

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



**МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

*Кафедра інжинірингу та дизайну в машинобудуванні*

К.С. Заболотний, О.В. Панченко

**МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ МАШИН**  
**Методичні рекомендації до самостійної роботи студентів спеціальності**  
**133 Галузеве машинобудування**

Дніпро  
НТУ «ДП»  
2019

## **Заболотний К.С.**

Методи моделювання при проектуванні машин. Методичні рекомендації до самостійної роботи студентів спеціальності 133 Галузеве машинобудування / К.С. Заболотний, О.В. Панченко ; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2019. – 239 с.

Автори:

Заболотний К.С., д-р техн. наук, проф.

Панченко О.В., канд. техн. наук, доц.

*Затверджено до видання редакційною радою НТУ «ДП» (протокол № 9 від 02.09.2019) за поданням методичної комісії спеціальності 133 Галузеве машинобудування (протокол № 3 від 07.06.2019) і кафедри ІДМ (протокол № 9 від 27.05.2019) як методичні рекомендації для бакалаврів спеціальності 133 Галузеве машинобудування ОПП «Комп'ютерний інжиніринг у машинобудуванні»*

Методичні рекомендації призначено для самостійної роботи студентів спеціальності 133 Галузеве машинобудування під час підготовки до модульного контролю за результатами лабораторних робіт із дисципліни «Методи моделювання при проектуванні машин».

Викладено розширені комп'ютерні технології програмного комплексу SWEE, описано методику розробки комп'ютерної моделі на прикладі виконання моделювання технічного об'єкта «Зворотний клапан».

Відповідальний за випуск завідувач кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні, д-р техн. наук, проф. К.С. Заболотний

**ЗМІСТ**

1. Основи й інтерфейс користувача SOLIDWORKS .....	4
2. Основи моделювання деталей.....	91
3 Деталі, створені шляхом обертання .....	95
4. Створення отворів під кріплення.....	99
5. Деталі, створені з використанням поверненого вирізу .....	106
6. Деталі, створені з використанням масиву елемента.....	120
7. Деталі, створені з використанням твердого багатотільного елемента .....	159
8. Робота з конфігураціями деталі .....	167
9. Моделювання пружини .....	179
10. Основи моделювання складаних одиниць.....	205

*Повна версія документа знаходиться:*

*- на сервері комп'ютерного класу кафедри ІДМ  
(Read:\Викладачі\Панченко\ММІМ);*

*- в групі програми Microsoft Teams («133-??-?? ММІМ»),  
або надається студентам на електронному носії*

## 1. ОСНОВИ Й ІНТЕРФЕЙС КОРИСТУВАЧА SOLIDWORKS

Виконавши цю вправу, студент придбає наступні знання та навички.

- Опис основних характеристик засоби моделювання параметричних твердих тіл на основі елементів.
- Проведення відмінностей між намальованими і прикладними елементами.
- Визначення основних компонентів інтерфейсу користувача.

Програма *SolidWorks* – це система автоматизованого проектування механічних вузлів на **основі окремих елементів**. Вона є інструментом **параметричного об'ємного моделювання**, у якому задіяний звичний і зручний графічний інтерфейс користувача системи *Windows*. Таким чином, з'явилася можливість створювати **повністю асоціативні** тривимірні твердотілі моделі з **обмеженнями** або без них поряд із залученням автоматичних або визначених користувачем взаємозв'язків, що дозволяють реалізувати **задум проекту**.

Термінологічні назви, виділені в попередньому абзаці, є базовими для програми *SolidWorks*, тому уточнимо їхні значення.

### **Проектування на основі елементів**

Так само, як складальна одиниця містить декілька окремих деталей, модель у системі *SolidWorks* створюється з окремих елементів, що її утворюють.

При створенні моделі засобами програми *SolidWorks* користувач працює із налаштовуваними й зрозумілими геометричними елементами, такими як бобишки, вирізи, отвори, ребра, скруглення, фаски, уклони. У міру створення кожен елемент займає своє місце в проектованій моделі.

Серед елементів виділяють накреслені й прикладні. Перші створюються на основі двовимірного ескізу. У більшості випадків ескіз елемента перетворюють в об'ємне тверде тіло за допомогою витягування, обертання, а також моделюючи елементи із застосуванням команд за траєкторією або за перерізами. «*Прикладні*» елементи створюються безпосередньо на твердотілій моделі. Параметрами елементів даного типу є скруглення й фаски.

Програма *SolidWorks* графічно відображає структуру моделі на основі елементів у спеціальному вікні, що називається *дерево конструювання FeatureManager*. Тут не тільки відображається послідовність, у якій створювалися елементи, але також передбачено зручний доступ до всіх основних супутніх відомостей про елементи.

Для ілюстрації концепції моделювання на основі елементів розглянемо рис. 1.1. Візуалізація даної деталі може бути виконана у вигляді набору кількох різних елементів, причому деякі з них «додають» матеріал у зображення (наприклад, циліндрична бобишка), а деякі (глухий або наскрізний отвір) навпаки його «видаляють».

Якщо розмістити окремі елементи відповідно до списку в дереві конструювання *FeatureManager*, то це може виглядати, як на рис. 1.2.

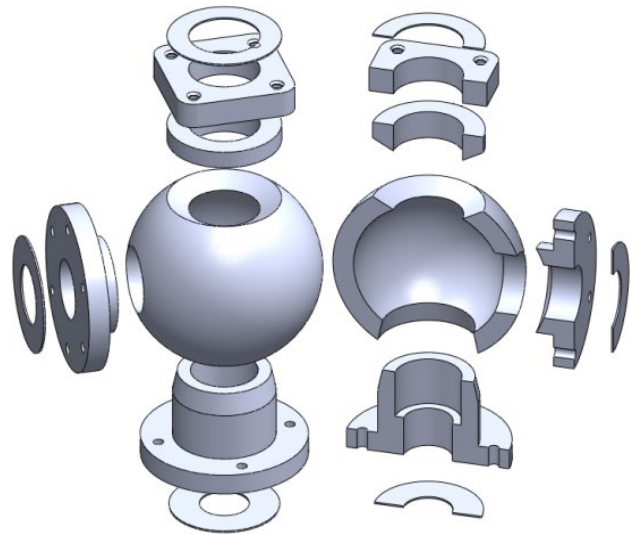


Рис. 1.1

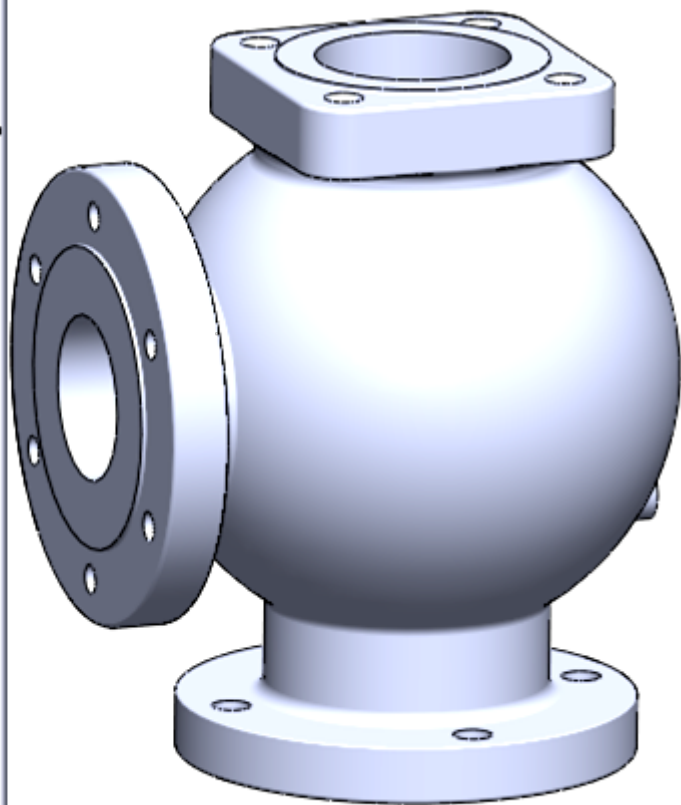
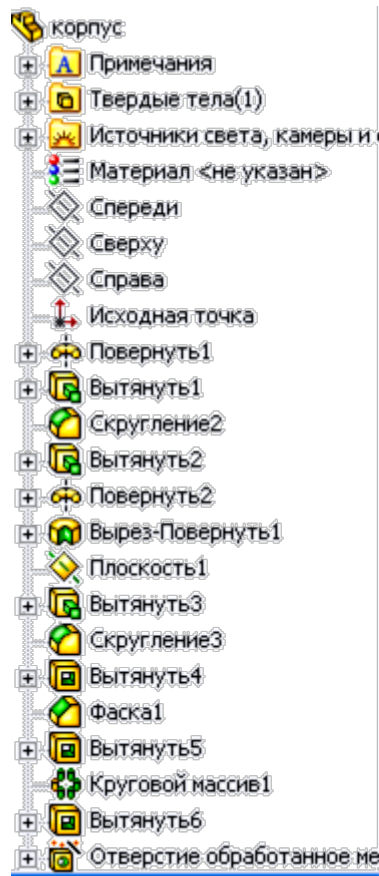


Рис. 1.2

### Параметричне об'ємне моделювання

Розміри та взаємозв'язки, що використовуються для створення елемента, фіксуються й зберігаються в готовій моделі. Це не тільки дає можливість здійснити задум проекту, але й дозволяє швидко та легко внести в модель будь-які зміни.

Наприклад, якщо до крайок моделі необхідно додати скруглення, то користувачеві надається повна свобода дій. Спочатку можна вибрати країки, а потім інструмент «Скругление», або навпаки – спочатку вибрати інструмент «Скругление», а вже потім країки. В обох випадках результат буде однаковим.

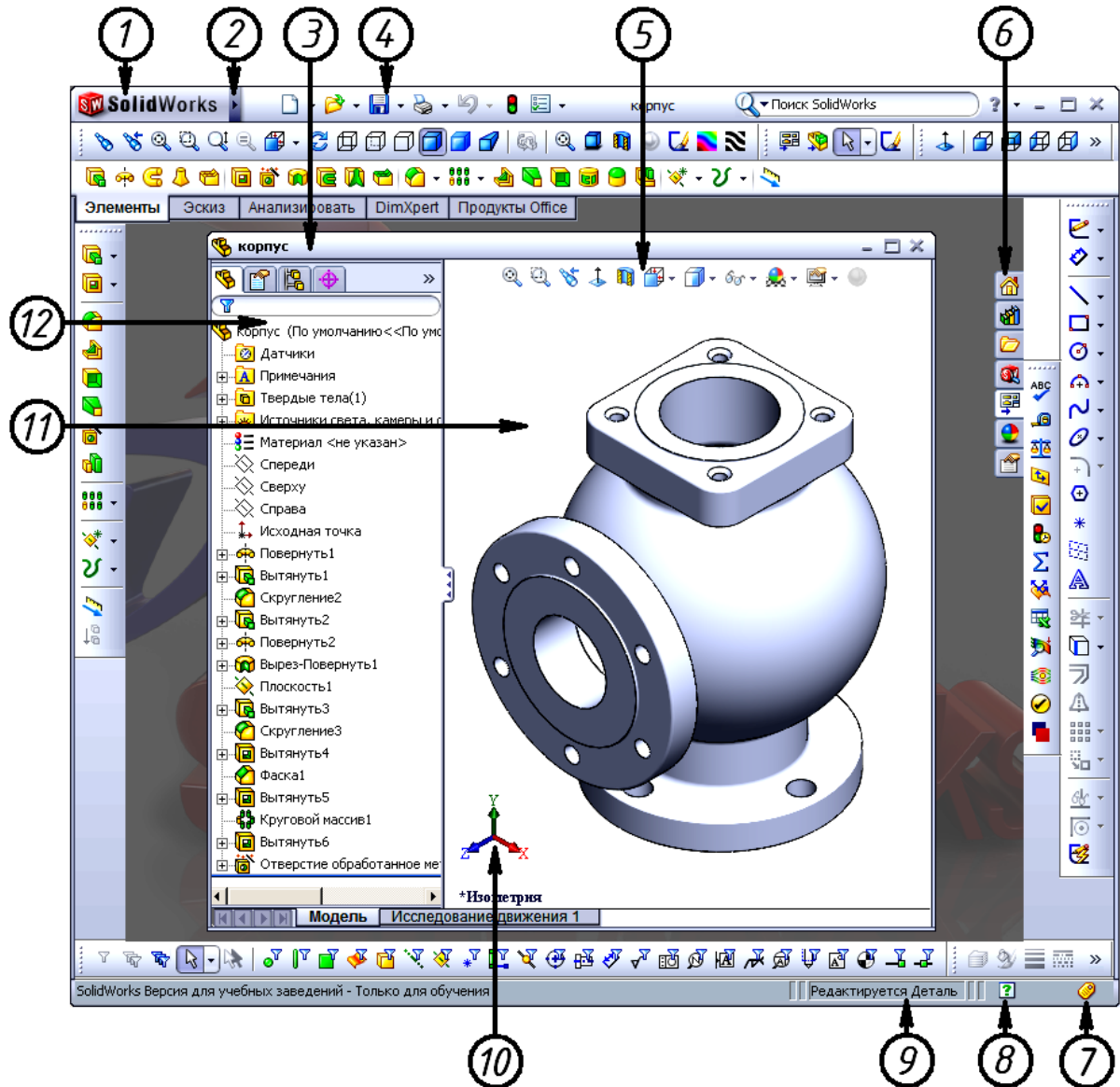


Рис. 12:

- |   |   |
|---|---|
| ① – рядок меню;                                 | ⑦ – діалогове вікно «Метки»;            |
| ② – розкритий рядок меню;                       | ⑧ – діалогове вікно «Быстрые советы»;   |
| ③ – вікно документа;                            | ⑨ – рядок стану;                        |
| ④ – панель інструментів;                        | ⑩ – довідкова система координат;        |
| ⑤ – панель інструментів «Управляемый просмотр»; | ⑪ – графічна зона;                      |
| ⑥ – панель завдань;                             | ⑫ – дерево конструювання FeatureManager |

Основні елементи інтерфейсу користувача *SolidWorks* описані нижче.

потрібно приховати. Щоб отримати доступ до меню «*Інструменти*», введіть у дію пункт «*Настройка*», і документ має бути відкритий. Крім того, для додавання або видалення значків з панелі інструментів можна користуватися вкладкою «*Команды*».

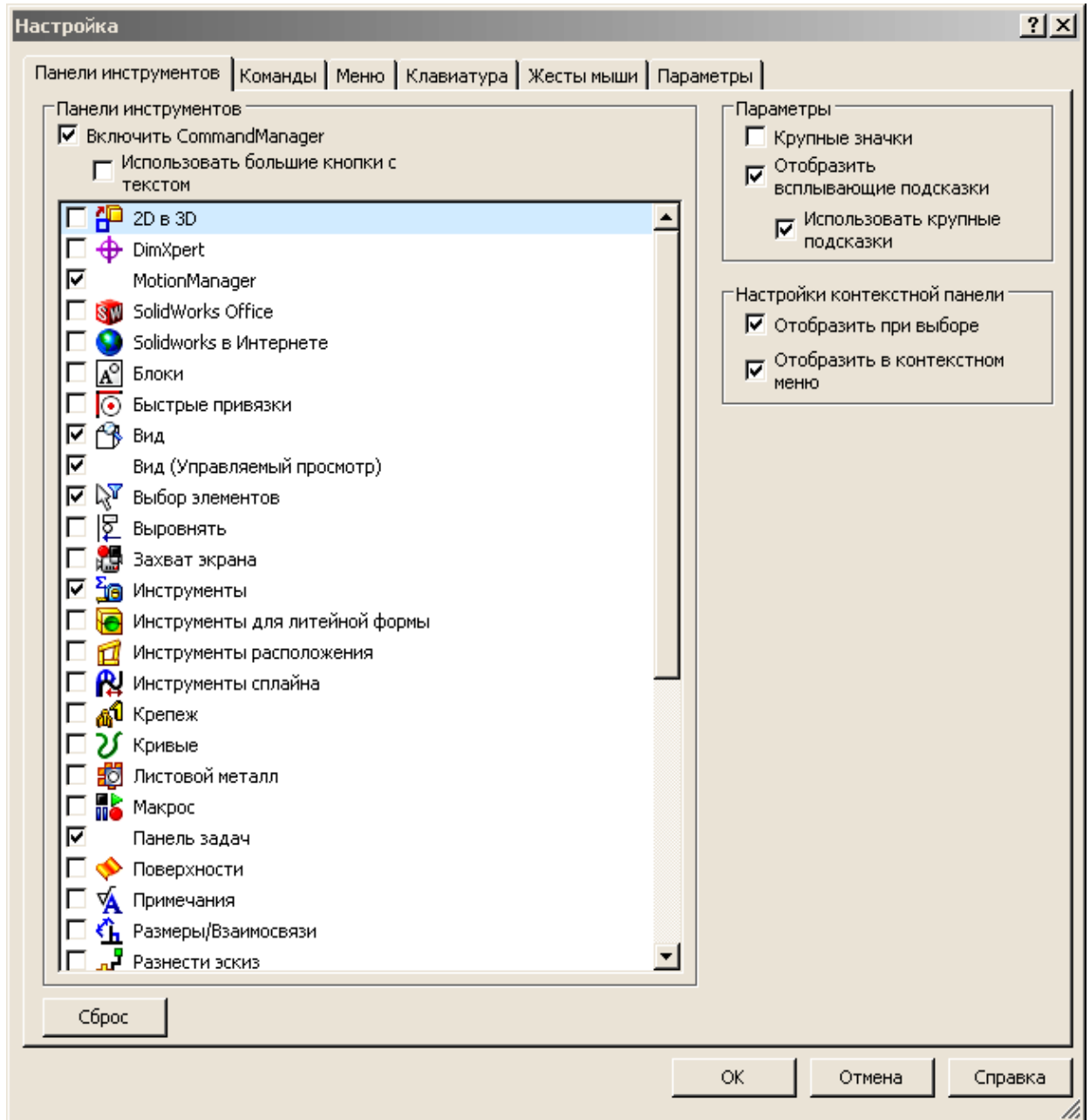


Рис. 19

2. Натисніть правою кнопкою миші в зоні панелей інструментів діалогового вікна *SolidWorks*. Натиснуті значки (рис. 20) показують, які панелі інструментів відображаються в цей момент. Виберіть ті з них, які потрібно відобразити.



