МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

До виконання індивідуального домашнього завдвння з дисципліни «CAD-CAE системи для ПТДБМ машин» для студентів спеціальності G11 "Машинобудування", освітня програма G11.05 "Транспортні засоби" / "Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання" усіх форм навчання

2026

Методичні вказівки до виконання індивідуального домашнього завдвння з курсу «CAD-CAE системи для ПТДБМ машин» для студентів спеціальності G11 "Машинобудування", освітня програма G11.05 "Транспортні засоби"/ «Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання» усіх форм навчання / Укл.: Д.С. Козак, - Запоріжжя: НУЗП, 2026. - 21 с.

Укладачі: Д.С. Козак, старш.викл.,

Рецензент: М.В. Сидоренко, доцент.

Відповідальний
за випуск: Д.С.. Козак, старш. викл.

Затверджено
на засіданні кафедри
„Деталі машин і ПТМ”
Протокол № 9
Від 03. 06. 2026 р.

Рекомендовано
до видання
НМК М-факультета
Протокол № 9
Від «09» 06 2026 р.

ЗМІСТ

1 Вступ…….. 4
2 Приклад виконання ІДЗ…… 5
3 Варіанти індивідуальних завдань …… 13
4 Література…… 21

1 ВСТУП

В рамках виконання ІДЗ з курсу «CAD-CAE системи для ПТДБМ машин» необхідно для свого варіанту завдання створити тривимірну модель деталі типу «Фланець» та провести її розрахунок на статичну міцність. За результатами розрахунків необхідно оформити звіт. Звіт з РГЗ та файли (модель та розрахунки) необхідно відіслати викладачу на електронну пошту, або принести на електронному носії згідно календарного плану здачі РГЗ.

Побудова тривимірних моделей та їх розрахунок виконується в системі SolidWorks. Процес побудови твердотільних моделей викладався на попередніх курсах: «Основи конструювання в CAD системах», «Автоматизоване проектування вузлів ПТБДМ». Розрахунки на статичну міцність детально розглянуті в методичних вказівках до виконання лабораторних робіт з курсу «Основи конструювання в CAD системах».

В представленому далі прикладі виконання ІДЗ процес побудови моделі та проведення розрахунків представлено без значної деталізації.

2 ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ІДЗ

Приклад показано для варіанту завдання № 1.1.

- Створіть нову деталь, вибравши в меню «Файл» пункт «Створити» і в вікні «Новий документ» виберіть «Деталь».
- У вікні дерева конструювання виберіть площину «Передня».
- Створіть новий ескіз, натиснувши кнопку «Ескіз» на панелі інструментів «Ескіз».
- Намалюйте наближено контур перерізу вашої деталі (приклад для варіанту 1.1 показано на рис. 1).

На рисунку вказані автоматично створювані взаємозв'язки. Перевірити їх наявність для виділеного примітиву (вершини, лінії, тощо) можна за допомогою вкладки «Властивості» дерева конструювання.

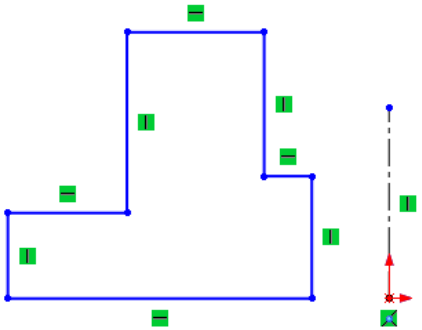


Рисунок 1 – Чорновий ескіз з автоматичними взаємозв'язками

- Задайте розміри для даного ескізу (відповідно до свого варіанту завдання). Рекомендується використовувати інструмент «Автоматическое нанесение размеров».
- Двічі клацнувши на відповідний розмір, можна перейти до його властивостей, а також змінити ім'я розміру. Імена розмірів повинні бути укладені в лапки і виглядати наступним чином: «ім’я_розміру @ ім’я_елемента» або «ім’я_розміра @ ім’я_ескіза» (якщо ім'я розміру вводиться шляхом вибору його в графічній області, лапки вставлятимуться автоматично).

У процесі проектування зручно задавати зв'язки між декількома розмірами, щоб при зміні одного (основного) розміру одночасно

змінювалися всі пов'язані з ним параметри. Для цього можна використати параметризацію ескізу. Наприклад, параметризований вал може автоматично змінювати діаметр при збільшенні довжини.

Всі залежності формуються в діалоговому вікні «Рівняння», яке можна викликати двома способами: з меню «Інструменти / Рівняння» або піктограмою ∑ на панелі «Інструменти». Якщо в проект добавлено хоча б одне рівняння, то доступ до діалогу «Рівняння» можливий безпосередньо з дерева побудови, через об'єкт «Рівняння».

