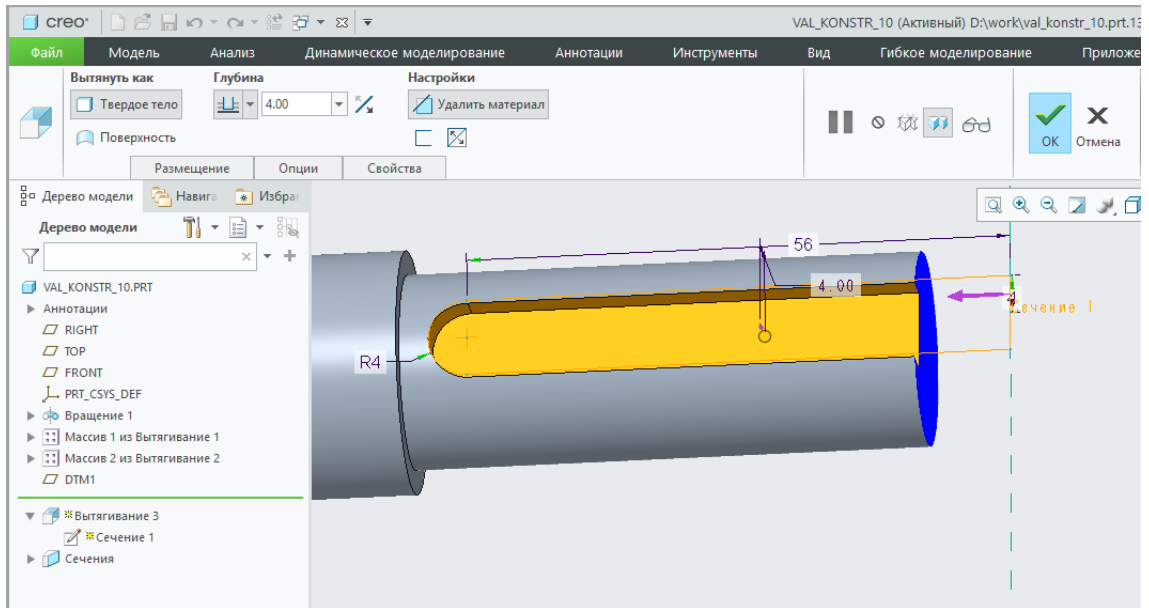


Рис. 3.4. Операція створення шпонкового пазу


На вкладці Витягнути (Extrude) кладніть .

## 4. Створення шліців

Для створення шліців необхідно створити 1 зуб, а потім розмножити його за допомогою операції Масив (Pattern).

Для формування зуба створіть ескіз на перпендикулярній до осі валу площини й застосуйте до нього операцію витягування.

Далі зуб слід розмножити.

Виберіть створену операцію витягування зуба у дереві моделі та клацніть Модель (Model) >  Масив (Pattern). Відкриється вкладка Масив (Pattern).

Виберіть ось (Axis) зі списку типів масивів. Відкриється вікно опцій осьового масиву.

Виберіть або створіть базову вісь, яка повинна бути центром масиву. Відобразиться попередній перегляд масиву за замовчуванням з кутовим напрямком, члени якого позначені чорними крапками.