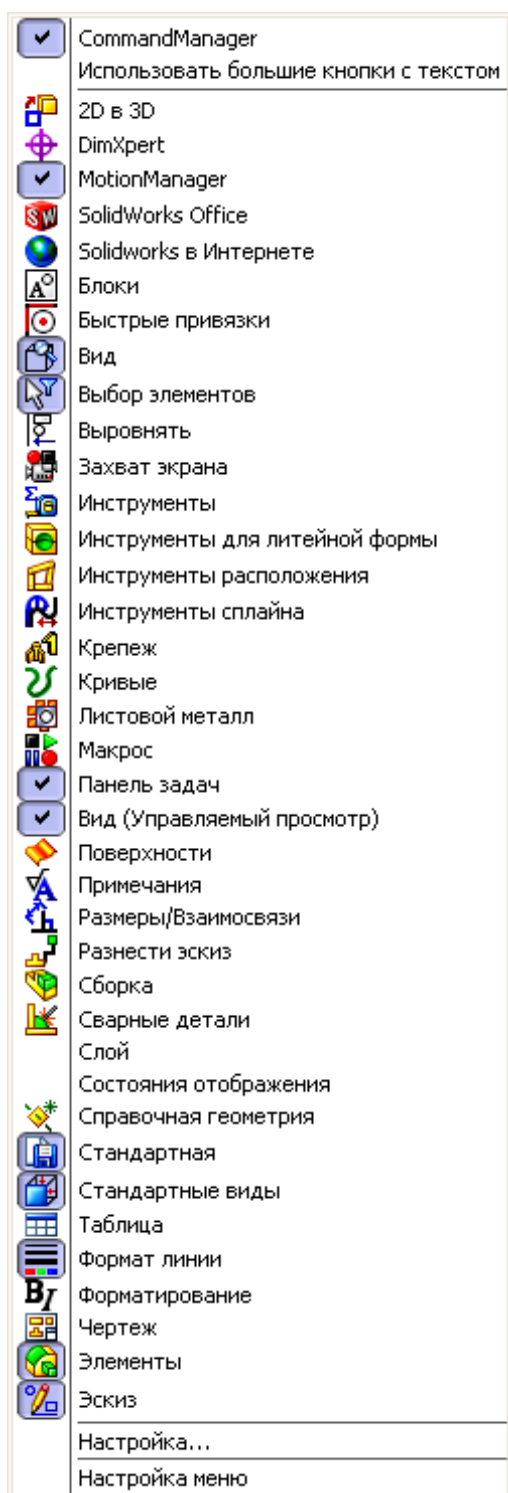


Рис. 20

3. Виберіть у меню «Вид» рядок «Панели инструментов». При цьому відобразиться аналогічний зображеному на рис. 20 список панелей інструментів, які можна вмикати або вимикати залежно від виду й напрямку діяльності, користуючись розділом «Настройка рабочего процесса» на вкладці «Параметры» у вікні «Настройка» (рис. 21). При цьому в розпорядженні є декілька опцій, що відповідають різним галузям промисловості.

Панелі інструментів можна розташувати різними способами, наприклад, «прикріпити» з усіх чотирьох боків діалогового вікна *SolidWorks* або перемістити в графічну зону або в зону дерева конструювання *FeatureManager*. Ці положення «запам'ятовуються» системою, навіть коли користувач виходить із програми *SolidWorks*, але при наступному її запуску панелі інструментів будуть перебувати там, де вони розташовувалися в минулому сеансі. Один з варіантів розташування панелей інструментів <sup>①</sup>, що включає диспетчер команд *CommandManager* <sup>②</sup>, показано на рис. 22.

Диспетчер команд являє собою контекстну панель інструментів, що обновляється автоматично згідно із змістом тієї панелі інструментів, до якої потрібен доступ. За умовчужанням диспетчер

команд має вбудовані панелі інструментів, що враховують тип документа. Його можна використовувати для доступу до кнопок панелі інструментів у центральній зоні, а також для економії місця в графічній зоні.

При натисканні на вкладку під панеллю *CommandManager* відбувається її оновлення для відображення однойменної панелі інструментів. Наприклад, вибравши вкладку «Ескиз», реалізуємо відображення панелі інструментів під такою самою назвою.

миші в місці його розташування.

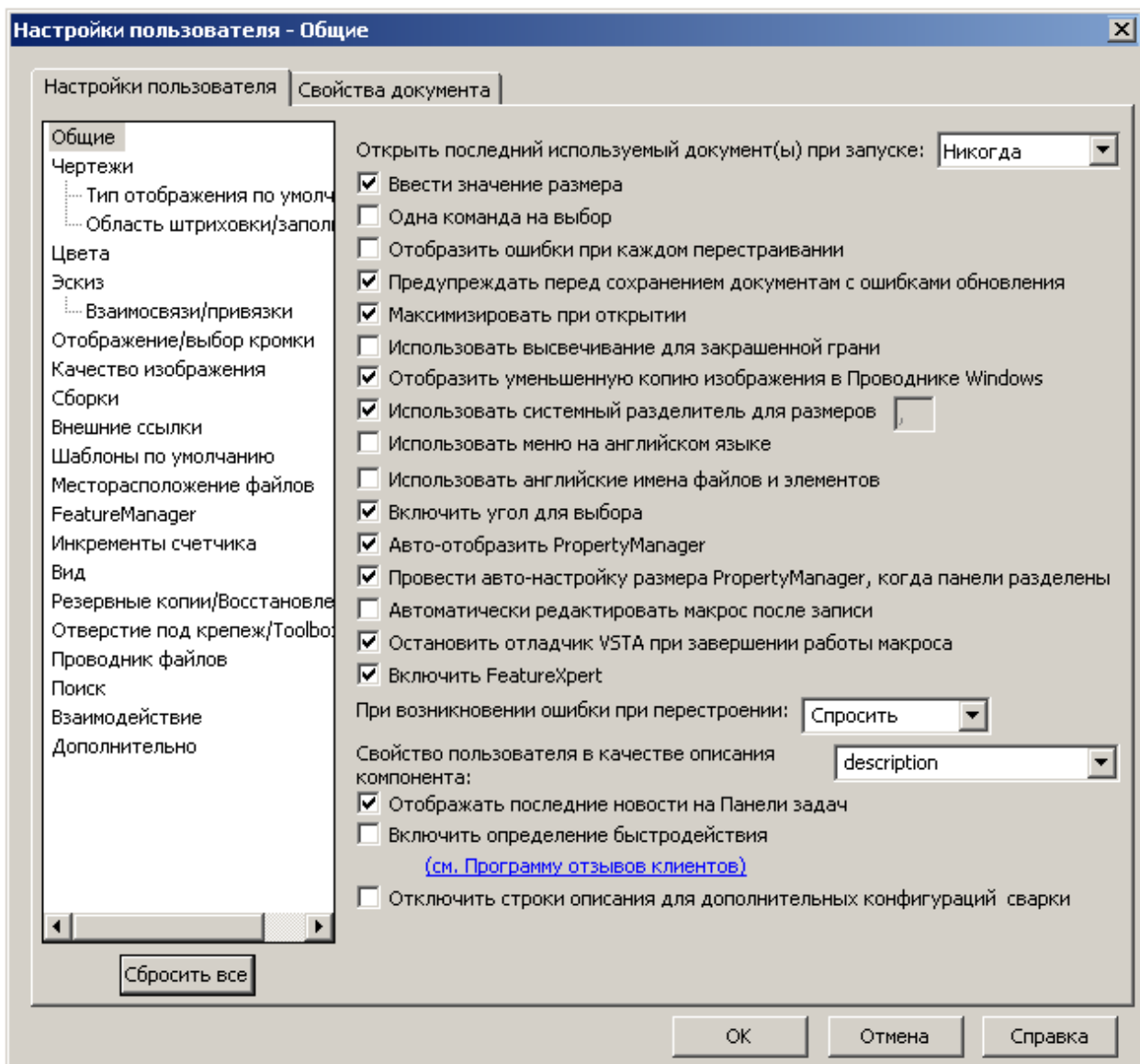


Рис. 33

✓ «*Отобразить ошибки при каждом перестраивании*». Припинення дії цієї команди дозволяє отримувати повідомлення про допущену в роботі системи помилку тільки один раз.

✓ «*Предупреждать перед сохранением документа с ошибками обновления*». Даний інструмент дає можливість виправити помилки перед збереженням документа.

✓ «*Максимизировать при открытии*». Використання цієї команди дозволяє в момент відкриття будь-якого документа забезпечити його максимальний розмір у вікні програми.

✓ «*Использовать высвечивание для закрашенной грани*». Коли обрано цю характеристику, то виділені грані геометричного об'єкта відображаються

геометричні об'єкти вводяться в кресленик з довідковою метою, то їхні імена на ньому відображаються (рис. 34).

✓ *«Автоматическое скрывание компонентов при создании вида».* Відповідно до цієї функції будь-які компоненти складальної одиниці, не видимі на щойно створеній креслярській проекції, будуть приховані, зате вони відобразяться в списку на вкладці *«Скрыть/отобразить компоненты»* в діалоговому вікні *«Свойства чертежного вида»*. При цьому кожний із компонентів буде розміщено в складальній одиниці, а вся інформація про нього – завантажено. До того ж імена прихованих компонентів у дереві конструювання *FeatureManager* будуть записані прозорими буквами, а відобразити їх можна в будь-який момент. Наприклад, на рис. 35, а зображено вид спереду й знизу складальної одиниці зворотного клапана, у якому відображено всі його компоненти (приховані показано пунктиром), а при дії розглянутого параметра внутрішні деталі на зображенні приховані (рис. 35, б).

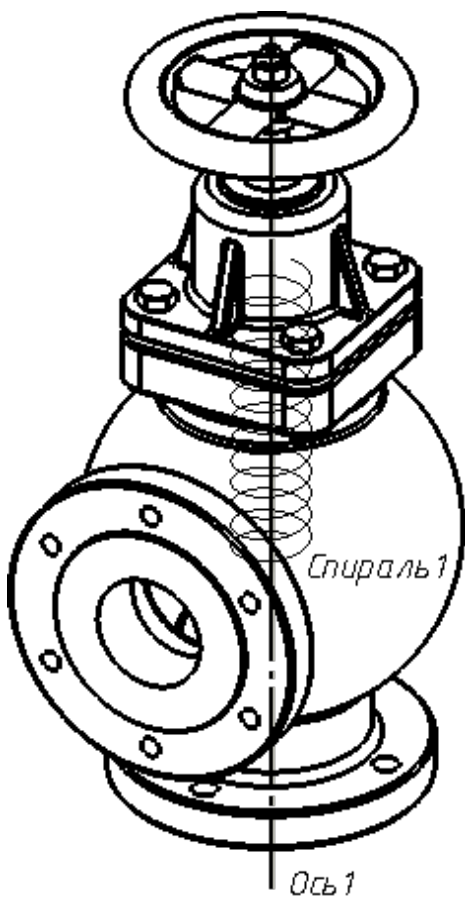


Рис. 34

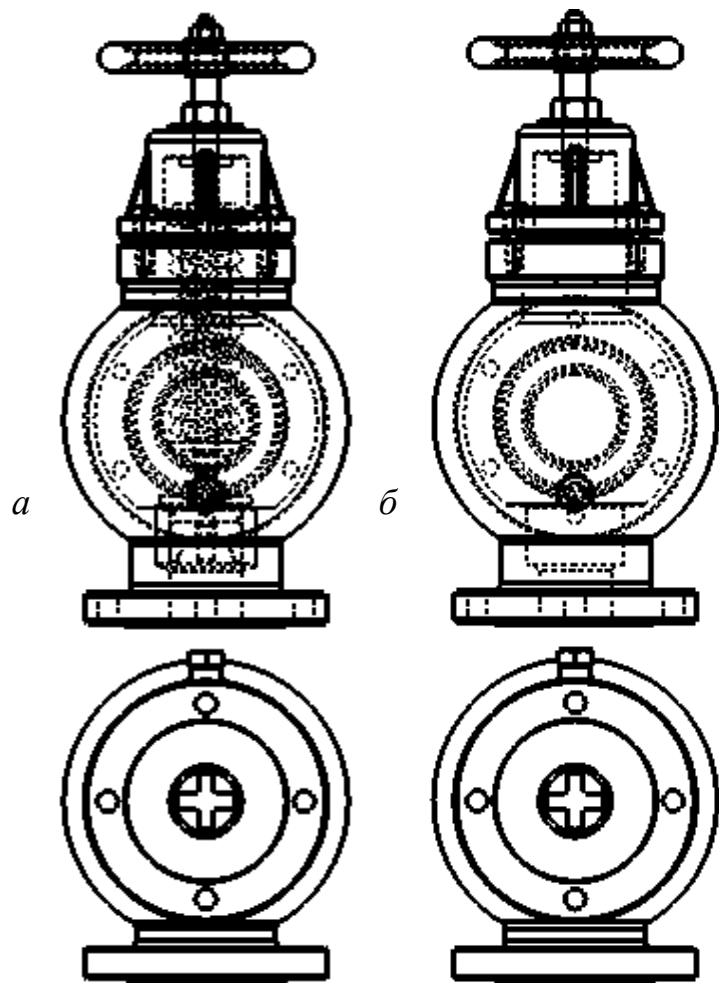
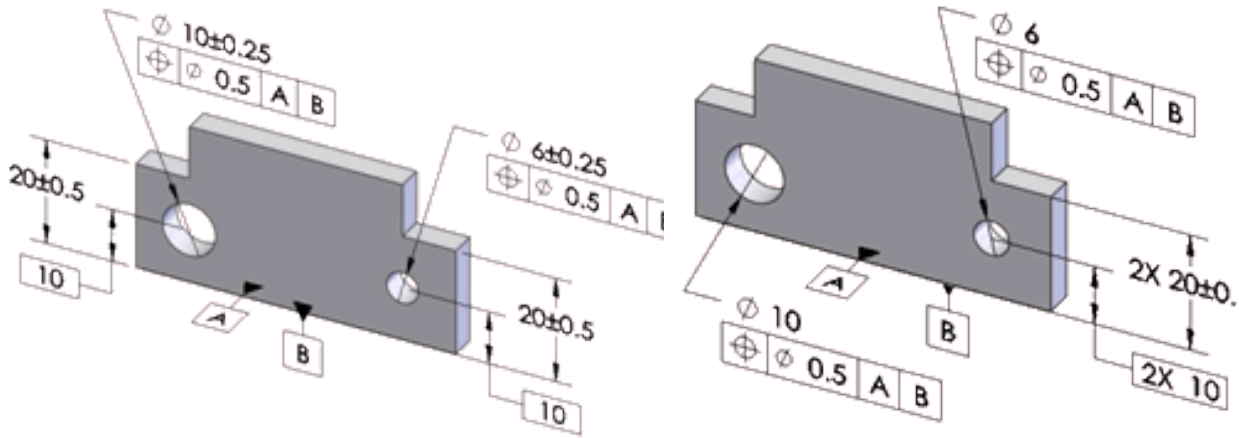


Рис. 35

✓ *«Отобразить центральные точки дуг в эскизах».* Забезпечує виконання даної функції стосовно дуг і кіл, наявних у кресленику (рис. 36).



Повтори допускаються

Повтори заборонені

Рис. 47

17. «Листо́вий металл» – параметр, доступний тільки для документів, що містять кресленик об'єкта. Передбачає в процесі моделювання відключення або відображення приміток стосовно параметрів лінії згину листового металу; установку типу відображення для приміток по лінії згину листового металу; установку кольору для виконання креслеників плоских масивів.

Як уже було сказано вище, у діалоговому вікні «Параметри» можна змінити характеристики системи *SolidWorks* за умовчанням. При цьому можна виконати налаштування окремих документів, які разом з останніми й далі зберігають свої можливості, а також налаштування, що стосуються тільки системи та її робочого середовища. Ці налаштування мають досить широкий спектр дії, однак при виконанні подібних процедур необхідно бути особливо уважним. Якщо після їхнього застосування інтерфейс програми буде незручним для користування, то варто вибрати кнопку «Сбросить все», наявну в кожному розділі вкладки «Настройки пользователя» і вікна «Параметри». У такий спосіб відбувається повернення всіх налаштувань користувача, а не тільки наявних в активній вкладці, до системних параметрів за умовчанням.

## 2. ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ

Виконавши цю вправу, студент придбає наступні знання та навички.

- Створення нової деталі.
- Вставка нового ескізу.
- Додавання геометрії ескізу.
- Витягування ескізу в тверде тіло.
- Витягування ескізу як вирізу.
- Додавання фасок в твердотільний елемент.

Формуючи модель деталі «Втулка», використовуйте наведені на рис. 1 розміри.

Для ефективного застосування засобів параметричного моделювання програми *SolidWorks* керуйтеся концепцією моделювання (задумом проекту), запропонованої на рис. 2. Зокрема, для побудови цієї моделі підходить метод «Производственный» ③ (рис. 2, а). Концепція моделювання у вигляді переліку окремих елементів зі списку в дереві конструювання *FeatureManager* буде виглядати, як це зображено на рис. 2, б.

Розглянемо алгоритм побудови моделі деталі «Втулка».

Натисніть кнопку «Создать» на панелі інструментів «Стандартная». З'явиться діалогове вікно «Новый документ *SolidWorks*». Виберіть параметр

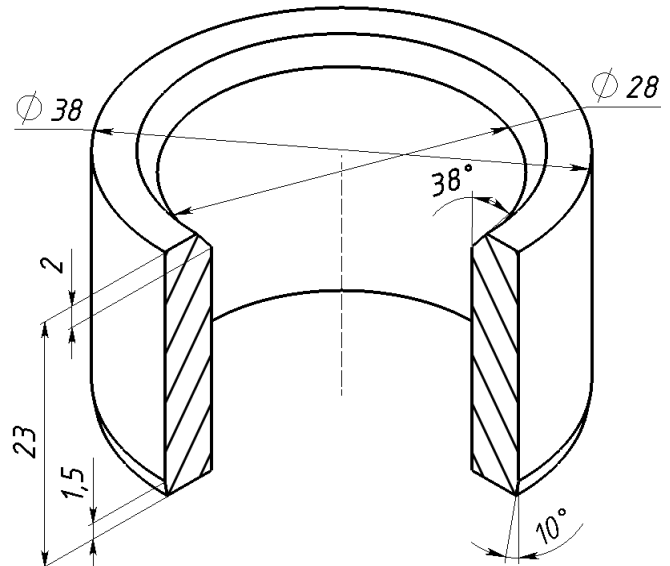
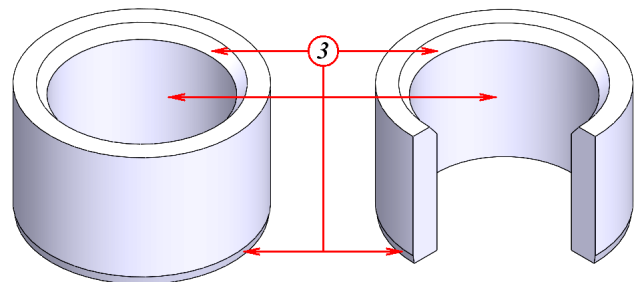


Рис. 1

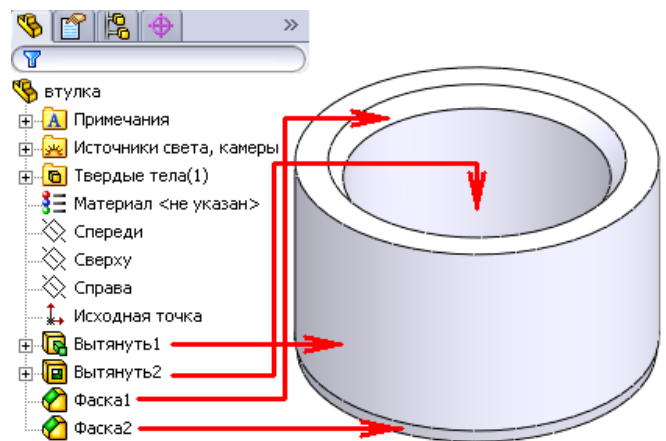


① Метод «Многоэтажный торт»

② Метод «Гончарный круг»

③ Метод «Производственный»

а



б

Рис. 2

Моделювання деталі «Втулка» завершено (рис. 10).