Назви функції або аргументів вводиться з клавіатури, або автоматично, шляхом виділення мишкою відповідного розміру в графічній області.

Необхідно задати рівняння відношень параметрів для даного ескізу (рис. 2) відповідно до умов варіантів.

Тепер при зміні основного параметра ви побачите, що всі пов'язані з ним параметри змінилися.

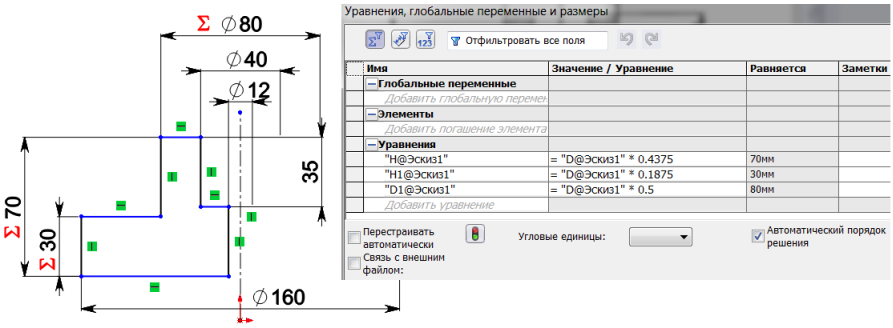


Рисунок 2 – Параметризація розмірів з використанням рівнянь

Далі за ескізом створюється твердотільна модель:

- Вийдіть з ескізу.
- Використовуйте інструмент «Елементи / Повернута бобишка / Основа».
- У вікні властивостей дерева конструювання встановіть вісь симетрії і напрямок повороту (рис. 3). Таким чином, ми отримаємо тривимірну твердотільну модель.

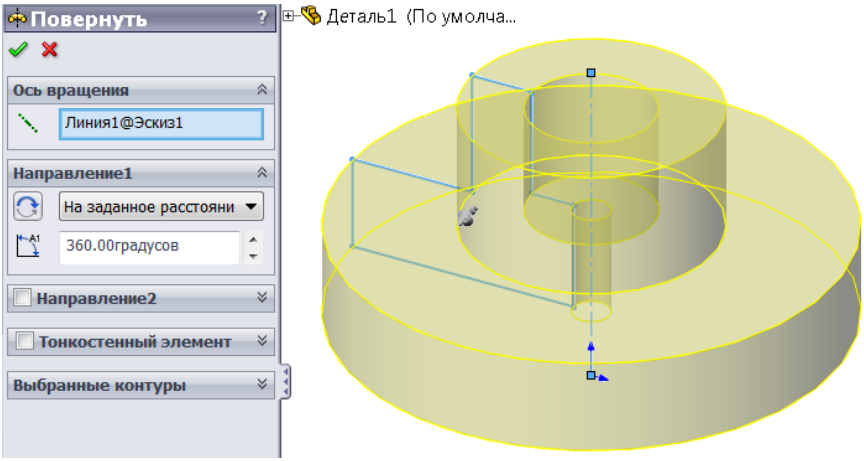


Рисунок 3 – Вікно властивостей дерева конструювання

Далі доповніть модель конструктивними елементами (отворами), використовуючи елементи «Витягнутий виріз» і «Круговий массив». Після цього ви повинні отримати остаточну модель деталі (рис. 4).

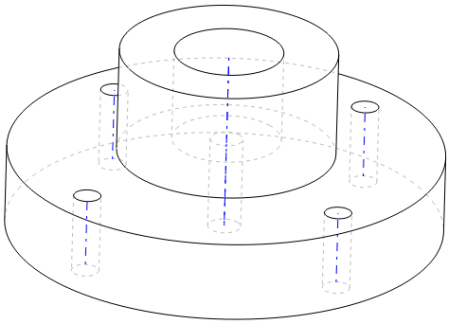


Рисунок 4 – Тривимірна модель деталі

Перейдемо до розрахунку моделі.

На внутрішню циліндричну поверхню моделі діє обертаючий момент величиною 10000 Н·м. Деталь жорстко закріплена у фланцевої частини за допомогою 4-х кріпильних елементів. Відповідно до вказаних умов, зробимо статичний розрахунок на міцність.

Система вимагає задати матеріал, з якого передбачається виконати деталь типу «Фланець». У даному випадку вибираємо «Проста вуглецева сталь» (рис. 5). Вказаний матеріал можна приблизно

вважати аналогом Ст3 за ГОСТ 1050-88. Для більш точного завдання властивостей матеріалу моделі необхідно ввести необхідну сталь в бібліотеку матеріалів *SolidWorks*.