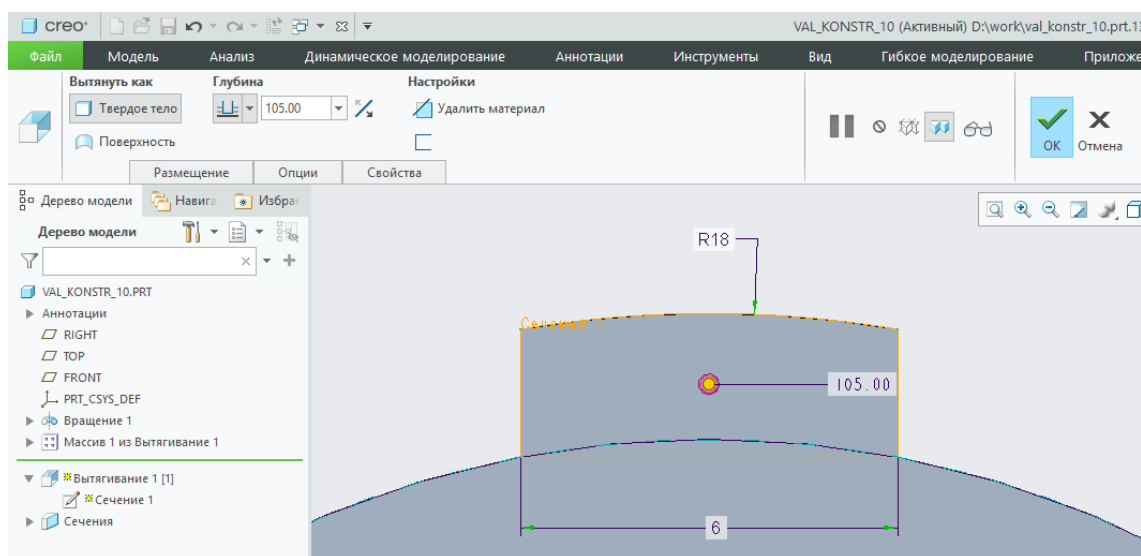


Рис. 4.1. Операція створення основи зуба шліців

Щоб задати кількість елементів масиву в кутовому напрямку, введіть число в текстовому полі на вкладці Масив (Pattern).

Для установки відстані між членами масиву введіть у поле кут між елементами масиву.

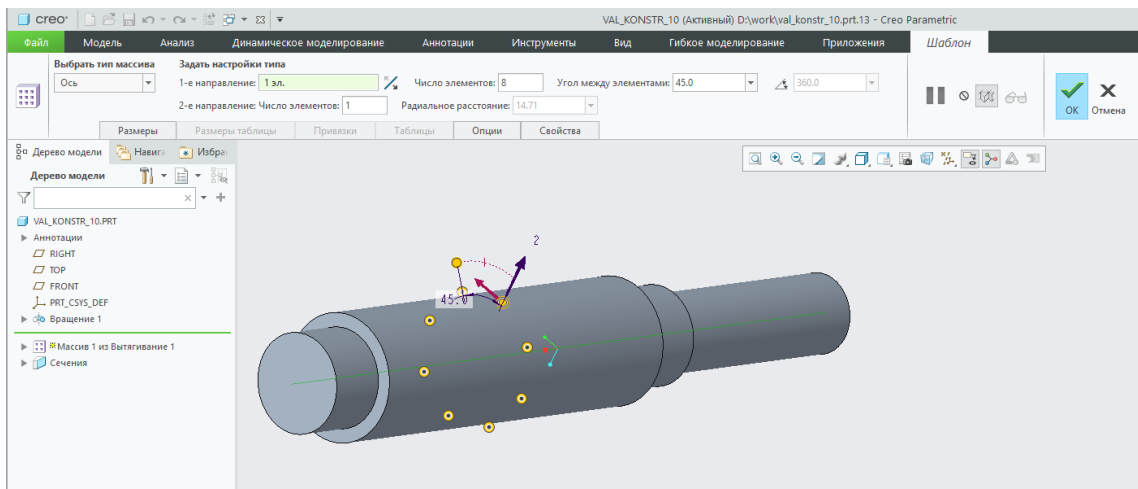




Рис. 4.2. Створення масиву

Щоб додати члени масиву в кутовому напрямку, введіть кількість членів у поле 2.

Для зміни напрямку масиву на протилежний клацніть  для кожного напрямку або введіть від'ємне значення збільшення.

Клацніть . Масив буде створений. Для спрощення ескізів створення фасок і вирізів на шліцах винесені в окрему операцію. Отримані елементи також слід розмножити за допомогою кругового масиву.