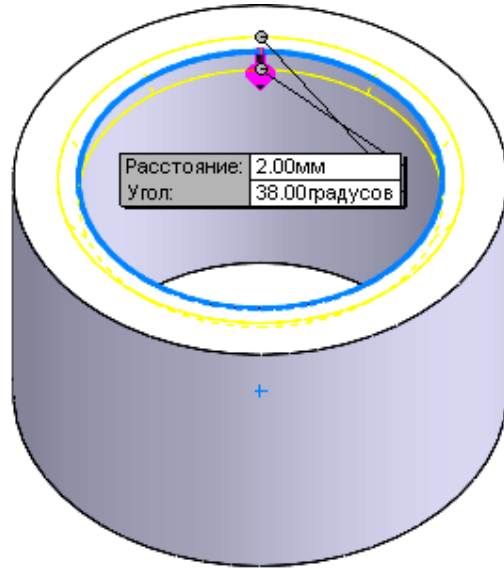
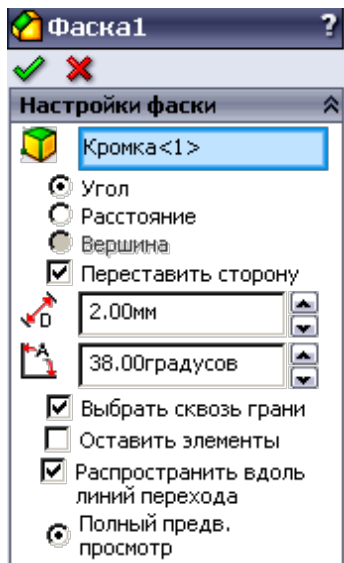


Рис. 8

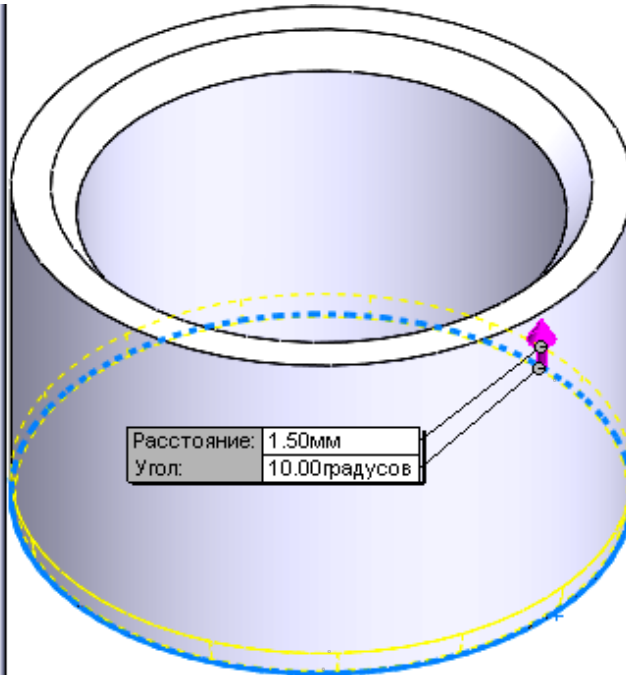
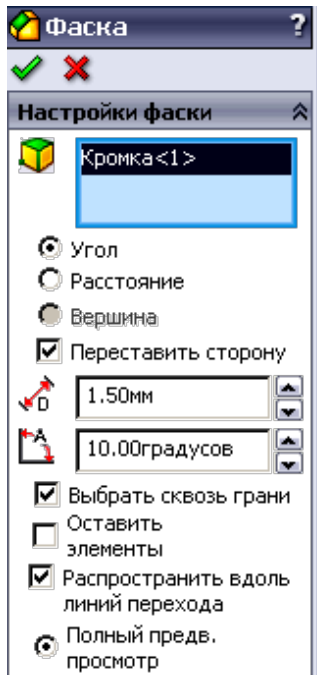


Рис. 9

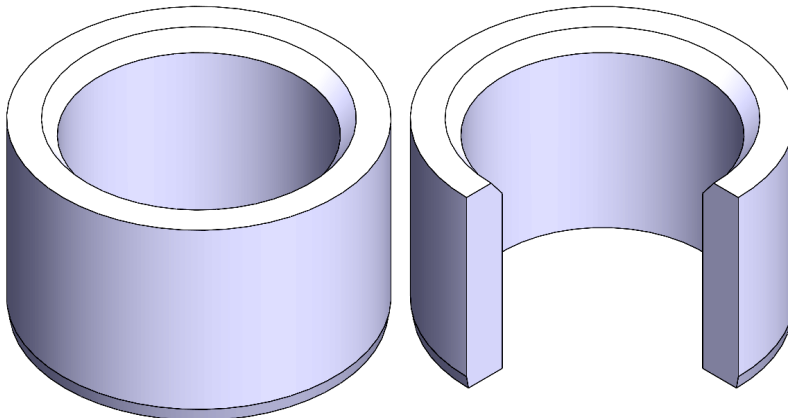


Рис. 10



### 3 ДЕТАЛІ, СТВОРЕНІ ШЛЯХОМ ОБЕРТАННЯ

Виконавши цю вправу, студент придбає наступні знання та навички.

– Вибір найбільш відповідного профілю для креслика.

– Створення елементів «Повернути».

– Додавання заокруглень в твердотільний елемент.

Для створення моделі деталі «Шток» використовуйте подані на рис. 1

розміри, а також концепцію моделювання (задум проекту), запропонований на рис. 2. Щоб змоделювати циліндричні частини штока, застосуєте метод «Гончарный круг» <sup>②</sup> (рис. 2, а), а для формування фасок – «Производственный» <sup>③</sup> (рис. 2, а). У вигляді списку окремих елементів з дерева конструювання *FeatureManager* концепцію моделювання відображено на рис. 2, б. Показані на цьому рисунку елементи змодельовані за допомогою таких засобів: циліндричні частини штока (метод <sup>②</sup>, «Повернуть1»); прикладні елементи (метод <sup>③</sup>, «Фаска1»).

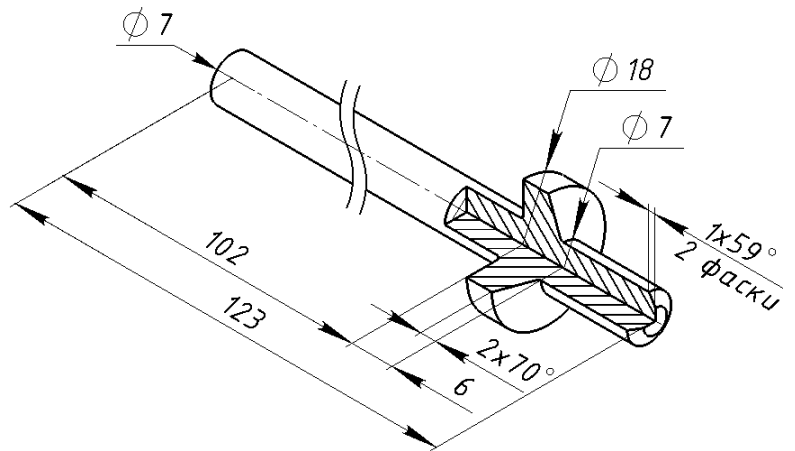
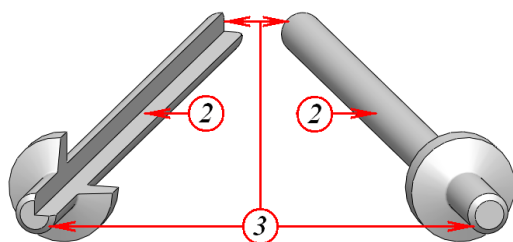


Рис. 1

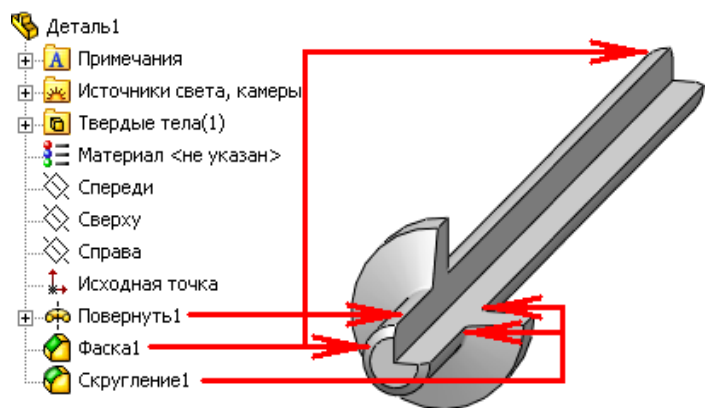


① Метод «Многоэтажный торт»

② Метод «Гончарный круг»

③ Метод «Производственный»


а




б

Рис. 2

Алгоритм побудови моделі деталі «Шток» розглянемо нижче.

Натисніть кнопку «Создать»  на панелі інструментів «Стандартная», унаслідок чого з'явиться діалогове вікно «Новый документ SolidWorks». Виберіть параметр «Деталь», потім натисніть кнопку ОК, що викличе появу

Натисніть кнопку «Сохранить»  на панелі інструментів «Стандартная».

Таким чином, моделювання деталі «Шток» завершено (рис. 7).

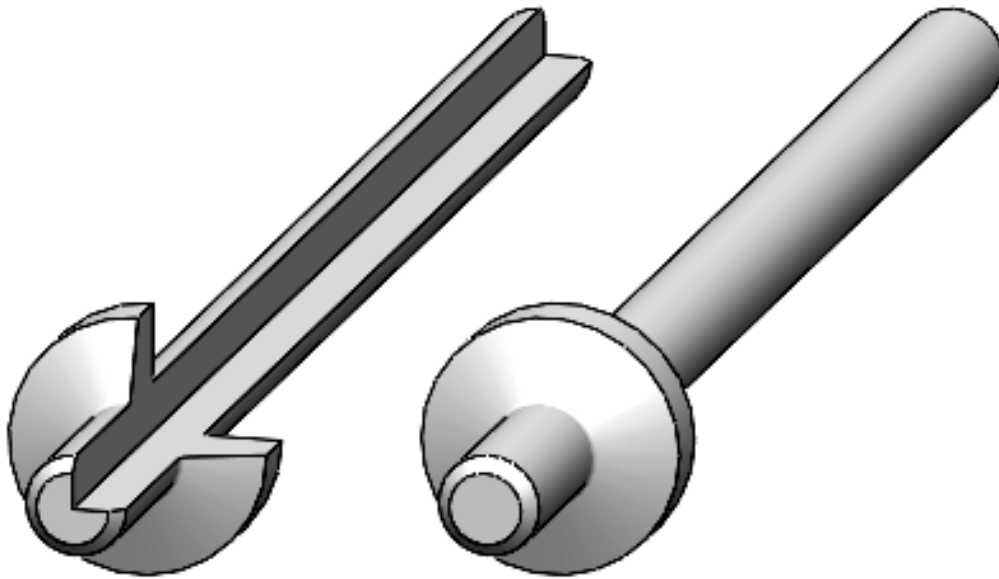


Рис. 7



#### 4. СТВОРЕННЯ ОТВОРІВ ПІД КРІПЛЕННЯ

Виконавши цю вправу, студент придбає наступні знання та навички.

- Створення взаємозв'язків ескізу між частинами геометрії.
- Створення отворів під кріплення.
- Додавання зображення різьблення на твердотільний елемент.

Створюючи модель деталі «Винт», використовуйте наведені на рис. 1 розміри, а також концепцію моделювання (задум проекту), запропонований на рис. 2. При побудові циліндричних частин гвинта застосовуйте метод «Гончарный круг» <sup>②</sup> (рис. 2, а), а для побудови отвору, зрізин фасок – «Производственный» <sup>③</sup> (рис. 2, а). Якщо відобразити концепцію моделювання у вигляді окремих елементів відповідно до списку в дереві конструювання *FeatureManager*, то це буде виглядати, як на рис. 2, б. Для зображення циліндричних частин гвинта використовуйте метод <sup>②</sup> зокрема, елементи «Повернуть1»; отвору і зрізин – метод <sup>③</sup>, елементи «Вытянуть1», «Диаметр отверстия Ø7,0(7)1». Також застосовують прикладні елементи: «Фаска1», «Фаска2» (метод <sup>③</sup>).

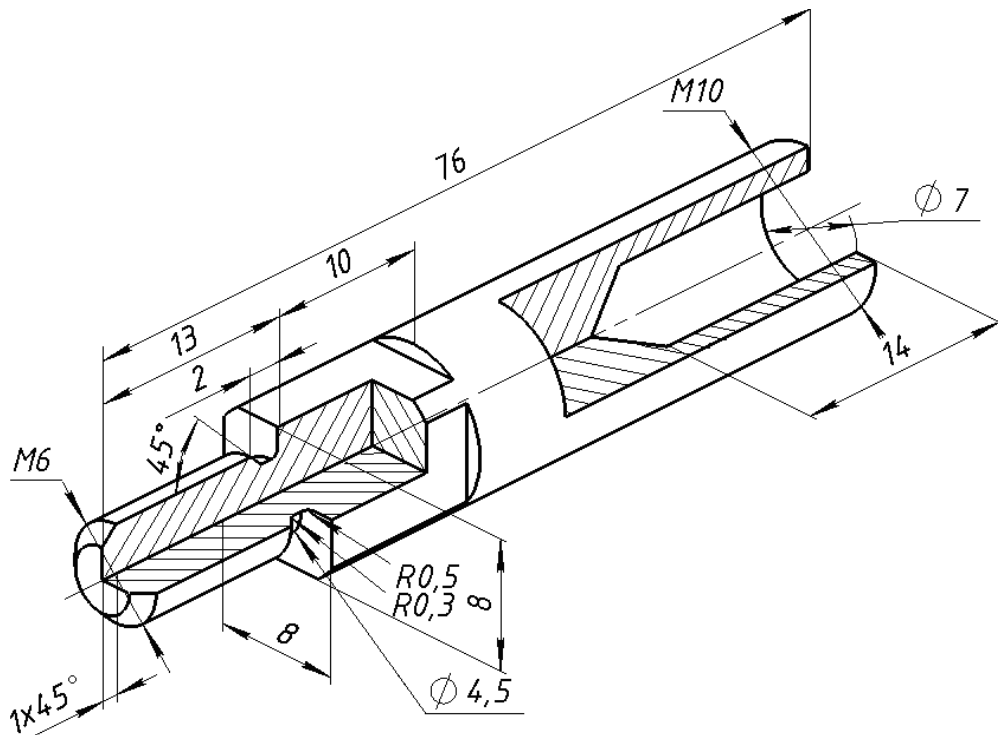



Рис. 1

Алгоритм побудови деталі «Винт» розглядаємо нижче.

Натисніть кнопку «Создать»  на панелі інструментів «Стандартная». З'явиться діалогове вікно «Новый документ SolidWorks». Виберіть параметр «Деталь», потім натисніть кнопку ОК. З'явиться вікно нової деталі.

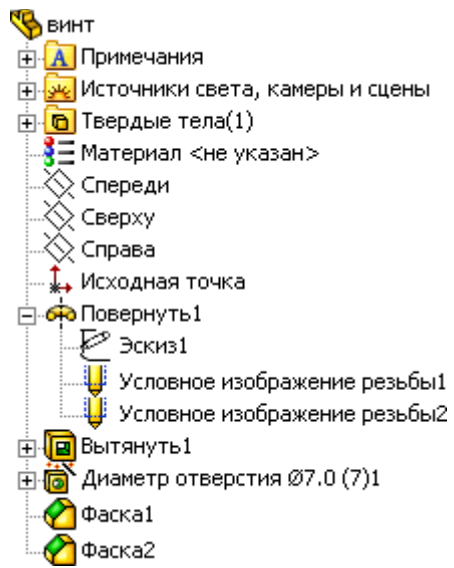


Рис. 15

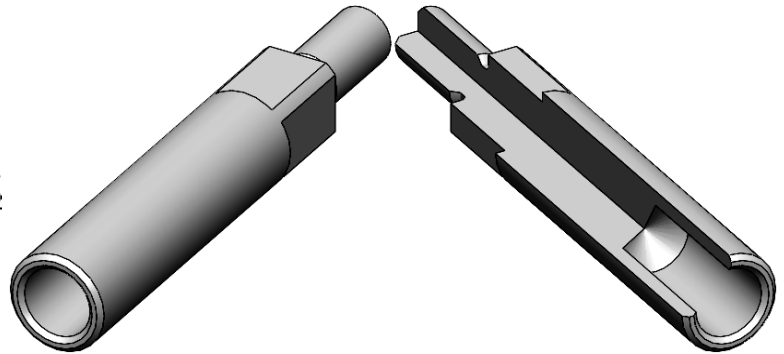


Рис. 16

## 5. ДЕТАЛІ, СТВОРЕНІ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОВЕРНЕНОГО ВИРІЗУ

Виконавши цю вправу, студент придбає наступні знання та навички.

- Створення площин.
- Використання граничних умов «До наступного» для розуміння задуму проекту.
- Використання інструменту «повернений виріз».

Формування моделі деталі «Пробка» виконайте, використовуючи подані на рис. 1 розміри.