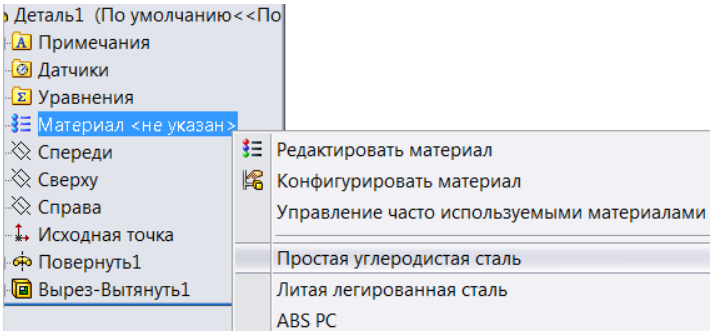


Рисунок 5 – Завдання матеріалу деталі

Тепер треба вибрати вкладку «Simulation», попередньо активуйте її в закладці «Продукти Office» у верхній частині екрану. У вкладці «Simulation» обираємо «Нове Дослідження», де обираємо пункт «Статичне».

Щоб задати закріплення моделі активуємо меню «Кріплення». У даній вправі треба вибрати тип «Зафіксований шарнір» для циліндричних граней чотирьох отворів, що буде імітувати використання чистових болтів. Кромки отворів фіксуємо у вертикальному напрямі, що буде імітувати наявність головки болта та основи. Вказуємо умови закріплення (рис. 6, 7).

Наступним етапом підготовки моделі є завдання навантажень. Для цього активізуємо панель навантажень за допомогою вкладки «Simulation / Зовнішні навантаження».