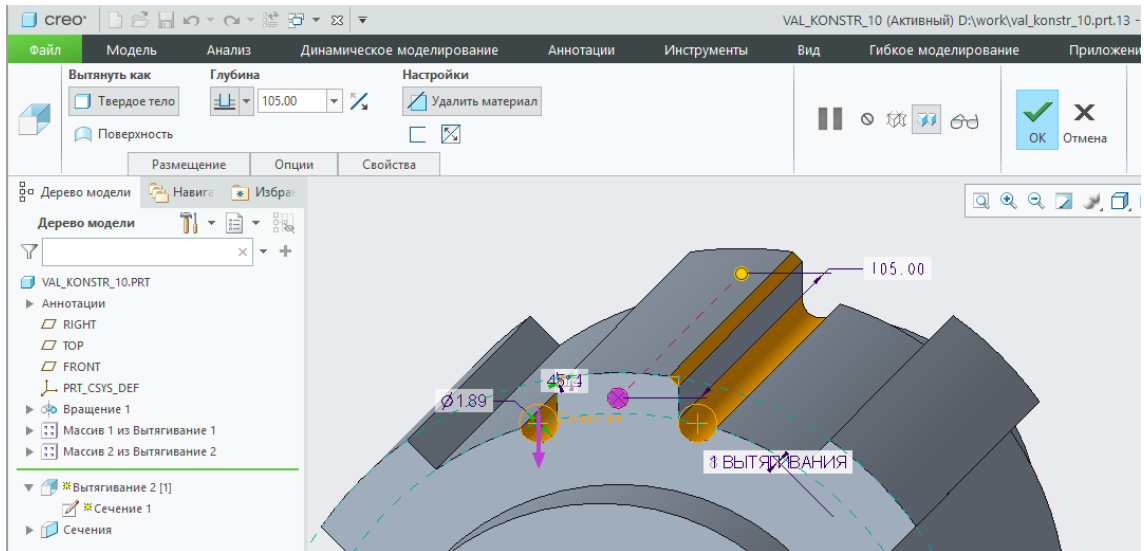



Рис. 4.3. Створення фасок та вирізів

## 5. Створення отворів

Для створення отвору потрібно вибрати бічну грань та клацнути Модель (Model) >  Отвір (Hole). Відкриється вкладка Отвір (Hole) і геометрія отвору буде показана для попереднього перегляду.

Для точного позиціонування отвору потрібно задати прив'язки. Використані відстані до двох базових площин.