Для ефективного застосування засобів параметричного моделювання програми *SolidWorks* використовуйте концепцію (задум проекту), запропоновану на рис. 2. Щоб змодельувати циліндричні частини пробки, застосовують метод «Гончарный круг» <sup>②</sup> (рис. 2, а); шестигранну головку – метод «Многоэтажный торт» <sup>①</sup> (рис. 2, а); а для моделювання фасок підходить метод «Производственный» <sup>③</sup> (рис. 2, а).

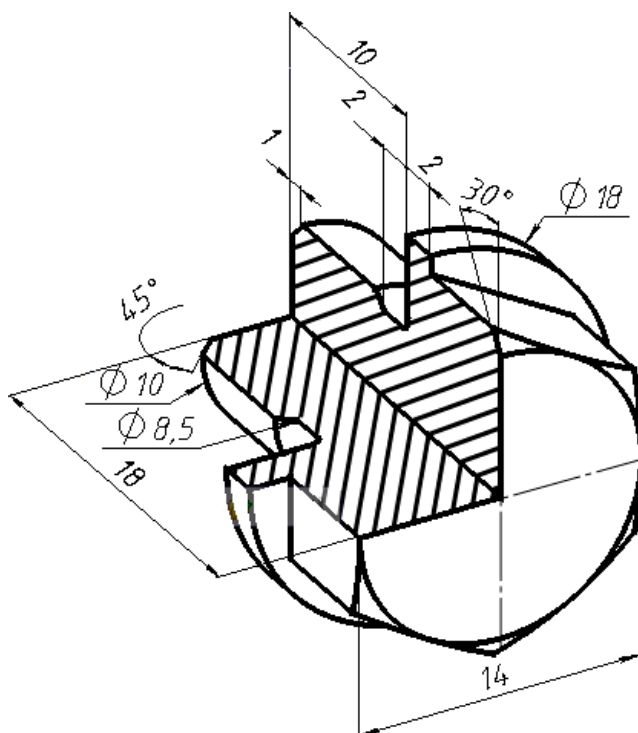




Рис. 1

Концепція моделювання у вигляді окремих елементів зі списку в дереві конструювання *FeatureManager*, подається на рис. 2, б. Деталь «Пробка» моделюється із застосуванням таких засобів: циліндрична частина клапана за допомогою методу <sup>②</sup> (елемент «Повернуть1»); шестигранна головка – методом <sup>①</sup> (елемент «Бобышка-Вытянуть1»); проточена фаска на шестигранній головці – методом <sup>③</sup> (елемент «Вырез-Повернуть1»).

Алгоритм моделювання деталі «Пробка» описано нижче.

Натисніть кнопку «Создать»  на панелі інструментів «Стандартная». З'явиться діалогове вікно «Новый документ SolidWorks». Виберіть параметр «Деталь», потім натисніть кнопку ОК, унаслідок чого з'явиться вікно нової деталі.

Потім натисніть кнопку «Повернутая бобышка/основание»  на панелі інструментів «Элементы», при цьому з'являться площини «Спереди»,

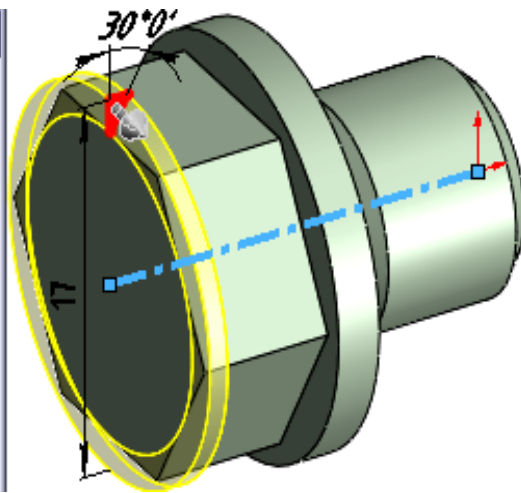
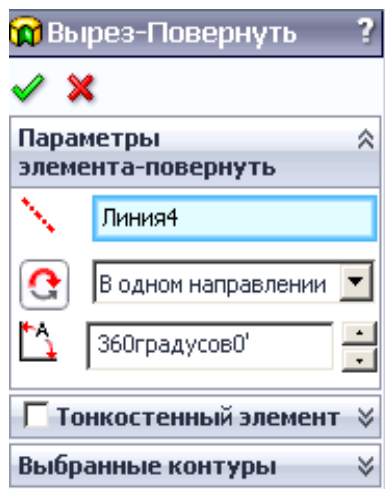


Рис. 11

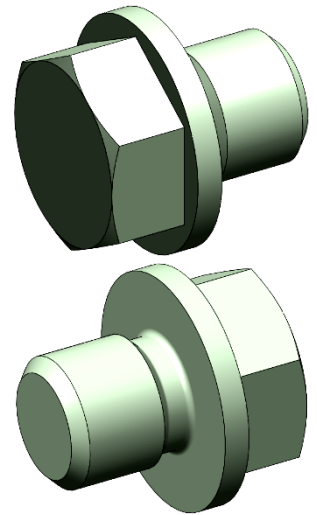


Рис. 12

У процесі моделювання деталі «Клапан» використовуйте подані на рис. 13 розміри.

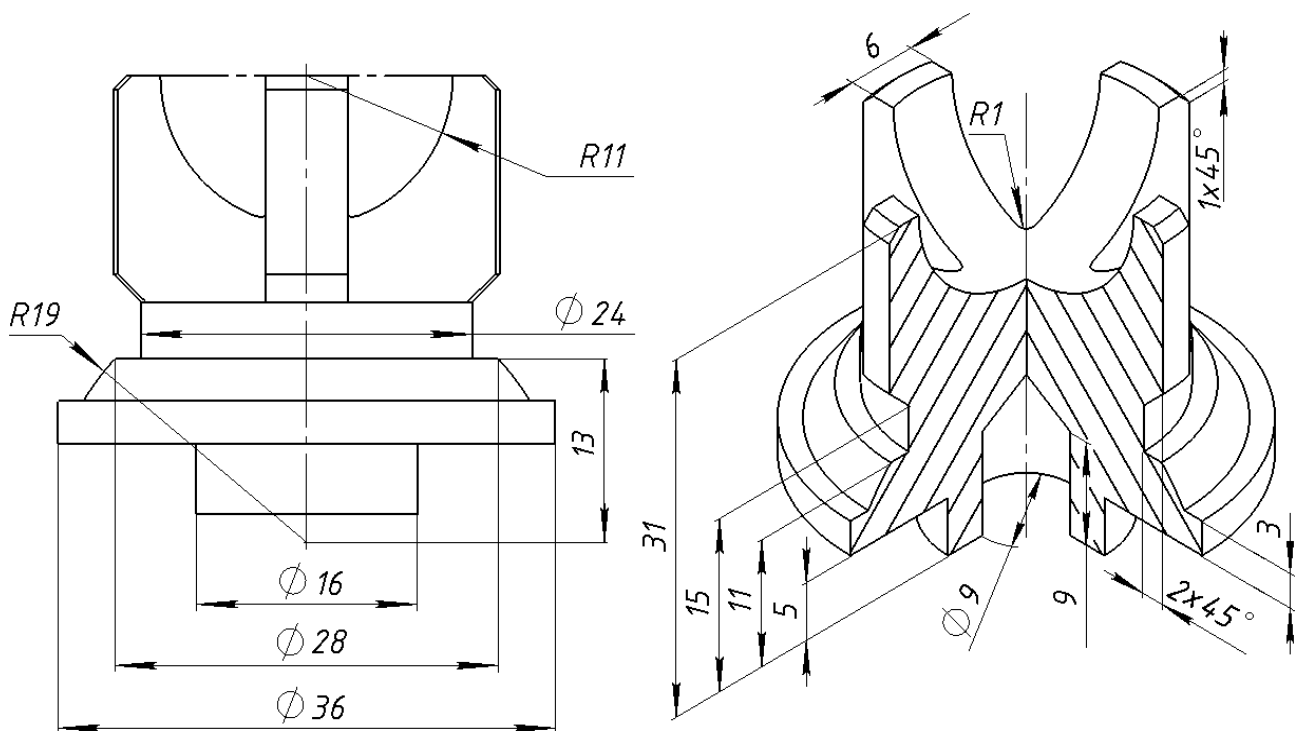






Рис. 13

З метою ефективного використання засобів параметричного моделювання в програмі *SolidWorks* застосовуйте концепцію моделювання (задум проекту), запроповану на рис. 2. Створення циліндричної частини клапана відбувається за методом «Гончарный круг» ② (рис. 14, а); хрестовини – за допомогою методу «Многоэтажный торт» ① (рис. 14, а). Для побудови отвору під гвинт, сферичного вирізу й фасок застосовується метод

Перейдіть на вкладку «*Расположения*» діалогового вікна *PropertyManager*. Щоб розмістити отвори під кріплення на грані деталі, натисніть лівою кнопкою миші в потрібному місці, щоб розташувати центри отворів (рис. 30). При цьому використовуйте інструмент «*Взаимосвязь*» , «*Концентричный*»  між точкою та круглою кромкою з панелі інструментів «*Эскиз*», щоб розмістити центр отвору (рис. 31). Визначивши всі параметри отвору й розташувавши його на грані, натисніть кнопку .

Насамкінець скористайтеся кнопкою «*Сохранить*»  на панелі інструментів «*Стандартная*». Таким чином моделювання деталі «*Клапан*» завершено (рис. 32).

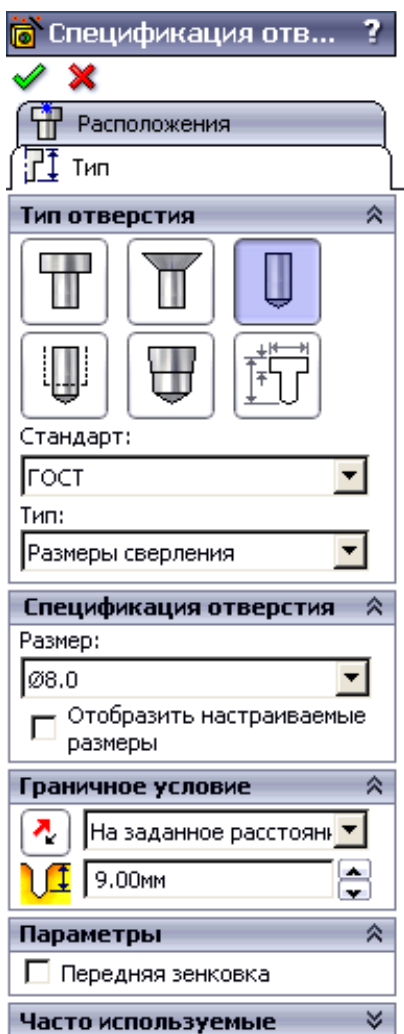


Рис. 29

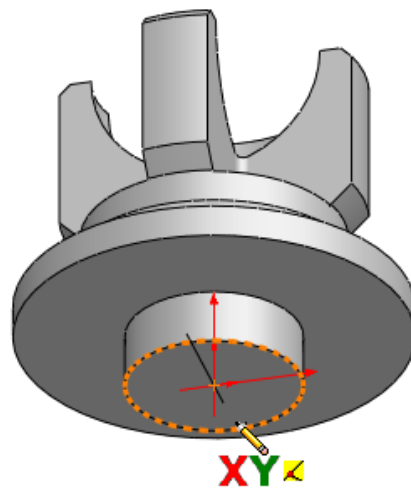


Рис. 30

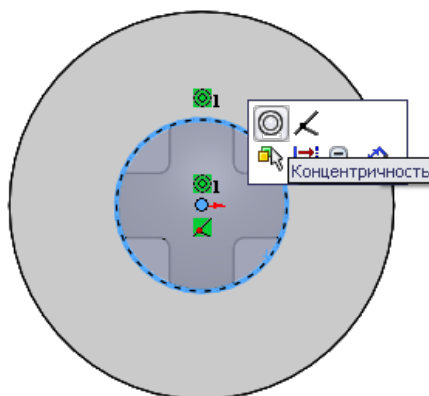


Рис. 31

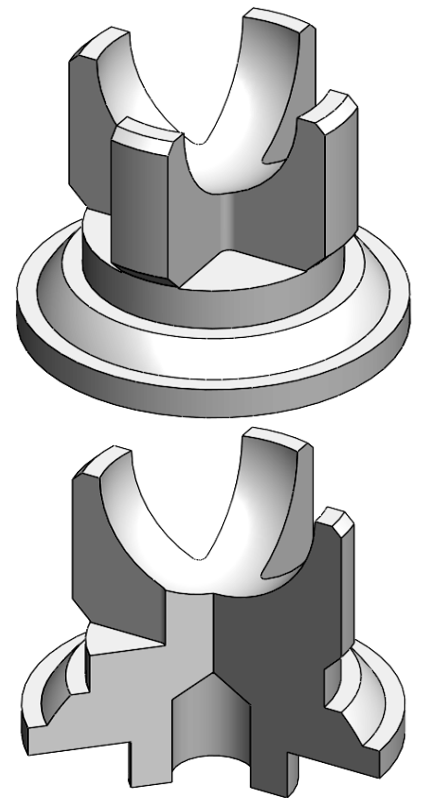


Рис. 32

## 6. ДЕТАЛІ, СТВОРЕНІ З ВИКОРИСТАННЯМ МАСИВУ ЕЛЕМЕНТА

Виконавши цю вправу, студент придбає наступні знання та навички.

- Моделювання литих деталей
- Використання спеціальних прийомів нанесення розмірів на ескізи для елементів «Повернути»
- Використання інструменту «Рейбро»
- Додавання кругового масиву
- Додавання масиву, керованого ескізом

У процесі моделювання деталі «Крышка» використовуйте подані на рис. 1 розміри.

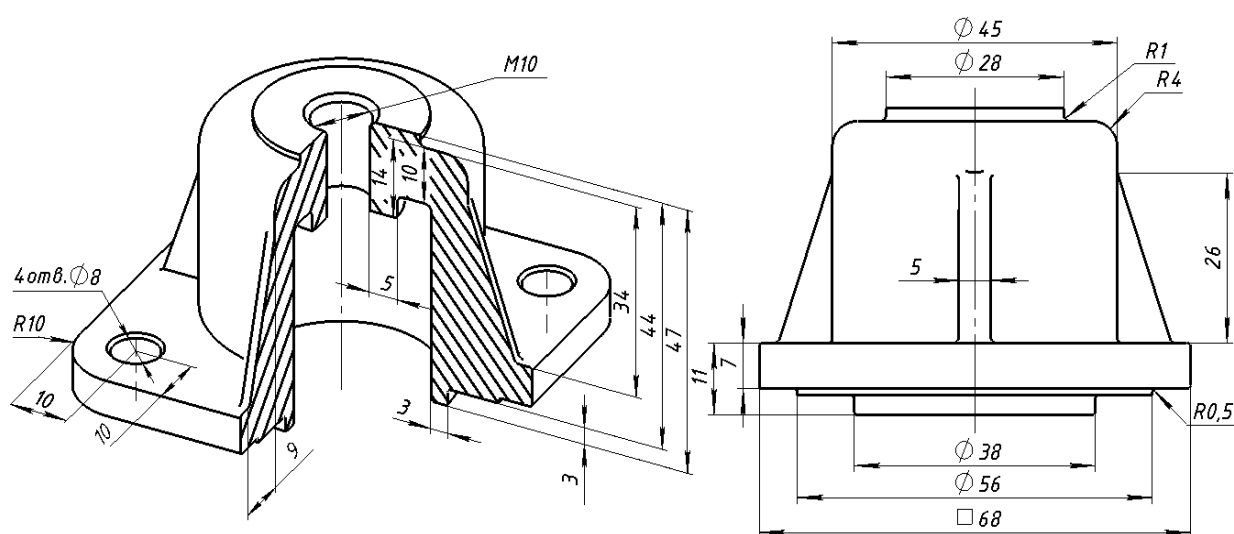


Рис. 1

Для ефективного застосування засобів параметричного моделювання програми *SolidWorks* керуйтеся концепцією моделювання (задумом проекту), запропонованою на рис. 2. Побудову циліндричної частини моделі кришки можна здійснити методом «Гончарный круг» ② (рис. 2, а); нижнього фланця, припливу під обробку й ребер жорсткості – методом «Многоэтажный торт» ① (рис. 2, а), а побудова отворів під кріплення й фасок до цих отворів здійснено за допомогою методу «Производственный» ③ (рис. 2, а). Концепцію моделювання, відображена у вигляді окремих елементів зі списку дерева конструювання *FeatureManager*, відображено на рис. 2, б. Зокрема для моделювання: циліндричної частини кришки застосовується елемент «Повернуть1» (метод ②); нижнього фланця, припливу під обробку й ребер жорсткості – елементи «Вытянуть1», «Вытянуть2» (метод ①); отворів під кріплення – елементи «Вытянуть4», «Эскиз-Массив1» (метод ③). Також

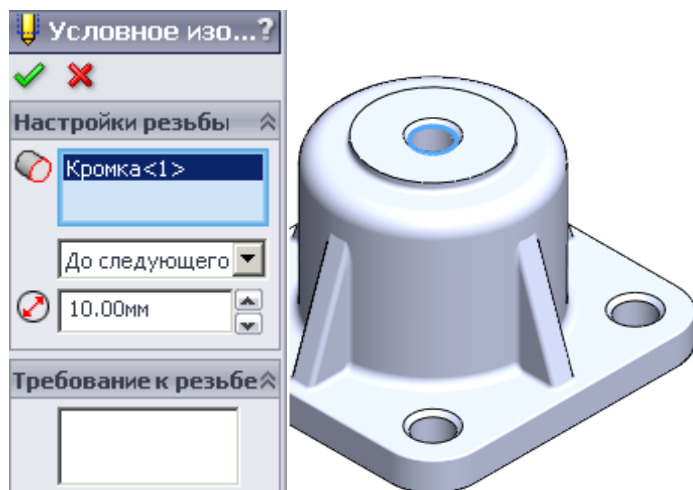


Рис. 23

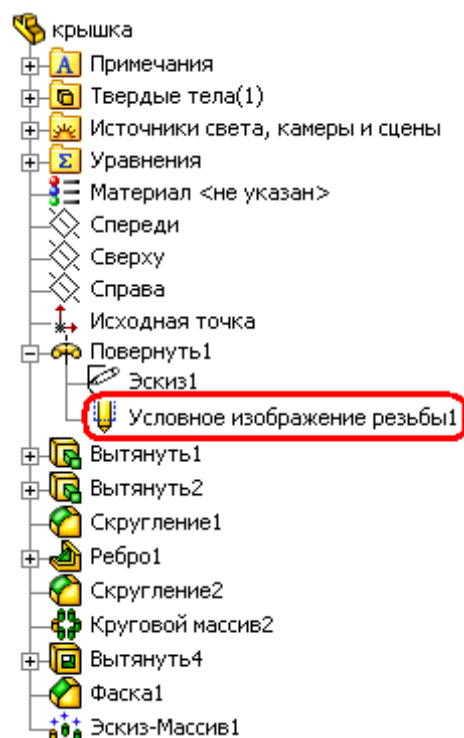


Рис. 24

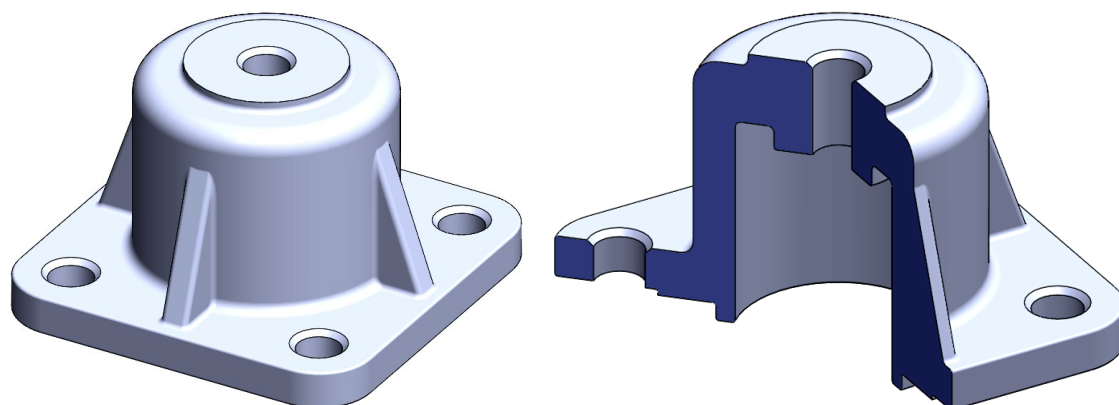


Рис. 25

Щоб змоделювати зворотний клапан, створіть об'ємне зображення деталі «Корпус», для чого використовуйте наведені на рис. 26 розміри.