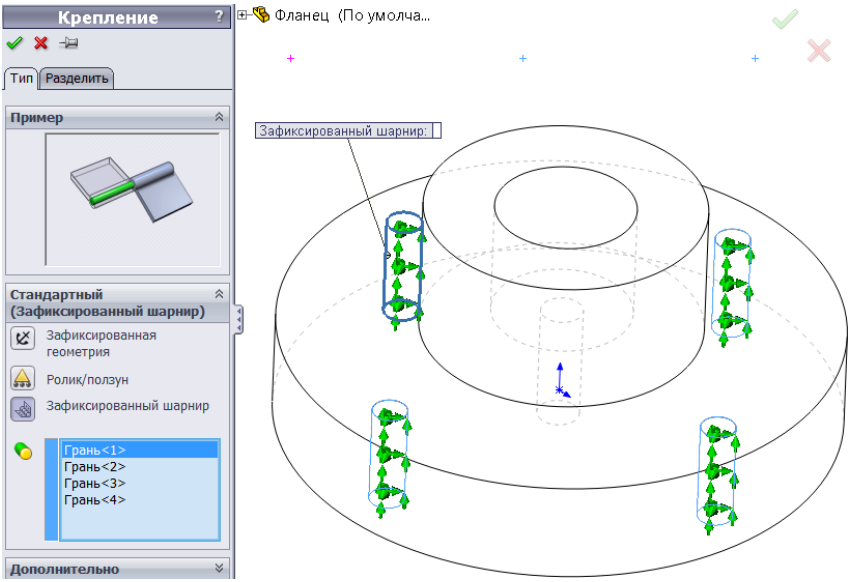


Рисунок 6 – Умова закріплення граней отворів

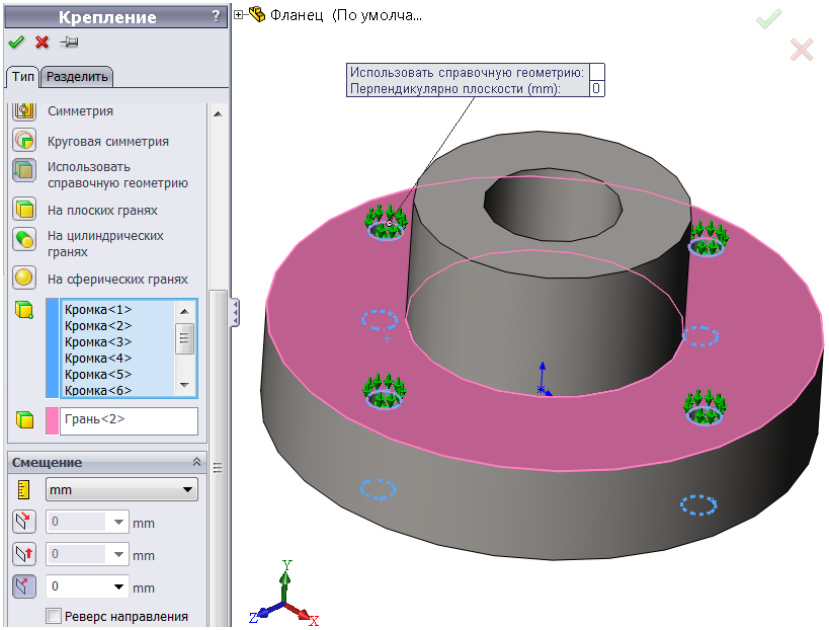


Рисунок 7 – Умова закріплення кромок отворів

В результаті випаде меню «Навантаження», обираємо вкладку «Обертовий момент». При виборі типу навантаження «Сила» можливі два варіанти навантажень (сила і момент). Виберемо тип «Обертовий момент». У вкладці «Сила / обертовий момент» введемо значення, задане за умовою: 10000 Нм. Після цього виберемо внутрішню циліндричну поверхню деталі. У якості направляючої можна вибрати іншу циліндричну поверхню (рис. 8).

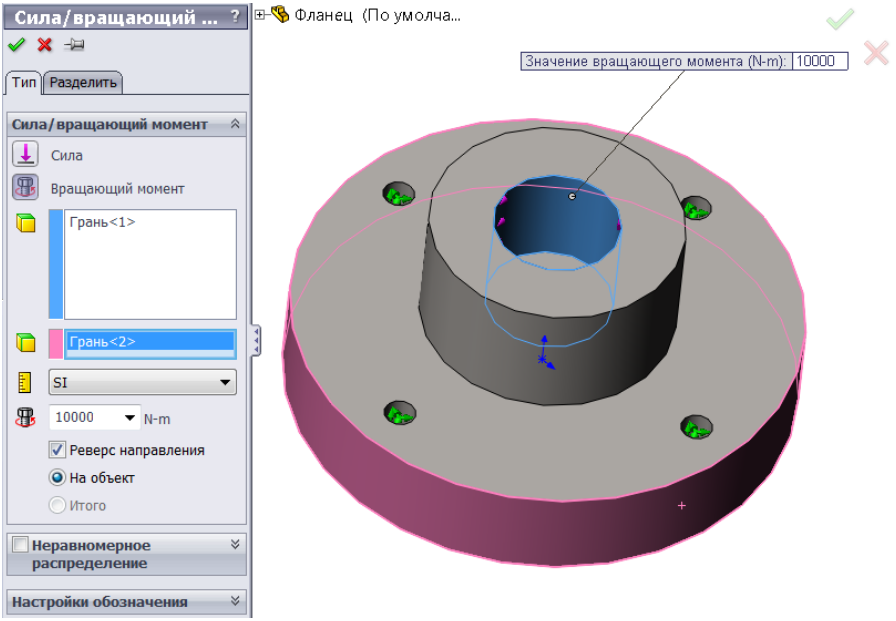


Рисунок 8 – Вікно програми при завданні обертального моменту

Збережіть зміни в дослідженні і закрийте режим редагування. Модель готова до операції розбиття на кінцеві елементи.

Для генерації сітки кінцевих елементів необхідно скористатися вкладкою «Сітка / Створити сітку» в дереві побудови.

Встановіть розмір найбільшого елемента – 5 мм («Глобальний розмір»). Через те, що більшість поверхонь циліндрична, оптимальною буде сітка з криволінійних елементів «Сетка на основе кривизны». Згенеруйте кінцево-елементну сітку (рис. 9).

Натисніть кнопку «Запуск» для проведення розрахунку.