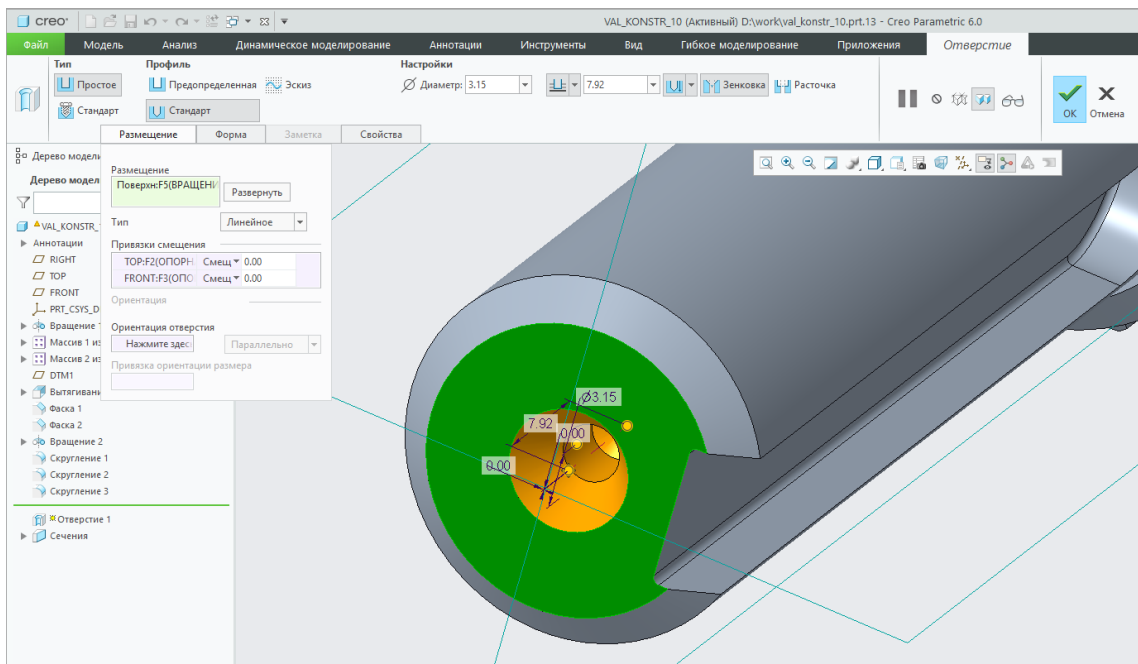



Рис. 5.1. Визначення розташування отвору

Клацніть , щоб створити стандартний отвір. Відобразяться опції стандартного отвору.

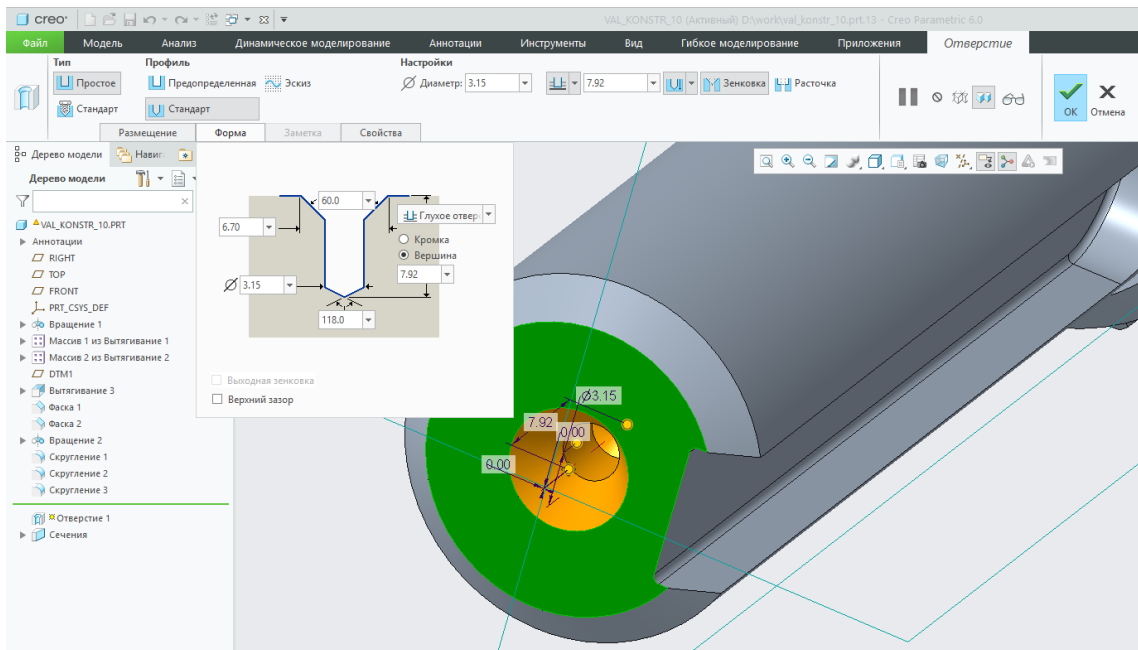







Рис. 5.2. Опції створення отвору


Щоб створити різьбовий отвір, виберіть .


Щоб створити конічний отвір, виберіть .

Різьбовий та конічний отвори доступні тільки за умови вибору .






Для створення отвору із зазором клацніть , щоб скасувати вибір опції, а потім клацніть .

Для створення просвердленого отвору клацніть , щоб скасувати вибір опції, а потім клацніть .

Виберіть потрібну таблицю отворів у поле поруч із  «Тип різьблення» (Thread Type) на вкладці Отвір (Hole). Поле «Тип різьблення» (Thread Type) дозволяє вибрати таблиці отворів, відповідні до виробничих стандартів (ISO, ISO\_7/1, NPT, NPTF, UNC або UNF).

У полі напроти  введіть або виберіть розмір гвинта. При введенні розміру гвинта, відсутнього в списку, система вибирає найближчий розмір гвинта. Щоб вибрати розмір різьблення, можна також перетягнути маркер діаметра отвору.