Керуйтеся також концепцією моделювання (задумом проекту), що запропонована на рис. 27. У побудові сферичної частини корпусу, нижнього та бічного фланців застосовуйте метод «Гончарный круг» <sup>②</sup> (рис. 27, а), а для побудови зображень верхнього фланця – метод «Многоэтажный торт» <sup>①</sup> (рис. 27, а); зливного отвору й отворів під кріплення – «Производственный» метод <sup>③</sup> (рис. 27, а). Якщо увявити концепцію моделювання у вигляді окремих елементів зі списку в дереві конструювання *FeatureManager*, то це буде виглядати як це зображено на рис. 27, б. Зокрема, для створення зображених на цьому рисунку: сферичної частини корпусу, нижнього й бічного фланця



застосовуйте метод ② (елементи «Повернуть1», «Повернуть2», «Вырезать-Повернуть1»); верхній фланець – метод ① (елементи «Вытянуть1», «Вытянуть2»); зливний отвір й отвори під кріплення – метод ③ (елементи «Вытянуть3», «Вытянуть4», «Вытянуть5», «Круговой массив1», «Вытянуть6», «Отверстие обработанное метчиком М6»). Використовуйте також прикладні елементи: «Фаска1», «Скругление2», «Скругление3».

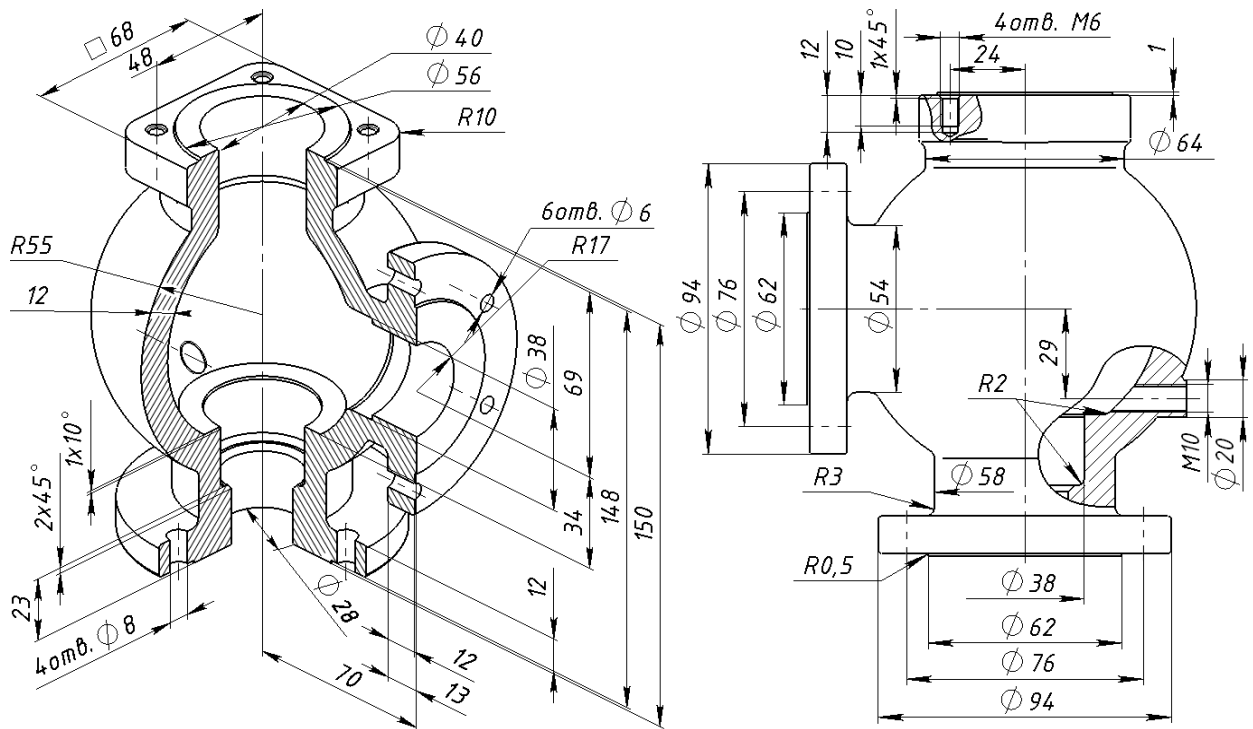







Рис. 26


Моделювання деталі «Корпус» виконують відповідно до описаного нижче алгоритму.

Натисніть кнопку «Создать»  на панелі інструментів «Стандартная». З'явиться діалогове вікно «Новый документ SolidWorks». Виберіть параметр «Деталь», потім натисніть кнопку ОК. З'явиться вікно нової деталі.

Далі скористайтесь кнопкою «Повернутая бобышка/основание»  на панелі інструментів «Элементы». У графічній зоні з'являться умовне зображення площин «Спереди», «Сверху» і «Справа», а покажчик миші набуде форми . Виберіть площину «Спереди». Зображення на дисплеї зміниться таким чином, що цю площину буде спрямовано на користувача. Таким чином, у диспетчері команд з'являться функції панелі інструментів «Эскизы», а ескіз відкриється на площині «Спереди». Виберіть команду «Линия»  на панелі інструментів «Эскиз». Перемістіть покажчик миші горизонтально вихідній



• «Диаметр разбуровки на передней стороне»  – розмір, який дорівнює 12 мм;

• «Угол разбуровки на передней стороне»  – значення, що дорівнює 90°.







Потім перейдіть на вкладку «Расположения» діалогового вікна *PropertyManager*. Для розміщення зображення отворів під кріплення на грані деталі, натисніть лівою клавішею миші в потрібному місці, щоб розмітити центри отворів (рис. 96), використовуючи інструменти «Автоматическое нанесение размеров»  і «Взаимосвязь»  («Вдоль X» , «Вдоль Z»  і  «Концентричный») з панелі «Эскиз» (рис. 97). Далі, задавши всі параметри отворів і рівномірно розташувавши їх на грані корпусу, натисніть кнопку *OK* .



Рис. 71

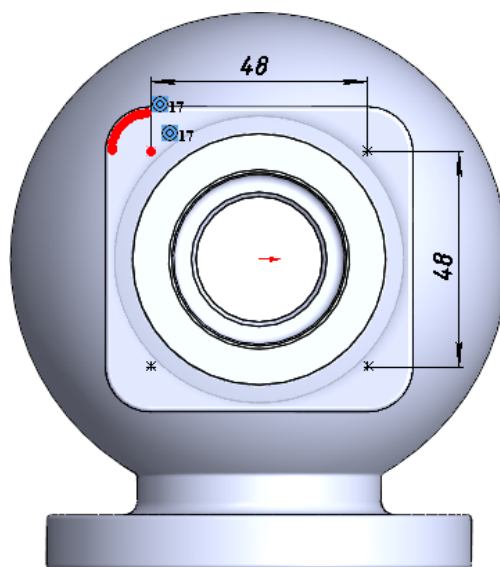



Рис. 72

Натисніть кнопку «Сохранить»  на панелі інструментів «Стандартна». Моделювання деталі «Корпус» завершено (рис. 98).

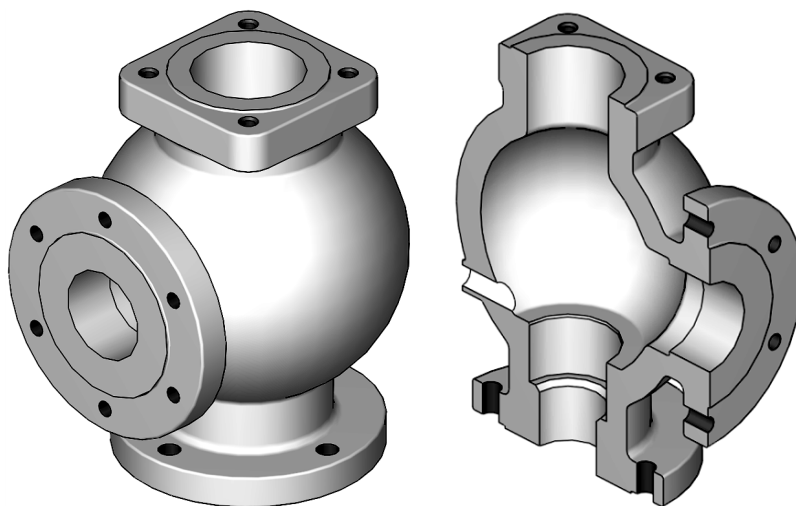


Рис. 73

## 7. ДЕТАЛІ, СТВОРЕНІ З ВИКОРИСТАННЯМ ТВЕРДОГО БАГАТОТІЛЬНОГО ЕЛЕМЕНТА

Виконавши цю вправу, студент придбає наступні знання та навички.

- Використання симетрії в ескізі.
- Використання методу твердого багатотільних елемента.

При формуванні моделі деталі «Маховичок» використовуйте проставлені на рис. 1 розміри.

Щоб ефективно застосувати надані програмою *SolidWorks* засоби параметричного моделювання, використовуйте концепцію (задум проекту), запропоновану на рис. 2, зокре-

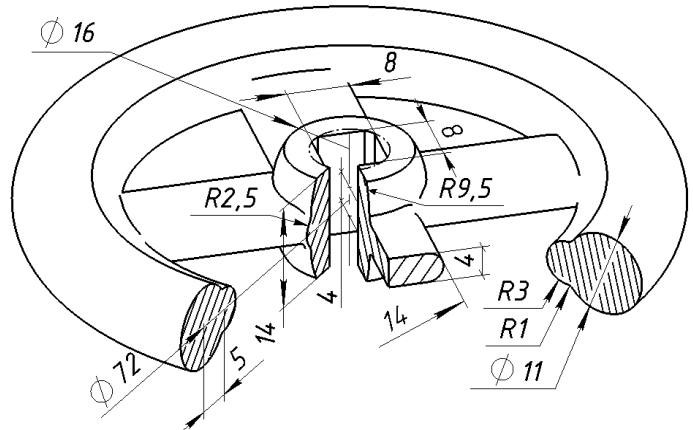












Рис. 1

ма методи «Многоэтажный торт» <sup>1</sup>, «Гончарный круг» <sup>2</sup> і «Производственный» <sup>3</sup> (рис. 2, а). Якщо відобразити концепцію моделювання у вигляді окремих елементів зі списку в дереві конструювання *FeatureManager*, то вона буде виглядати як на рис. 2, б. При цьому зображені елементи виконані із застосуванням методу <sup>2</sup> («Повернуть1»); методу <sup>1</sup> («Вытянуть2», «Круговой массив1») і методу <sup>3</sup> («Вытянуть1»).

Алгоритм побудови моделі деталі «Маховичок» розглянемо нижче.

Натисніть кнопку «Создать»  на панелі інструментів «Стандартная». З'явиться діалогове вікно «Новый документ SolidWorks». Виберіть параметр «Деталь», потім натисніть кнопку ОК. З'явиться вікно нової деталі.

Натисніть кнопку «Повернутая бобышка/основание»  на панелі інструментів «Элементы». З'являться площини «Спереди», «Сверху» і «Справа». Виберіть площину «Спереди» для створення ескізу. За допомогою інструментів «Линия» , «Осевая линия»  та «Автоматическое нанесение размеров»  створіть ескіз, як на рис. 3, а. Добудуйте до нього, використовуючи інструмент «Дуга с указанием центра» , дві дуги (рис. 3, б) і задайте функції «Взаимосвязь»  (передбачає умови «Равенство» = між двома дугами; «Симметричный»  між центрами дуг і горизонтальною осью; «Симметричный»  між вільними кінцями дуг і горизонтальною осью) й «Автоматическое нанесение размеров»  з панелі інструментів

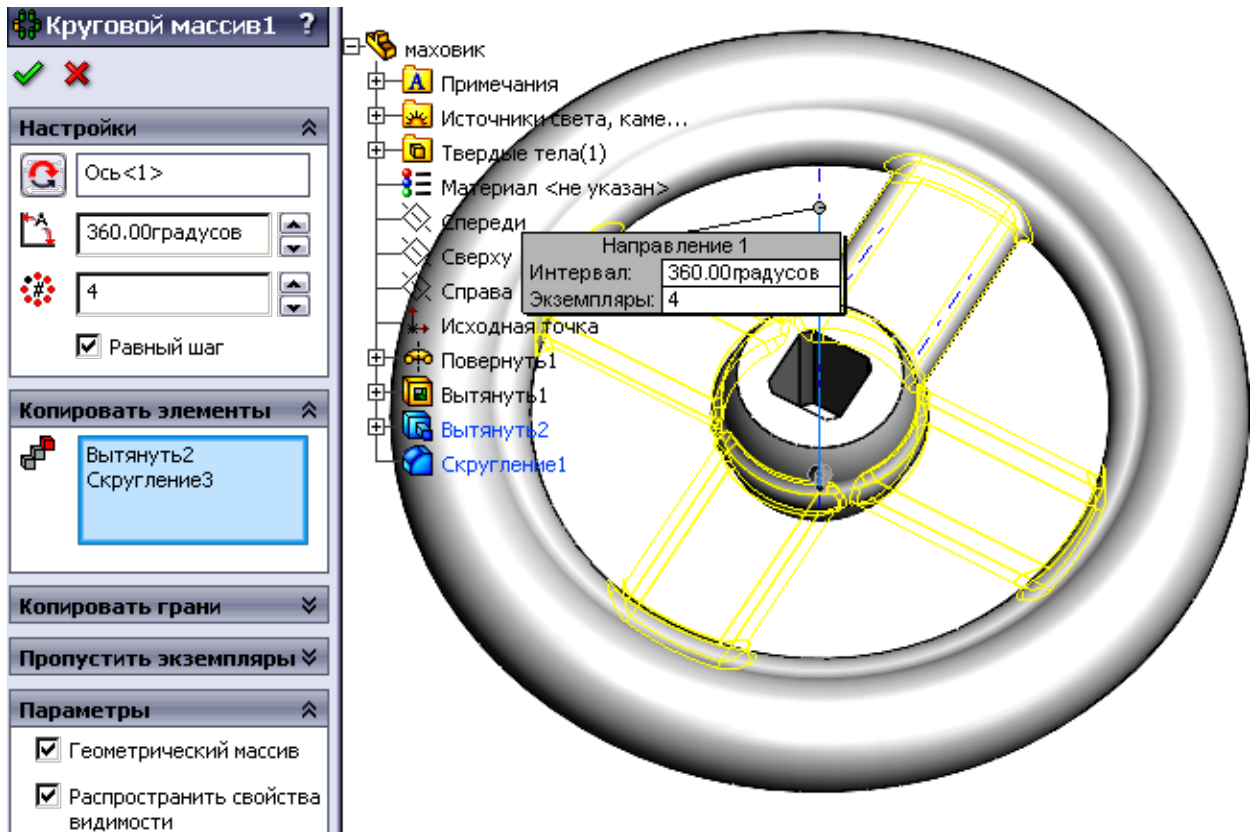





Рис. 15

– Увімкніть параметр «Равный шаг» для розташування об'єкт масиву на рівній відстані один від одного.

– У розділі «Создать массив элементов»  виберіть елементи «Вытянуть2» і «Скругление1» з дерева конструювання *FeatureManager*.

– У вікні групи «Параметры» виберіть опції «Геометрический массив» і «Распространить свойства видимости».

– Натисніть кнопку , щоб закінчити побудову елемента «Круговой массив».

Наприкінці роботи натисніть кнопку «Сохранить»  на панелі інструментів «Стандартная».

Моделювання деталі «Маховичок» завершено (рис. 16).

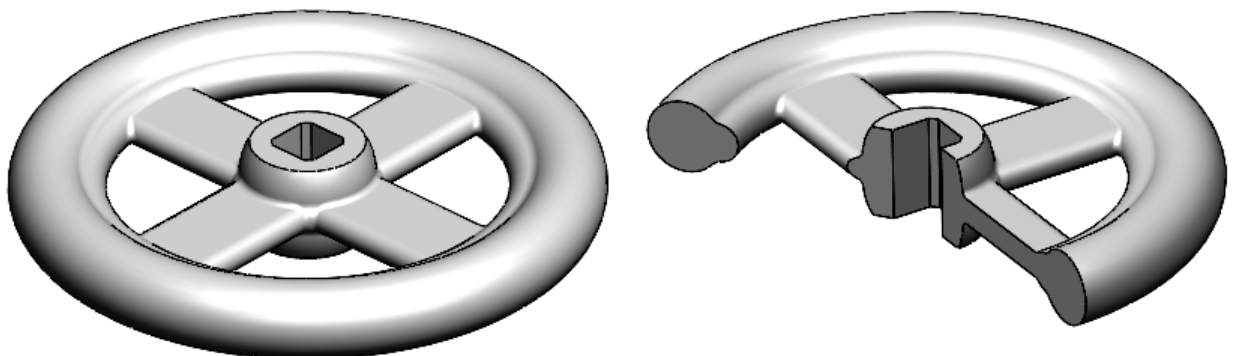


Рис. 16

## 8. РОБОТА З КОНФІГУРАЦІЯМИ ДЕТАЛІ

Виконавши цю вправу, студент придбає наступні знання та навички.