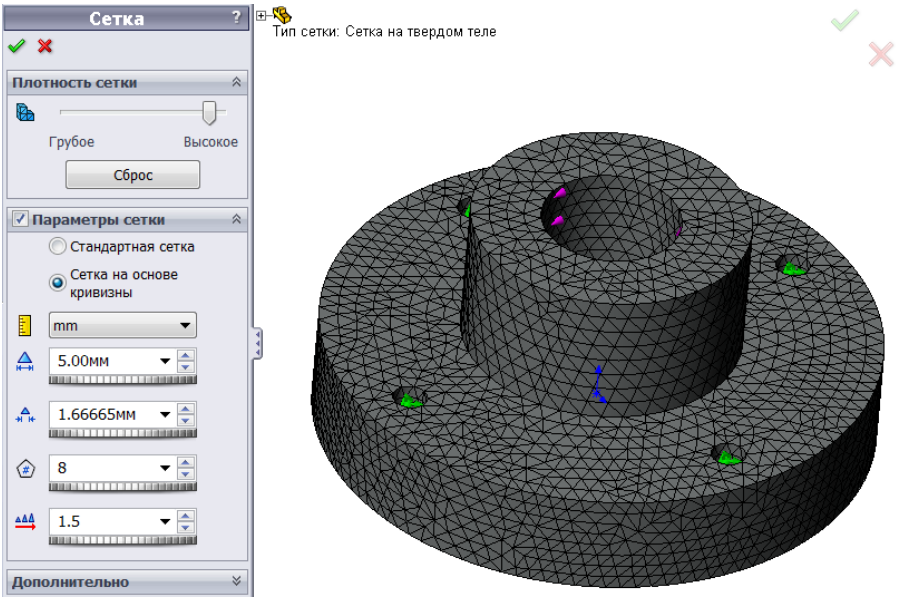


Рисунок 9 – Кінцево-елементна сітка деталі

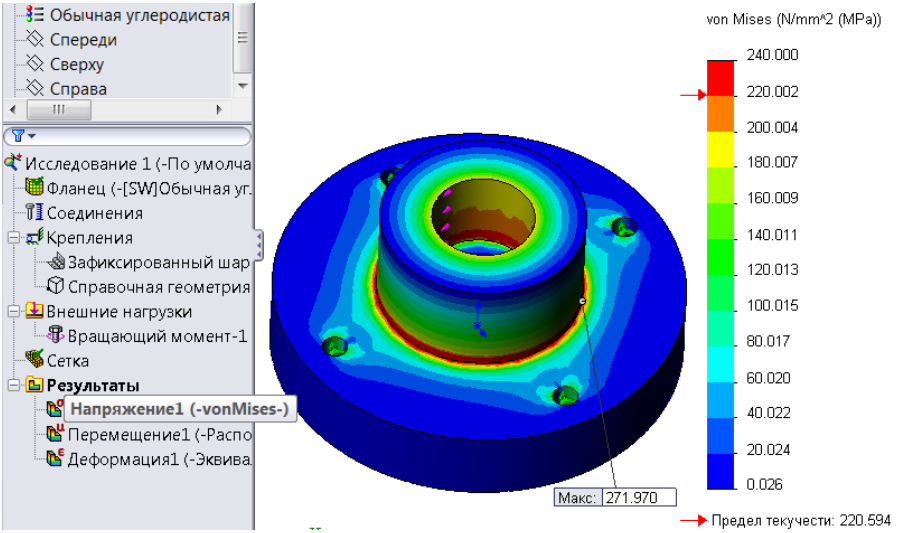


Рисунок 10 – Вікно результатів з картою розподілу еквівалентних напружень

Після виконання розрахунку в дереві моделі з'являться посилання на результати розрахунку. Необхідно проаналізувати отримані результати. Для цього спочатку двічі кликнемо вкладку «Напруження 1». У результаті вікно програми зміниться, будуть показані поля еквівалентних напружень деталі (рис. 10). Найбільші напруження перевищують межу текучості.

Також розглянемо епюри розподілу переміщень і еквівалентних деформацій у конструкції (рис. 11).