Для завдання глибини отвору виберіть опцію глибини в списку «Опції глибини» (Depth Options) або перетягнете маркер глибини в графічному вікні. Для завдання нової глибини шляхом переміщення маркера, уведення або вибору нового значення необхідно вибрати опцію глибини «На задану глибину» (Blind). Доступні наступні опції глибини:

-  На задану глибину (Blind) – свердління отвору від прив'язки розміщення до зазначеної глибини. Ця опція використовується за замовчуванням.
-  До наступної (To Next) – свердління отвору до наступної поверхні твердого тіла. Ця опція недоступна в складанні.
-  Наскрізь (Through All) – свердління отвору з перетинанням усіх поверхонь.
-  Свердління отвору до перетинання з обраною поверхнею. Колектори "Прив'язка глибини" (Depth Reference) можна активізувати на вкладках Отвір (Hole) і Форма (Shape). Ця опція глибини не є доступною в складанні.
-  До обраної (To Selected) – свердління отвору до обраної складеної поверхні. Колектори «Прив'язка глибини» (Depth Reference) можна активізувати на вкладках Отвір (Hole) і Форма (Shape).

Щоб додати до отвору зенківку, клацніть  на вкладці Отвір (Hole).

Щоб визначити діаметр і кут зенківки, клацніть вкладку Форма (Shape) і введіть або виберіть новий діаметр або кут зенківки у відповідних полях. При одночасному додаванні до стандартного отвору зенківки й цековки діаметр зенківки обчислюється по наступній формулі:

$$CSINKDIAM = (CBOREDIAM + TAP\_DR) / 2.$$

Щоб додати до отвору цековку, клацніть  на вкладці Отвір (Hole).

Щоб визначити діаметр і глибину цековки, клацніть вкладку Форма (Shape), потім введіть або виберіть новий діаметр або глибину цековки у відповідних полях.

Щоб забезпечити перетинання верхньої частини отвору поза твердотільної геометрії, перейдіть на вкладку Форма (Shape) і переконаєтеся, що встановлений прапорець Верхній зазор (Top Clearance).

Клацніть .

Другий отвір моделюється аналогічно.

## 6. Створення канавок, скруглень та фасок

Створення канавок винесене в окрему операцію обертання, тому що їхнє включення в основну операцію обертання сильно ускладнило б побудову розмірних ланцюгів в ескізі. Ескіз будується на тій же горизонтальній площині, у якості прив'язок ліній ескізу використовуються вже побудовані грані.

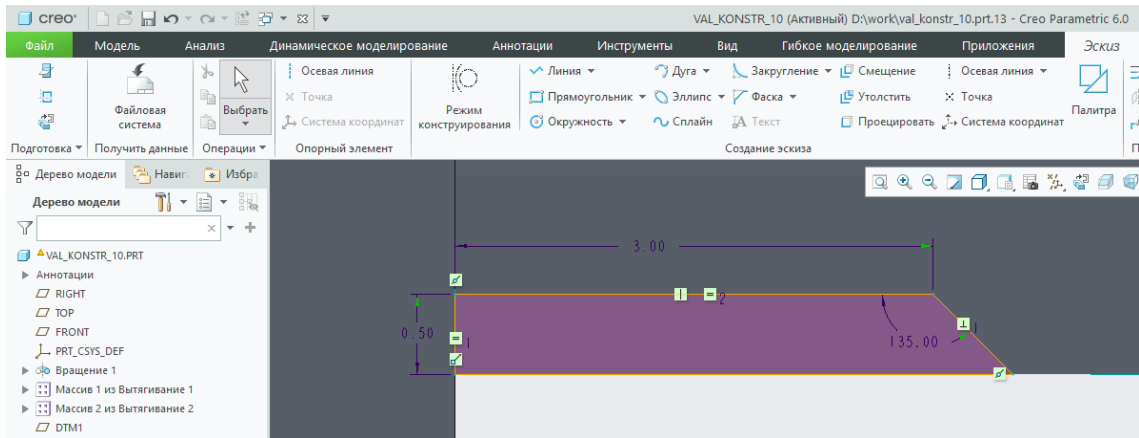


Рис. 6.1. Ескізи канавки

При виконанні операції обертання активується опція Вилучити матеріал.