- Розуміння впливу методів моделювання на можливість зміни деталі.
- Застосування всіх доступних засобів редагування деталі та внесення в неї змін.
- Використання конфігурацій для подання різних версій деталі в одному файлі.
- Використання конфігурації елементів для створення та редагування деталей.
- Погашення та висвітлення елементів.
- Зміна значень розмірів у конфігурації.
- Погашення елементів у конфігурації.
- Розуміння різновидів внесення змін до деталі, яка має конфігурації.

У складальній одиниці зворотного клапана застосовуються дві прокладки, які відрізняються внутрішнім і зовнішнім діаметром (рис. 1). Система *SolidWorks* дозволяє створити кілька варіантів моделі деталі або складальної одиниці в одному документі. Для цього використовуйте конфігурації, щоб розробляти моделі різних розмірів, з різним набором компонентів або інших характерних параметрів, а в разі потреби змінювати їх.

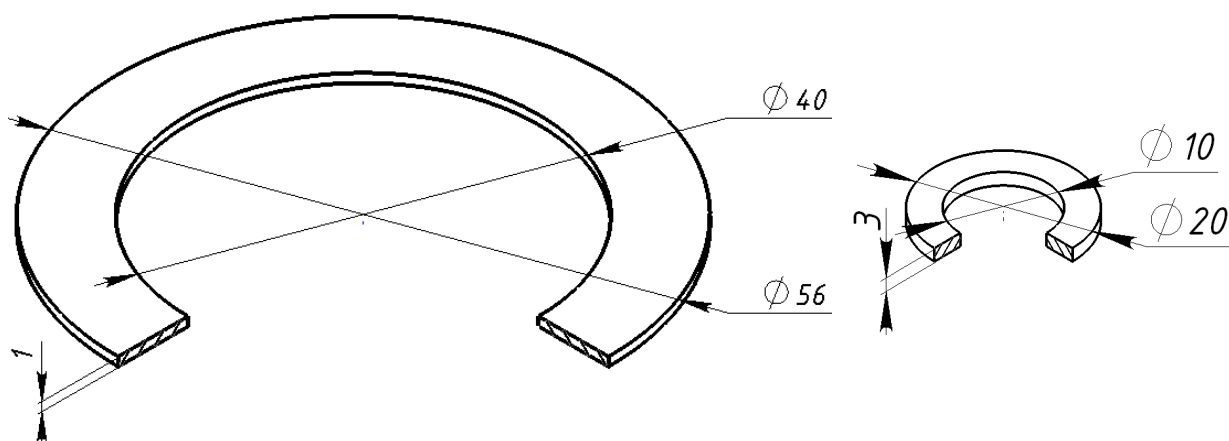


Рис. 1

Моделюючи деталь «Прокладка», використовуйте подані на рис. 1 розміри, а також концепцію моделювання (задум проекту), запропоновану на рис. 2. Зокрема, рекомендується застосування методу «Многоэтажный торт». Відображена у вигляді окремих елементів концепція моделювання згідно зі списком у дереві конструювання *FeatureManager* буде виглядати, як це зображено на рис. 2.

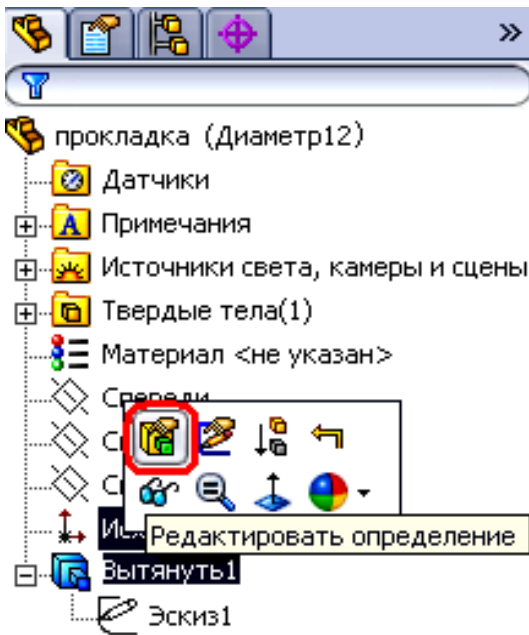


Рис. 11

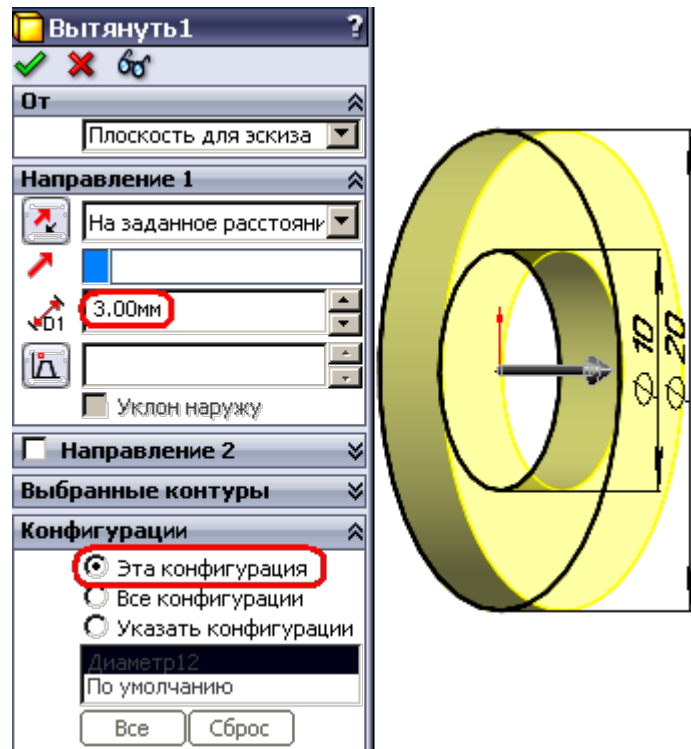





Рис. 12

11. У розділі «Конфігурації» виберіть параметр «*Эта конфигурация*». Натисніть , щоб реалізувати зміну.

Для переходу від однієї конфігурації до іншої, виберіть ярлик *ConfigurationManager*  і двічі натисніть у місці потрібної конфігурації, це або «*Диаметр10*», що відповідає деталі із внутрішнім діаметром прокладки  $\varnothing 10$  мм, або «*По умолчанию*» – деталі із внутрішнім діаметром прокладки  $\varnothing 40$  мм.

Збережіть модель натисканням однойменної кнопки  під іменем «*Прокладка.sldprt*» (панель інструментів «*Стандартна*»). Таким чином, моделювання деталі «*Прокладка*» завершено (рис. 13).

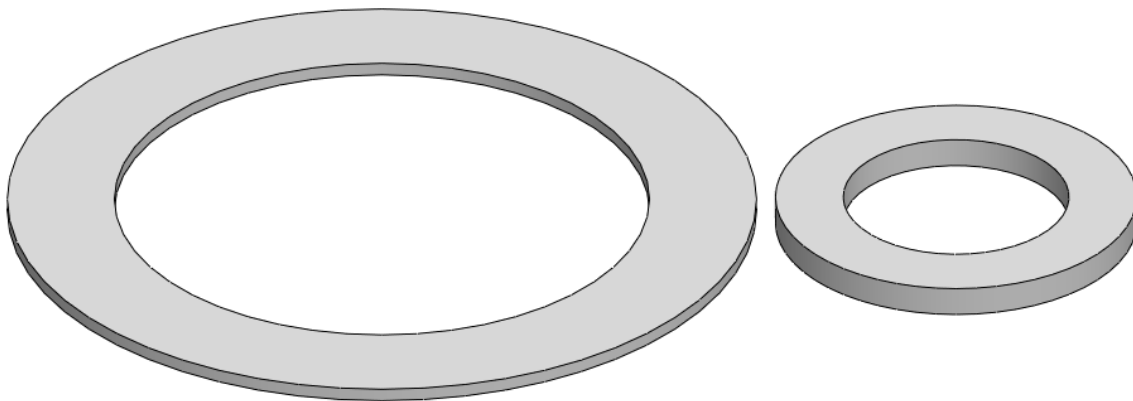


Рис. 13



У складальній одиниці зворотного клапана використовуються дві тарілки, які відрізняються геометричними розмірами і наявністю в одній з них додаткового ступеня отвору (рис. 14). Система *SolidWorks* дозволяє створити кілька варіантів моделі тарілки в одному документі. Для цього застосовуйте конфігурації, щоб розробляти й керувати моделями різних розмірів, компонентів або інших параметрів.

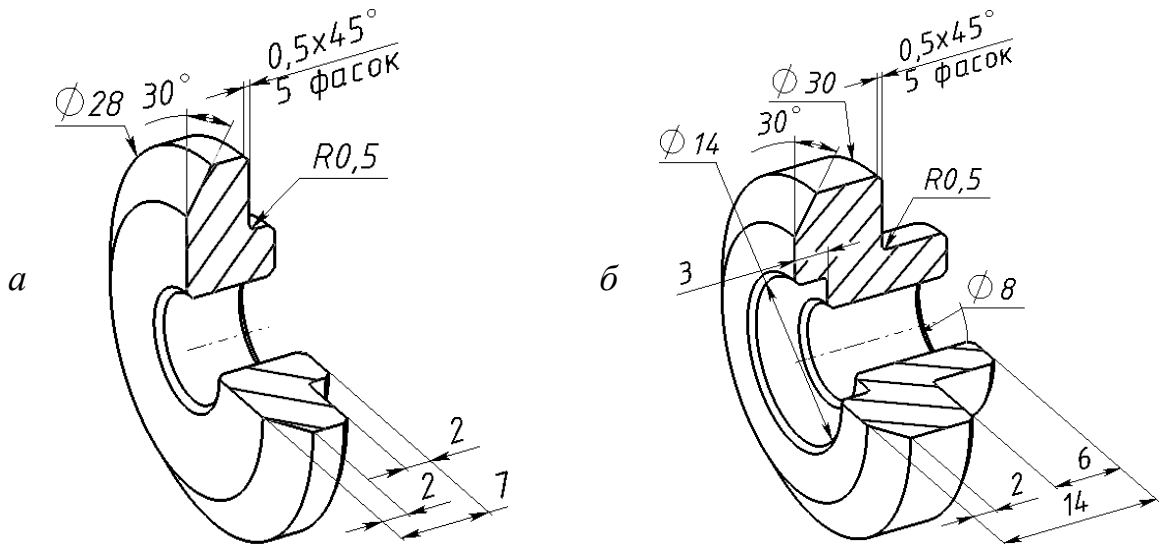









Рис. 14




При моделюванні деталі «Тарелка» використовуйте подані на рис. 14 розміри, а також концепцію моделювання (задум проекту), запропоновану на рис. 15, зокрема методи «Гончарный круг» ② і «Производственный» ③ (рис. 15, а, б). Якщо відобразити концепцію моделювання у вигляді окремих елементів зі списку в дереві конструювання *FeatureManager*, то вона буде виглядати як це зображено на рис. 15, в, г.



Алгоритм побудови моделі деталі «Тарелка» описано нижче.


Натисніть кнопку «Создать»  на панелі інструментів «Стандартная». З'явиться діалогове вікно «Новый документ SolidWorks». Виберіть параметр «Деталь», потім натисніть кнопку ОК. З'явиться вікно нової деталі.

Натисніть кнопку «Повернутая бобышка/основание»  на панелі інструментів «Элементы». З'являться площини «Спереди», «Сверху» і «Справа». Виберіть площину  «Спереди» для створення ескизу. Побудуйте ескіз, застосовуючи інструменти «Линия» , «Осевая линия»  і «Автоматическое нанесение размеров» , відповідно до рис. 16.

Далі натисніть кнопку «Выйти из эскиза»  на панелі інструментів «Эскиз». З'явиться вікно *PropertyManager* «Повернуть» (рис. 17). Застосовуючи групу «Параметры элемента-повернуть», виберіть в ескізі

вікна *PropertyManager* установіть параметр «Угол», а у вікно «Расстояние»  уведіть значення катета 0,5 мм, у вікно «Угол»  – значення 45°. У графічній зоні виберіть кромки, до яких необхідно застосувати фаску (рис. 29). Натисніть кнопку , щоб закінчити побудову елемента.

Натисніть кнопку «Скругление»  на панелі інструментів «Элементы», щоб скруглити кромки деталі. У розділі «Скруглить элементы» вікна *PropertyManager* установіть значення радіуса скруглення, що дорівнює 0,5 мм. У графічній зоні виберіть кромку, до якої необхідно застосувати скруглення (рис. 30). Натисніть кнопку , щоб побудувати елемент.

Натисканням кнопки  збережіть деталь під іменем «Тарелка.sldprt» (панель інструментів «Стандартная»). Отже, моделювання деталі «Тарелка» завершено (рис. 31).

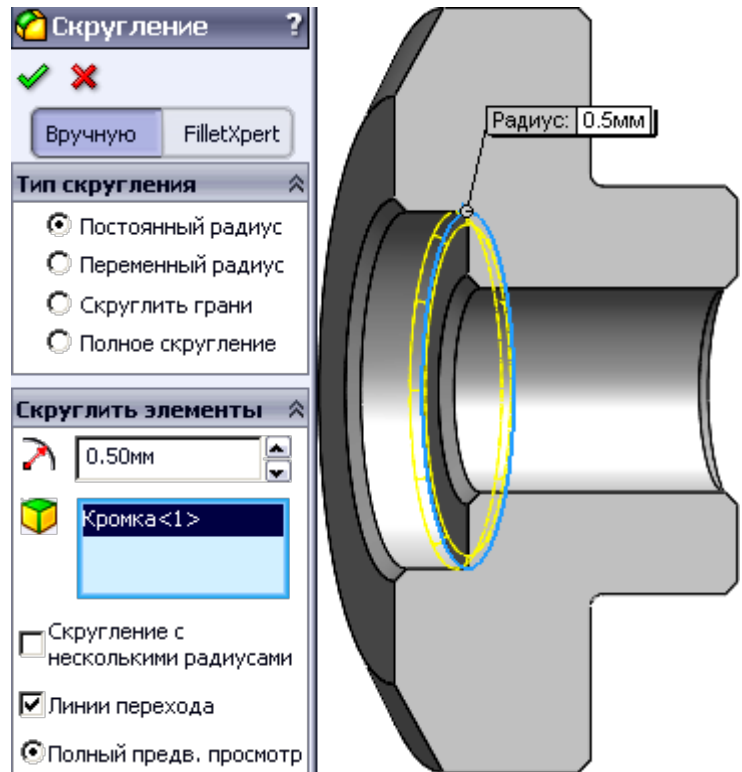


Рис. 30

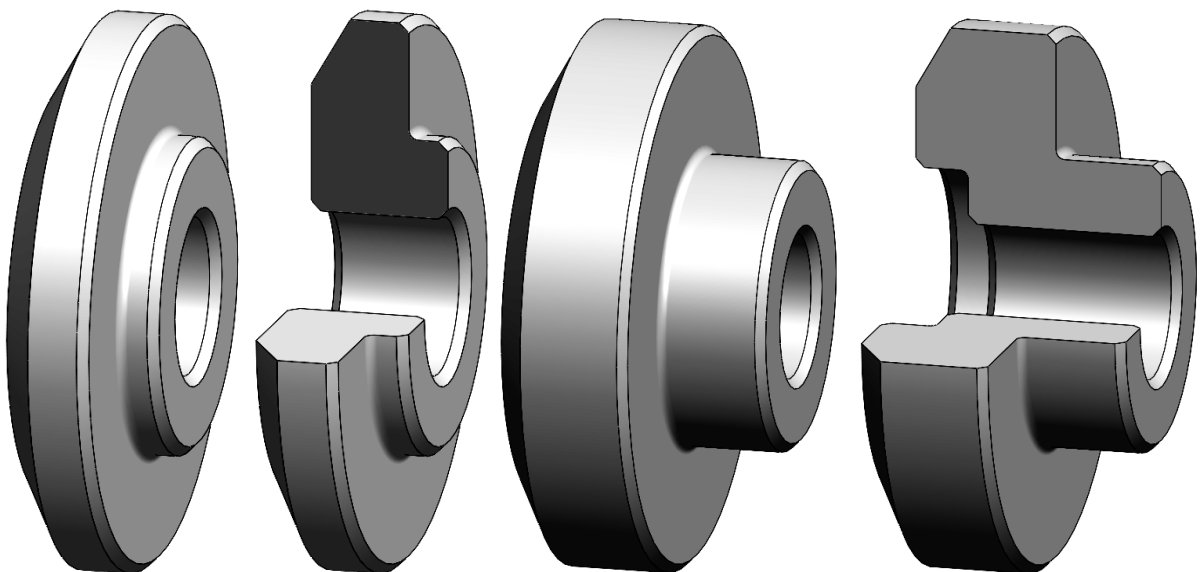


Рис. 31

## 9. МОДЕЛЮВАННЯ ПРУЖИНИ

Виконавши цю вправу, студент придбає наступні знання та навички.

- Використання інструменту «По траєкторії».
- Створення таблиць параметрів.

Створюючи модель деталі «Пружина», необхідно відновити її параметри в складальній одиниці зворотного клапана (рис. 1). Наприклад, у даній конструкції використовується гвинтова циліндрична пружина стиснення. Типи конструкції та параметри пружин наведено в літературі.

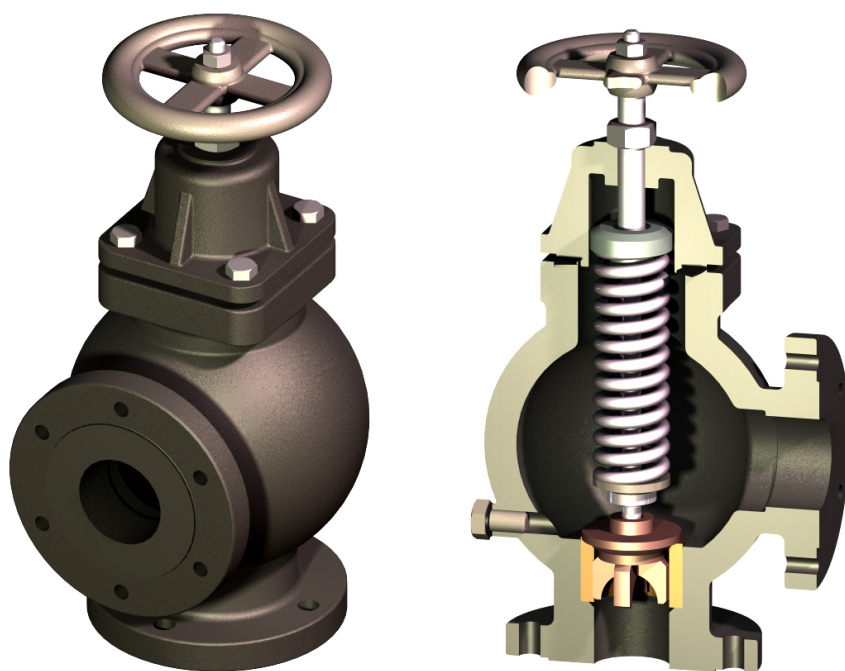


Рис. 1

Пружини прийнято поділяти на класи й розряди (див. табл. 1, 2).