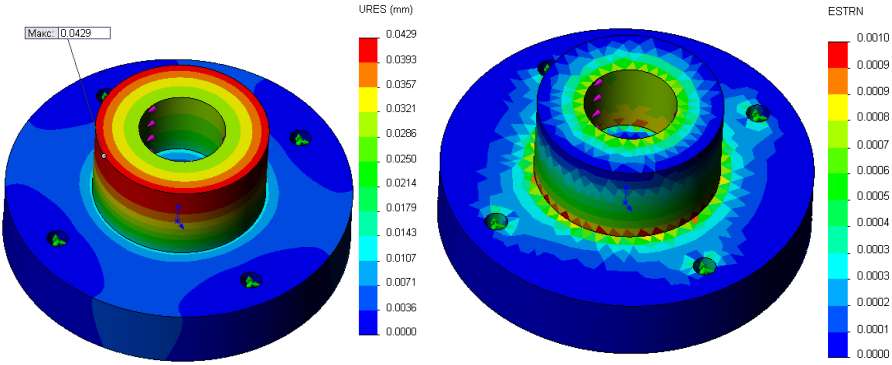


Рисунок 11 – Епюри розподілу переміщень (а) і деформацій (б) конструкції

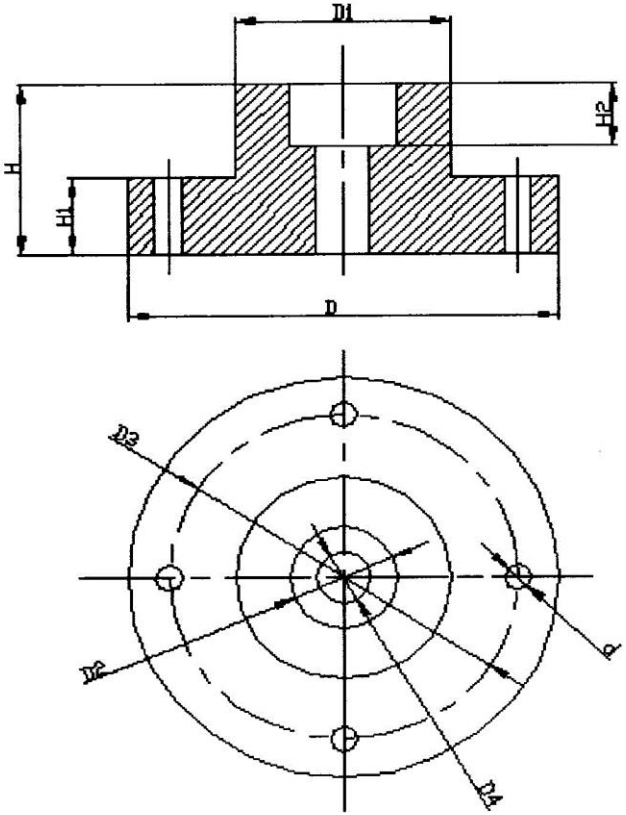
Відповідно до них, максимальне переміщення не перевищує величини 0,043 мм а відносні деформації – 0,1%.

Послідовно зменшуючи значення моменту встановіть максимальне навантаження, яке може витримати деталь ваша (при запасі міцності = 1,4).

3 ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО РОЗРАХУНКУ

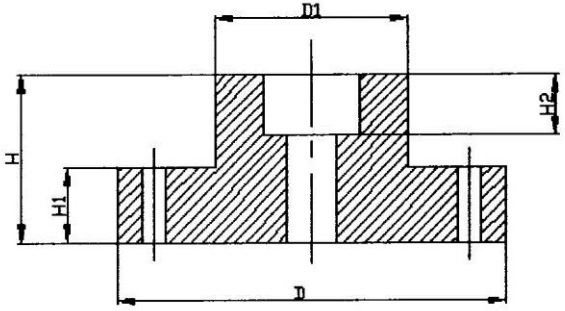
Варіант 1 (розглянуто в якості прикладу)

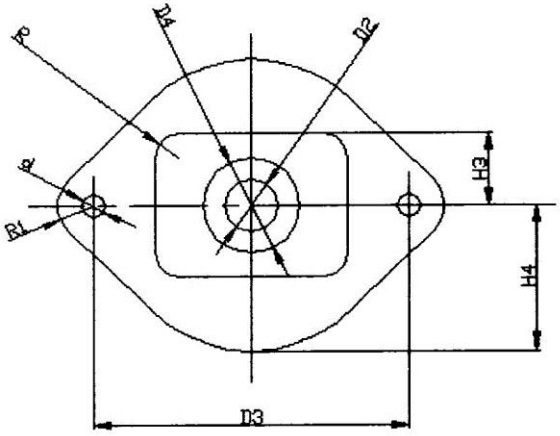
Номер	D	H1	H	D1	d	D3	H2	D2	D4
1	160	0,1875D	0,4375D	0,5D	0,0625D	0,8125D	Про изв.	Про изв.	Про изв.
2	192	0,18D	0,42D	0,48D	0,06D	0,78D	Про изв.	Про изв.	Про изв.



Варіант 2

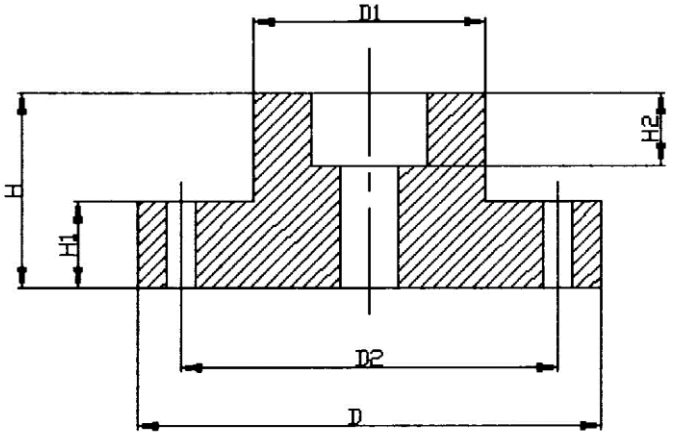
Номер	D	H1	H	D1	R	R1	d	H3	D4	H4	H2	D2	D3
1	150	0,20 D	0,20 D	0,47 D	0,53 D	0,07 D	0,10 D	0,20 D	0,47 D	0,53 D	Произв.	Произв.	Произв.
2	90	0,17 D	0,17 D	0,39 D	0,44 D	0,06 D	0,09 D	0,17 D	0,39 D	0,44 D	Произв.	Произв.	Произв.