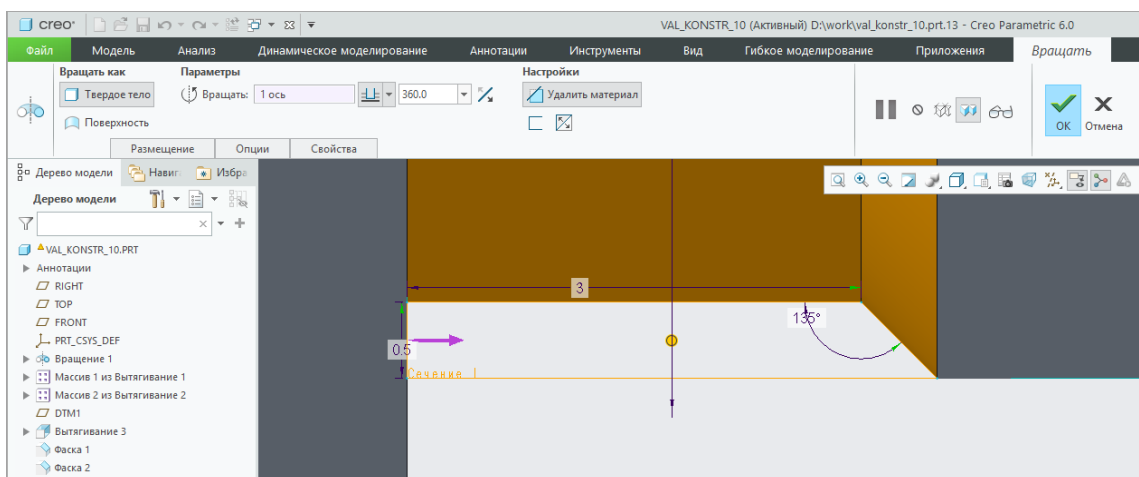


Рис. 6.2. Створення канавки

Скругління канавок також виділені в окрему тривимірну операцію.

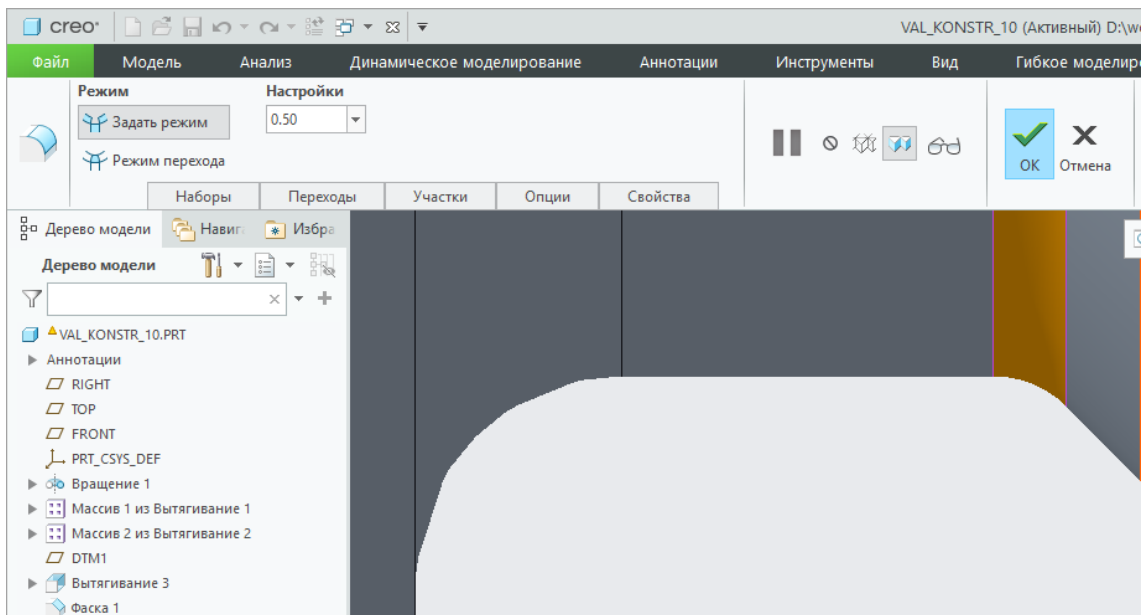


Рис. 6.3. Створення скруглінь

Для виконання скругління достатньо задати кромку та радіус, але в загальному випадку ця операція надає дуже багато опцій і дозволяє виконувати скругління змінного радіуса, задавати цей радіус функцією, формувати набори й таке інше.