Пружина у зворотному клапані не розрахована на тривалі циклічні навантаження, значить згідно з табл. 1 тут можливо використовувати II або III клас пружини.

Таблиця 1 – Класи пружин

Клас пружини	Вид пружини	Вид навантаження	Витривалість у циклах, не менше	Інерційне співудар витків
I	Стиснення й розтягання	Циклічне	$5 \cdot 10^6$	Відсутнє
II		Циклічне й статичне	$1 \cdot 10^5$	
III	Стиснення	Циклічне	$2 \cdot 10^3$	Може спостерігатися



Довжина пружини у вільному стані

$$L_0 = n \cdot t + 1,5 \cdot t^* - 0,5 \cdot d,$$

де  $t$  – крок робочої частини пружини,

$$t = d + S_3 = 5 + 3,175 = 8,175 \text{ мм};$$

$t^*$  – крок підтиснутої частини пружини, що визначається із такої системи рівнянь:

$$\begin{cases} \xi = \frac{3 \cdot t^*}{4} + \frac{t}{4} \\ \lambda = \xi - d. \end{cases}$$

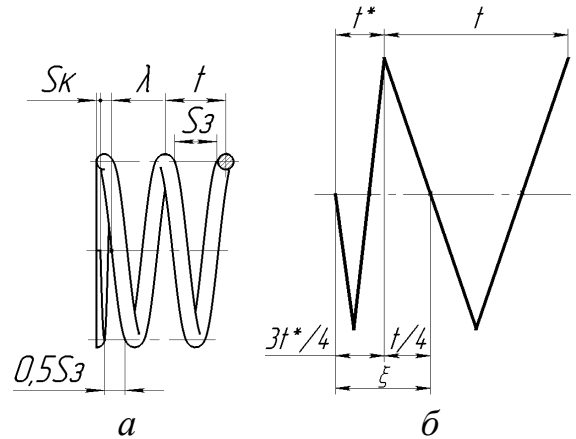


Рис. 3

Тут  $\xi$  – відстань між осями двох крайніх витків (рис. 3, б);

$\lambda$  – зазор між кінцем опорного витка і сусіднім робочим витком,

$$\lambda = \frac{t - d}{4} = \frac{8,175 - 5}{4} = 0,794 \text{ мм};$$

отже,

$$\frac{t - d}{4} = \frac{3 \cdot t^*}{4} + \frac{t}{4} - d \quad \text{або} \quad t^* = d = 5 \text{ мм,} \quad \text{тоді}$$

$$L_0 = 11 \cdot 8,175 + 1,5 \cdot 5 - 0,5 \cdot 5 = 94,925 \text{ мм.}$$

Приймаємо, що  $L_0 = 95$  мм.

Довжина пружини в навантаженому стані має такі значення:  $L_1, L_2$  і  $L_3$ . З конструкції та складального креслення визначаємо, що  $L_1 = 85$  мм, а  $L_2 = 78$  мм. Мінімальну довжину пружини  $L_3$  обчисліть за такою формулою:

$$L_3 = L_{c3} + d,$$

де  $L_{c3}$  – мінімально можлива довжина робочої частини пружини.

Таким чином:

$$L_{c3} = d \cdot n = 5 \cdot 11 = 55 \text{ мм},$$

тоді  $L_3 = 55 + 5 = 60$  мм.

Можлива довжина робочої частини пружини в навантаженому стані

$$L_{ci} = L_i - d;$$


зокрема:

$$L_{c0} = 95 - 5 = 90 \text{ мм};$$

$$L_{c1} = 85 - 5 = 80 \text{ мм};$$

$$L_{c2} = 78 - 5 = 73 \text{ мм}.$$

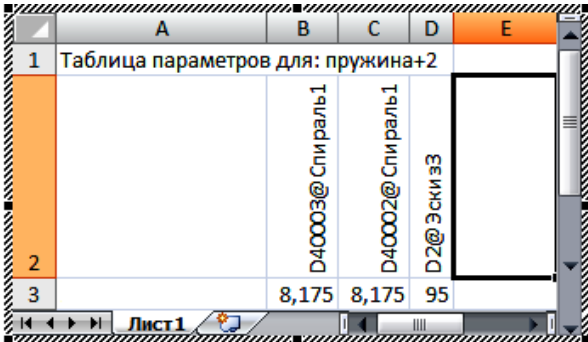
• у розділі «*Параметры*» зніміть прапорець «*Новые параметры*» і «*Новые конфигурации*».

4. Натисніть кнопку . З'явиться вікно «*Размеры*». Натисніть кнопку *OK*. Після цього відкриється таблиця *Excel* у вікні документа деталі. Панелі інструментів *SolidWorks* замінюються на панелі інструментів *Excel*. За умовчужанням заголовок стовпця клітини *B2* є активним (рис. 30).

5. Виберіть значення розміру для елемента «*Вырез-Вытянуть1*», що дорівнює 95 мм, у графічній зоні подвійним натисканням лівої кнопки миші. Назва розміру вставляється в клітину *B2*, а значення розміру – в клітину *B3*. Заголовок клітини *C2* суміжного стовпця активізується автоматично. Щоб вставити решту імен, і значення розмірів у таблицю, виберіть усі потрібні символи і числа із графічної зони, зокрема, величину кроку робочої частини пружини «*P8,175*» (рис. 39).

6. Перейдіть у клітину *A3* і позначте назви рядків (в клітинах *A3:A5*) «*Длина 95*», «*Длина 85*», «*Длина 78*». Це й будуть назви щойно створених конфігурацій.

Уведіть значення розмірів: в клітинах *D4:D5* – довжину пружини: 85 і 78; у клітинах *B4:B5* і *C4:C5* – крок робочої частини пружини:  $t_i = (L_{ci}/n)$ , що відповідає величинам 7,273 і 6,636 (рис. 40). Тепер розташування даних в електронній таблиці має відповідати рис. 40.



	A	B	C	D	E
1	Таблица параметров для: пружина+2				
2		D40003@Спираль1	D40002@Спираль1	D2@Эскиз3	
3		8,175	8,175	95	

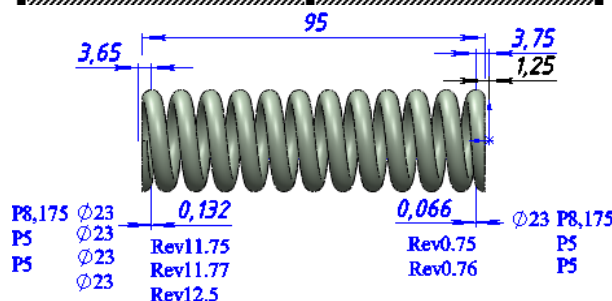
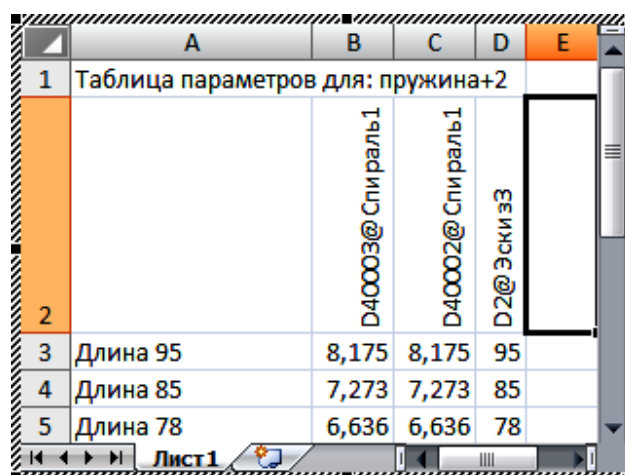


Рис. 39



	A	B	C	D	E
1	Таблица параметров для: пружина+2				
2		D40003@Спираль1	D40002@Спираль1	D2@Эскиз3	
3	Длина 95	8,175	8,175	95	
4	Длина 85	7,273	7,273	85	
5	Длина 78	6,636	6,636	78	

Рис. 40


7. Натисніть лівою клавішею миші в будь-якому місці графічної зони за межами таблиці, і вона закриється. При цьому з'явиться повідомлення, у якому показано нові конфігурації, створені таблицею параметрів (рис. 33). Натисніть


кнопку *OK*, щоб закрити діалогове вікно.


Таблиця параметрів зберігається в документі деталі у вигляді вбудованого елемента.

Збережіть зображену деталь.

Тепер перегляньте всі конфігурації, згенеровані таблицею.

Натисніть правою кнопкою миші в місці папки «Примечания»  дерева конструювання *FeatureManager* і відмініть вибір параметра біля опції «Отобразить размеры элемента». У такий спосіб всі розміри будуть приховані.

Натисніть лівою кнопкою миші на ярлик *ConfigurationManager*  у верхній частині дерева конструювання *FeatureManager*, що викличе появу списку конфігурацій. Двічі клацніть лівою кнопкою миші в місці імені кожної конфігурації, при відображенні якої деталь перебудовується щоразу, відповідно до розмірів обраної конфігурації (рис. 41 а, б, в).

Натисніть кнопку «Сохранить»  на панелі інструментів «Стандартная».

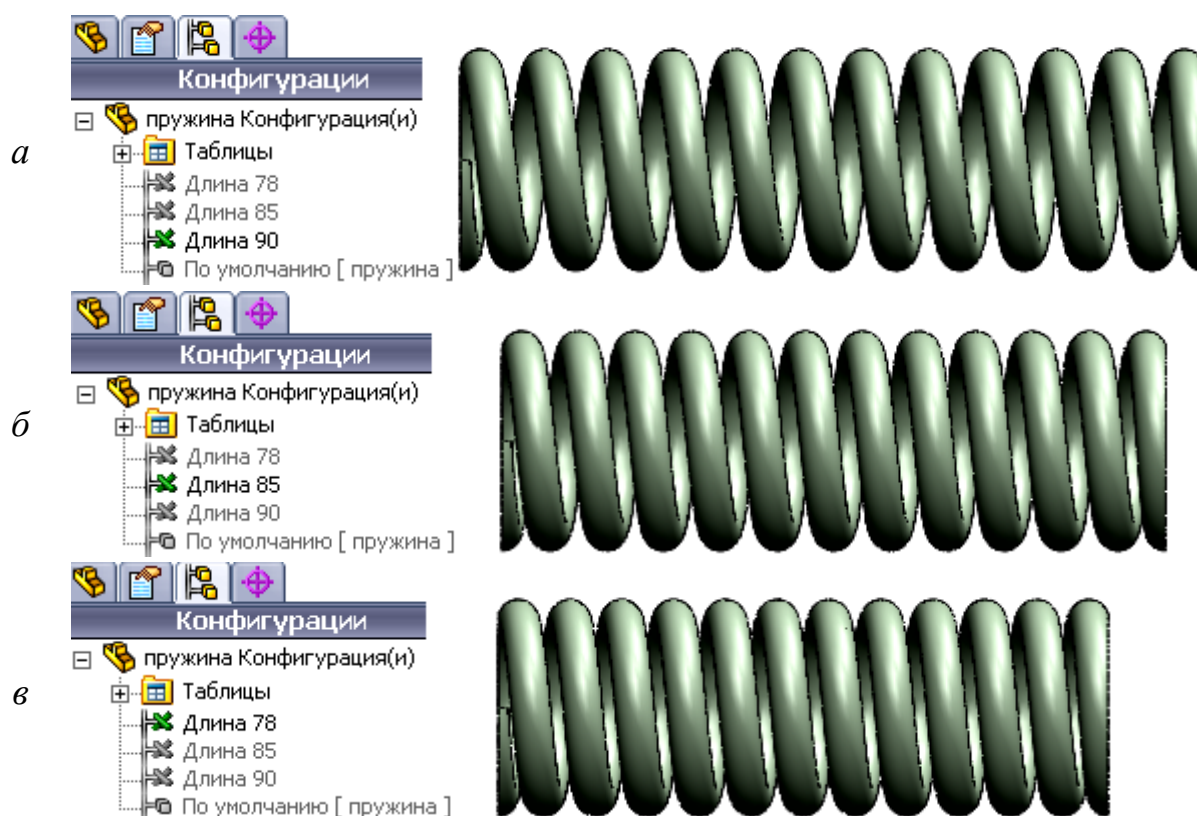


Рис. 41

Моделювання деталі «Пружина» завершено (рис. 42).

## 10. ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДАННИХ ОДИНИЦЬ

Виконавши цю вправу, студент придбає наступні знання та навички.

- Створення нової складаної одиниці.
- Додавання компонентів в складень.
- Додавання сполучень між компонентами.
- Використання конфігурацій деталей в складанній одиниці

Система *SolidWorks* дозволяє створювати моделі складальних одиниць із великої кількості різних компонентів. Компонентами кожної одиниці є окремі деталі або інші більш дрібні одиниці, які ще називаються «вузлами складання». Усі складальні одиниці мають розширення *sldasm*.

У програмі *SolidWorks* можна виконати складання двох типів:

– Складання «*Снизу вверху*» являє собою конструкцію, скомпоновану з готових деталей. Для її побудови деталі мають бути заздалегідь спроектовані та збережені в окремих файлах. Конструкція або вузол компонується із цих деталей аналогічно реальній складальній одиниці. Орієнтація й розташування деталей кожного компонента одиниці виконується за допомогою інструмента «*Сопряжение*», що встановлює взаємозв'язок між цими компонентами. За допомогою різних спряжень з'єднують грані та кромки деталей компонента із площинами, гранями і кромками інших компонентів складальної одиниці.

– У разі застосування типу складання «*Сверху вниз*» спочатку створюється компонувальний ескіз одиниці, а на його основі будуються окремі деталі. Ці деталі відразу вбудовуються в загальну складальну одиницю. Цей тип складання зручний тим, що при зміні компонувального ескизу автоматично змінюються розміри та конфігурації деталей складальної одиниці, які входять у неї.

Процес моделювання складальних одиниць відбувається відповідно до таких ключових етапів:

1. *Створення нової одиниці*. Це відбувається створюються за допомогою тих самих методів, що й моделювання нових деталей.

2. *Додавання першого компонента*. Компоненти можна додавати кількома способами. Їх можна переміщати з вікна відкритої деталі або відкрити їх у стандартному браузері.

3. *Визначення положення першого компонента*. Початковий компонент, який додається в складальну одиницю, автоматично фіксується. Інші компоненти розміщуються після їхнього додавання.

4. Застосування *дерева конструювання FeatureManager* і позначень. Дерево має у своєму розпорядженні велику кількість позначень, префіксів і

суфіксів, що надають відомості про складальну одиницю її компонентах.

5. Створення вузлів складальної одиниці, що можуть бути вставлені в неї в процесі складання як компоненти.

Застосовуючи відомості про можливості моделювання в системі *SolidWorks* створити модель складальної одиниці зворотного клапана з використанням існуючих компонентів (тип складання «Снизу вверх»). Модель створюється з кількох деталей, як це показано на рис. 1. Деталі позначено в такий спосіб: 1 – корпус; 2 – втулка; 3 – пробка; 4 – прокладка; 5 – клапан; 6 – тарілка; 7 – пружина; 8 – шток; 9 – прокладка; 10 – тарілка; 11 – болт; 12 – шайба; 13 – кришка; 14 – гайка; 15 – маховик; 16 – гайка; 17 – гвинт.

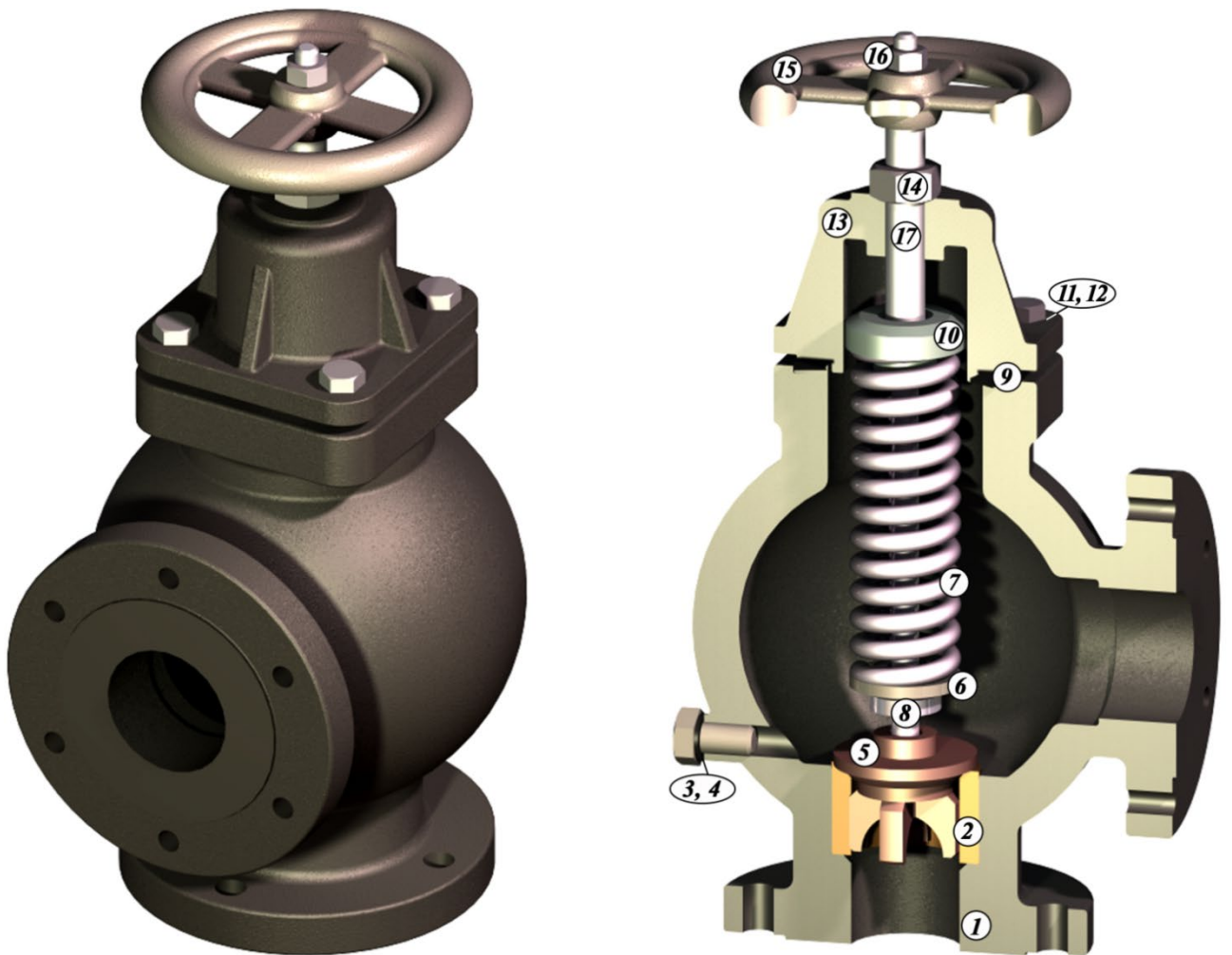



Рис. 1

Алгоритм побудови складальної одиниці «Обратный клапан» описано нижче.