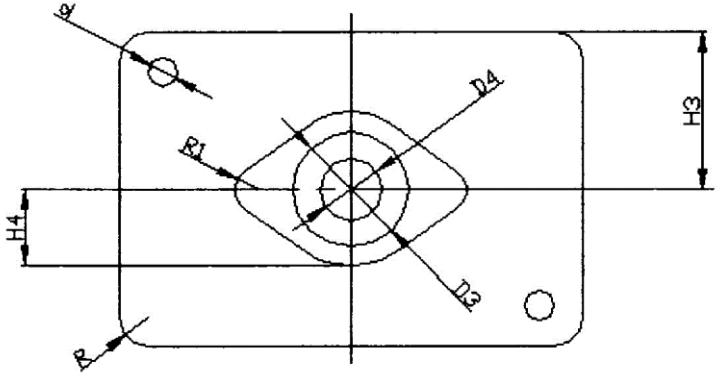




Варіант 3

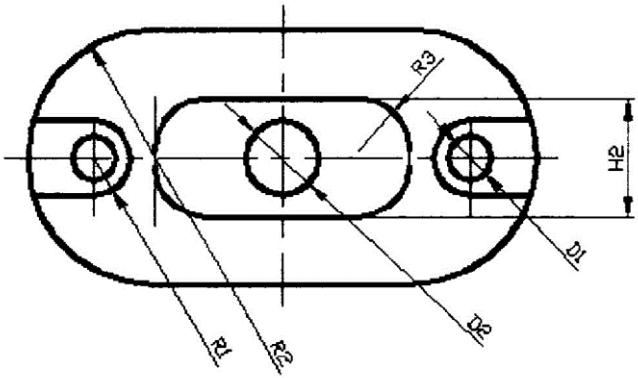
номер	D	H1	H	D2	R1	R	D1	H4	D4	d	H2	D3	H3
1	150	0,20 D	0,47 D	0,87 D	0,05 D	0,07 D	0,53 D	0,18 D	0,13 D	0,20 D	Произв.	Произв.	Произв.
2	125	0,17 D	0,39 D	0,73 D	0,05 D	0,06 D	0,45 D	0,15 D	0,11 D	0,17 D	Произв.	Произв.	Произв.

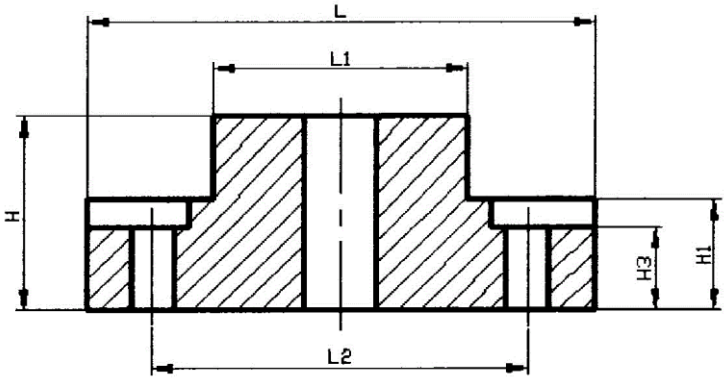




Варіант 4

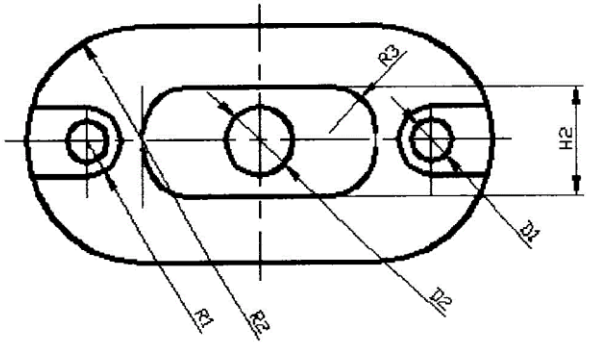
Номер	H3	H	L	L2	R1	R2	R3	D1	D2	H1	H2	L1
1	16	2,38 H3	6,25 H3	4,63 H3	0,44 H3	1,56 H3	0,63 H3	0,50 H3	0,88 H3	Про изв.	Про изв.	Про изв.
2	28	2,04 H3	5,36 H3	3,96 H3	0,38 H3	1,34 H3	0,54 H3	0,43 H3	0,75 H3	Про изв.	Про изв.	Про изв.