Фаски також виконуються за допомогою спеціальної тривимірної операції. Варіантів завдання розмірів фасок досить багато.

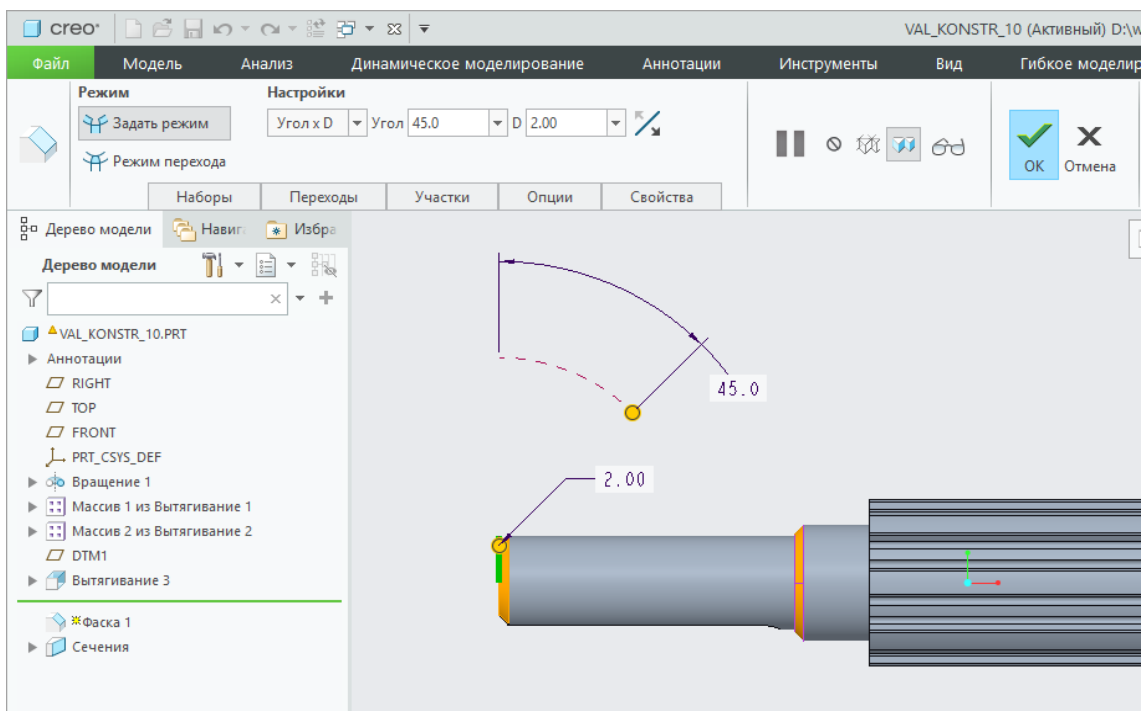


Рис. 6.4. Створення фасок

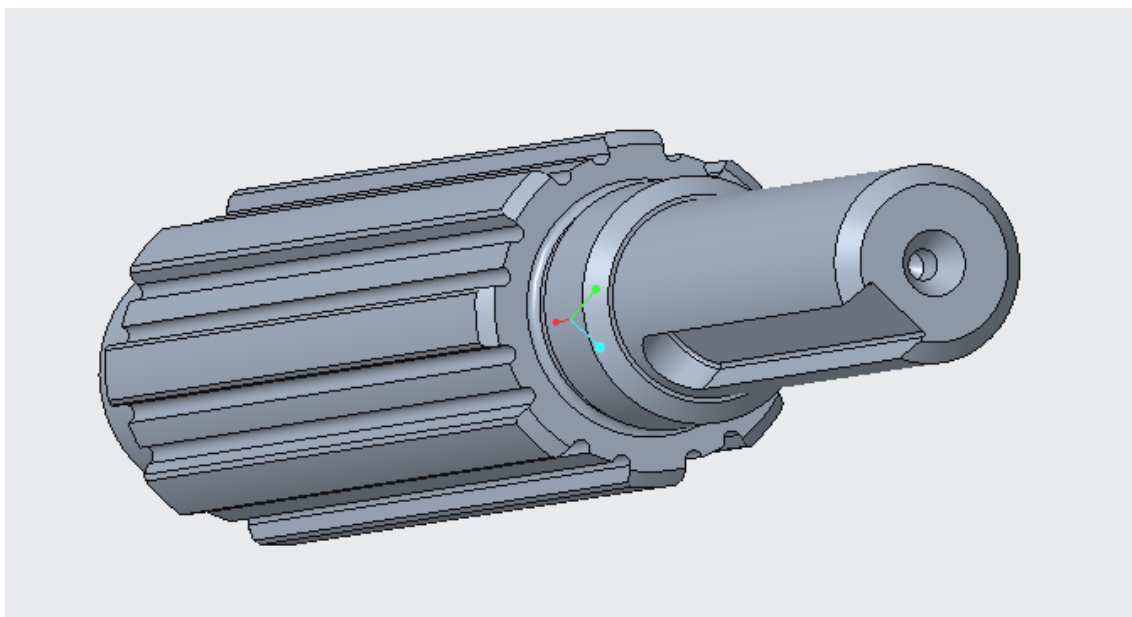


Рис. 6.5. Тривимірна модель валу

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кроль О.С., Соколов В.І. Тривимірне моделювання металорізальних верстатів та інструментального оснащення: навчальний посібник / О.С. Кроль, В.І. Соколов. – Сєверодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2016. – 160 с.: табл. 1, рис. 144, бібліогр. назв..
2. [https://support.ptc.com/help/creo/creo\\_pma/russian/index.html#page/tutorials\\_pma%2Ftutorials\\_overview.html%23wwconnect\\_header](https://support.ptc.com/help/creo/creo_pma/russian/index.html#page/tutorials_pma%2Ftutorials_overview.html%23wwconnect_header).
3. Стадник, В. А. Розрахунок та конструювання валів. Вибір підшипників кочення за динамічною вантажопідйомністю [Електронний ресурс] : навчальний посібник / В. А. Стадник ; НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 15,2 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2014. – 128 с.