Натисніть кнопку «Создать»  на панелі інструментів «Стандартная», що викличе появу діалогового вікна «Новый документ *SolidWorks*». Виберіть параметр «Сборка», потім натисніть кнопку ОК. Після



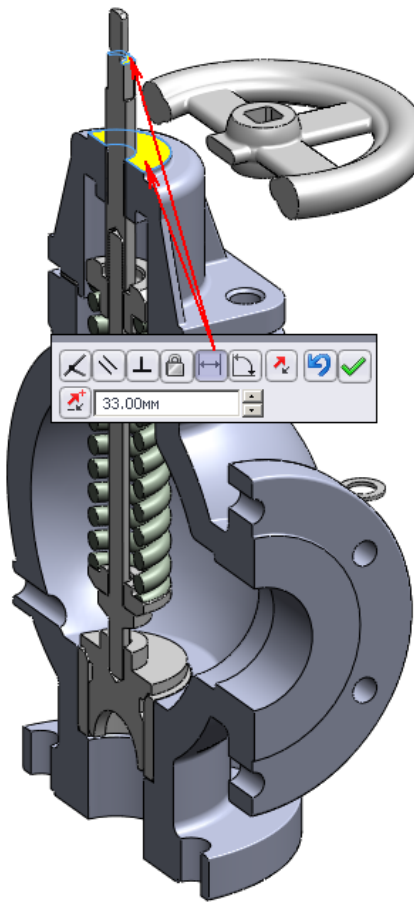


Рис. 28

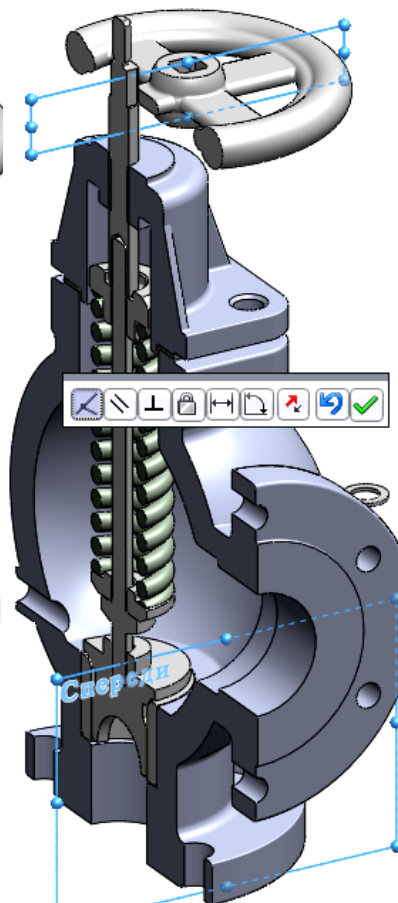


Рис. 29

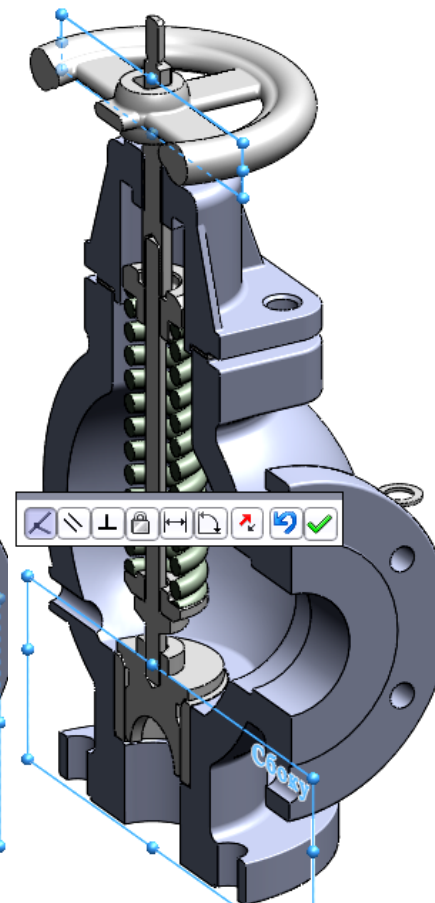


Рис. 30

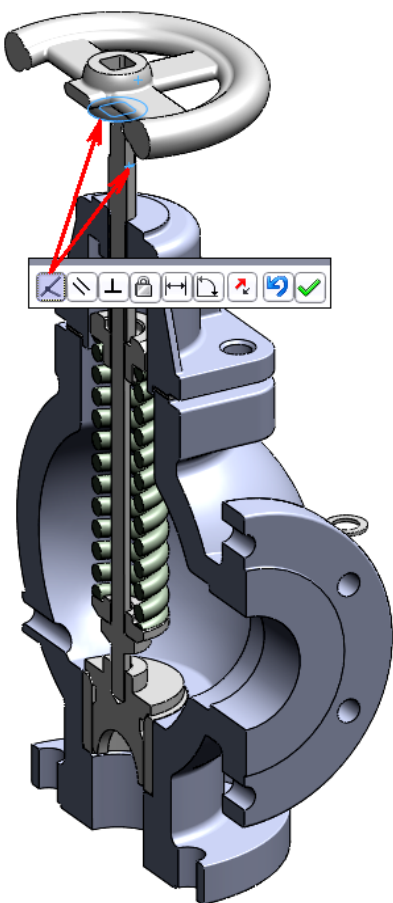


Рис. 31

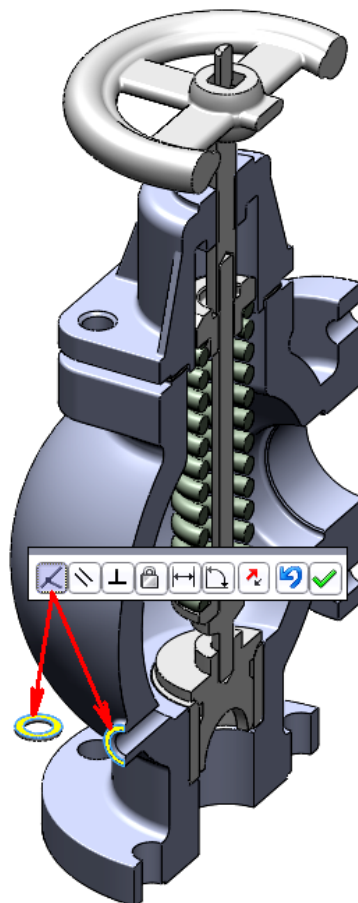


Рис. 32

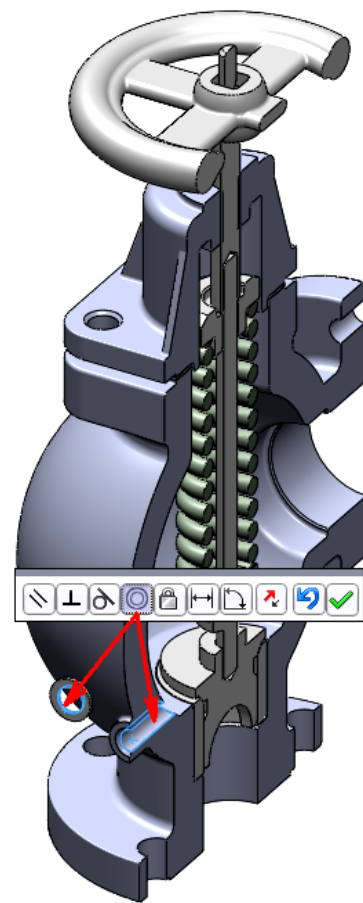


Рис. 33

- Запустіть вікно «Проводник Windows».
- Перейдіть у папку «Обратный клапан».
- Натисніть лівою кнопкою миші в місці компонента «Пробка» і перемістіть його в графічну зону (рис. 34). Рекомендується їх розмістити, як це показано на рис. 34.

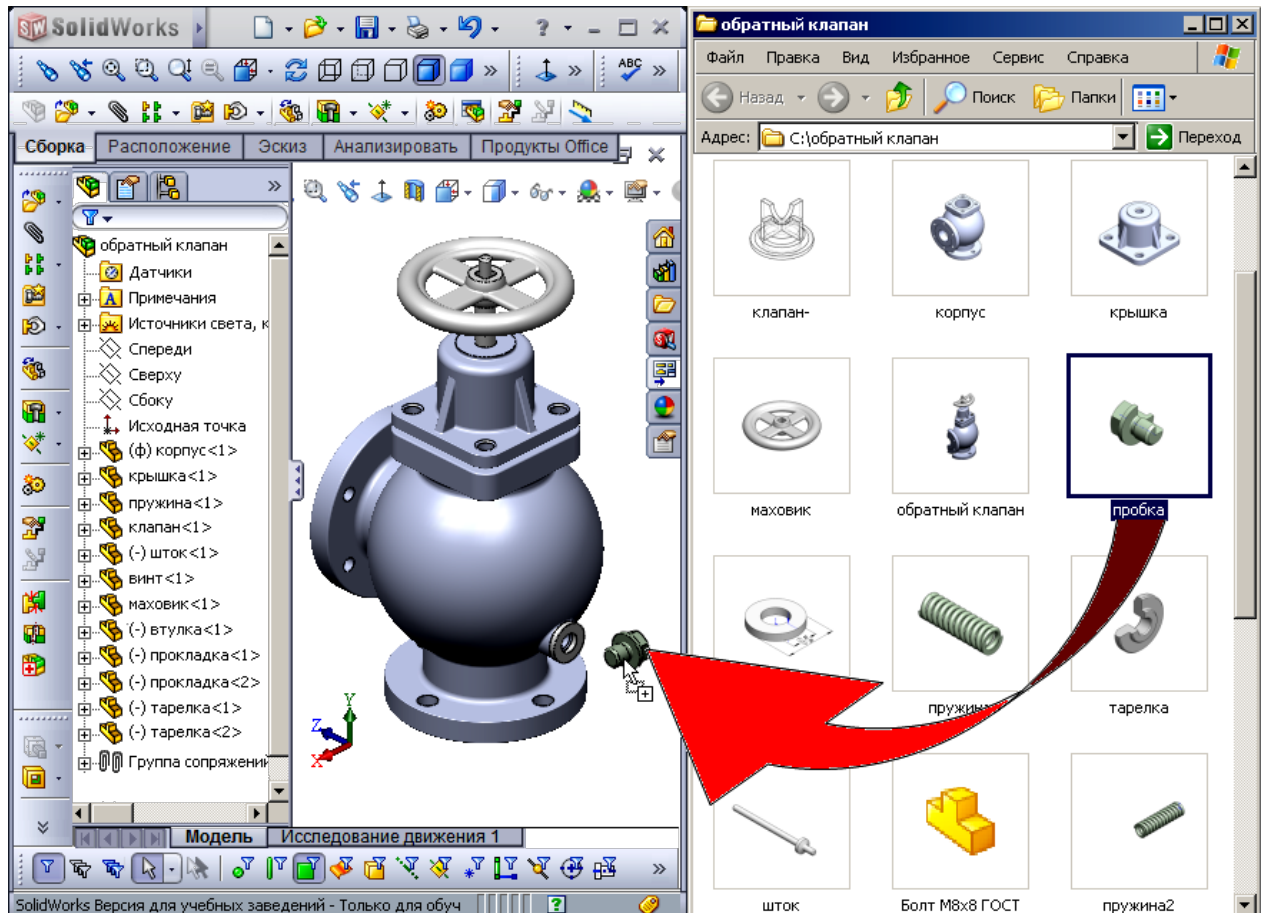


Рис. 34



Виконайте спряження між деталями «Пробка» і «Прокладка» в такий спосіб:


1. Між плоскою гранню деталі «Прокладка» і нижньою гранню фланця елемента «Пробка» використовуйте тип спряження «Совпадение» (рис. 35).

2. Між циліндричними гранями компонентів «Прокладка» і «Пробка» – тип спряження «Концентричность» (рис. 36).

3. Між площиною «Сбоку» складальної одиниці й площиною «Спереди» деталі «Пробка» – тип спряження «Параллельность» (рис. 37).

Таким чином, усі створені зображення деталей вставлено в складальну одиницю та спряжено одна з одною (рис. 38). Лишилося додати стандартні кріпильні деталі, що й робиться за допомогою програми *SolidWorks Toolbox*.

19. Натисніть лівою кнопкою миші на ярлик *ConfigurationManager* , а потім правою кнопкою в місці назви моделі складальної одиниці й виберіть команду «Добавить конфигурацию» .

20. Потім уведіть назву «Закрытый клапан» у поле «Имя конфигурации» і натисніть кнопку .

21. Змініть конфігурацію пружини в складальній одиниці введенням параметра «Длина 85», унаслідок чого модель перебудовується з урахуванням зміни розмірів для обраної конфігурації деталі «Пружина».

На завершення перегляньте всі конфігурації, згенеровані в моделі складальної одиниці «Обратный клапан» (рис. 59).

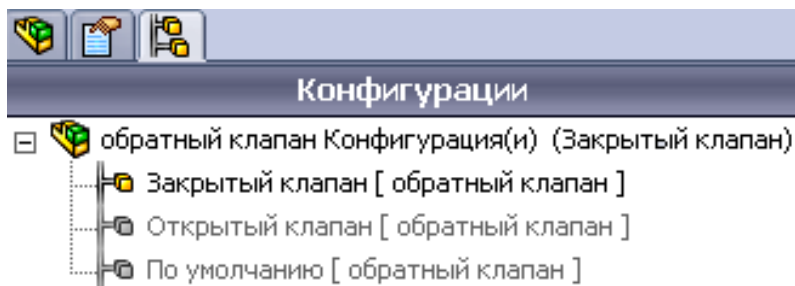



Рис. 59

Збережіть побудову, скориставшись кнопкою . Моделювання складальної одиниці «Обратный клапан» завершено (рис. 60).

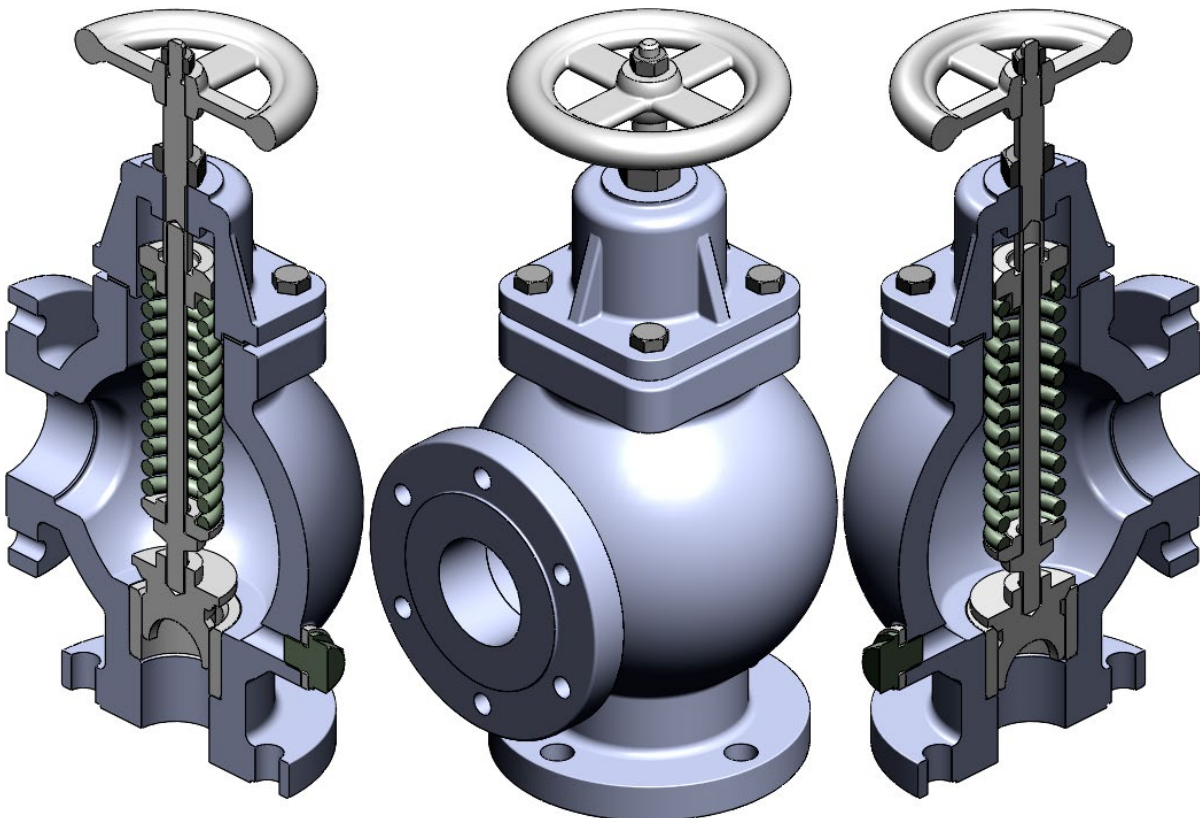


Рис. 60



Укладачі

Костянтин Сергійович **Заболотний**

Олена Володимирівна **Панченко**

**МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ МАШИН**  
**Методичні рекомендації до самостійної роботи студентів спеціальності**  
**133 Галузеве машинобудування**

Редактор О.Н. Ільченко

Підписано до видання 02.09.2019

Електронний ресурс. Авт. арк. 5,0

Підготовлено до виходу в світ  
у Національному технічному університеті  
«Дніпровська політехніка».

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842 49005,  
м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19