4. Логунов О. М., Ніколаєнко Г. П., Романченко О. В., Шумакова Т. О., Таванюк Т. Я. Комп'ютерне моделювання в курсі теорії механізмів і машин. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля № 1 (249) 2019 - С. 18-22.

Навчальне видання

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних занять з дисципліни

**«ОСНОВИ CAD, CAM, CAE»**

Частина I

Побудова тривимірної моделі валу в CAD-системі PTC Creo

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти

спеціальностей

131 – «Прикладна механіка»,

133 – «Галузеве машинобудування

*(Електронне видання)*

Укладачі:

Олександр Миколайович Логунов

Григорій Леонідович Мелконов

Анна Павлівна Ніколаєнко

Олексій Володимирович Романченко

Тетяна Олександрівна Шумакова

Оригінал-макет О.В. Романченко

Підписано до друку \_\_.\_\_.202\_\_.

Формат 60x84 1/16. Папір типогр. Гарнітура Times.

Друк офсетний. Умов. друк. арк. \_\_\_\_. Обл.-вид. арк. \_\_\_\_.

Тираж \_\_ екз. Вид. № \_\_\_\_. Замов. № \_\_\_\_\_. Ціна договірна.

Видавництво Східноукраїнського національного університету  
імені Володимира Даля

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Адреса університета: вул. Іоанна Павла 2, 17

м. Київ, 01042, Україна

e-mail: vidavnictvoSNU.ua@gmail.com.