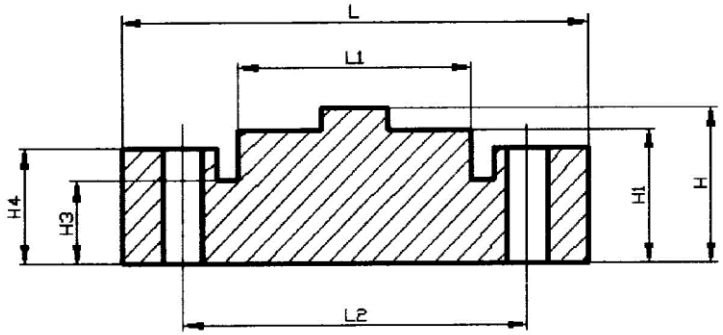




Варіант 5

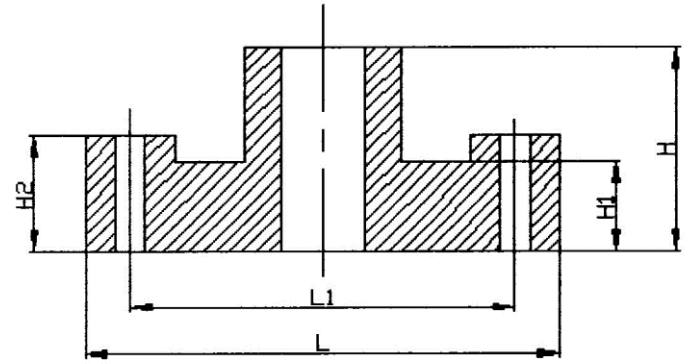
Номер	R1	R2	R3	D1	H	H3	H4	L	L1	L2	H2	H1	D2
1	7	3,57 R1	1,43 R1	1,14 R1	4,57 R1	2,43 R1	3,43 R1	14,29 R1	7,14 R1	10,57 R1	Произв.	Произв.	Произв.
2	14	3,33 D	1,33 R1	1,07 R1	4,27 R1	2,27 R1	3,20 R1	13,33 R1	6,67 R1	9,87 R1	Произв.	Произв.	Произв.

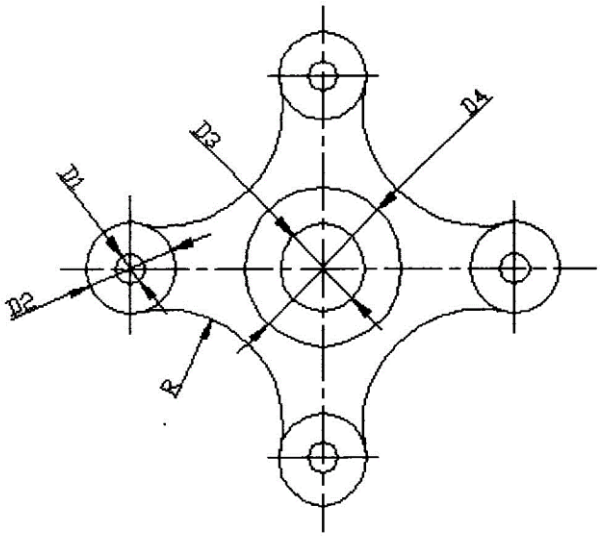




Варіант 6

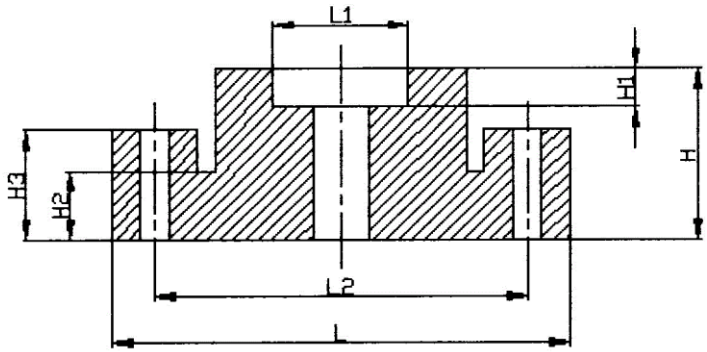
номер	H	H1	L	L1	D1	D2	D4	H2	D3	R
1	70	0,43 H	2,29 H	1,86 H	0,14 H	0,43 H	0,74 H	Произв.	Произв.	Произв.
2	100	0,45 H	2,40 H	1,95 H	0,15 H	0,45 H	0,78 H	Произв.	Произв.	Произв.

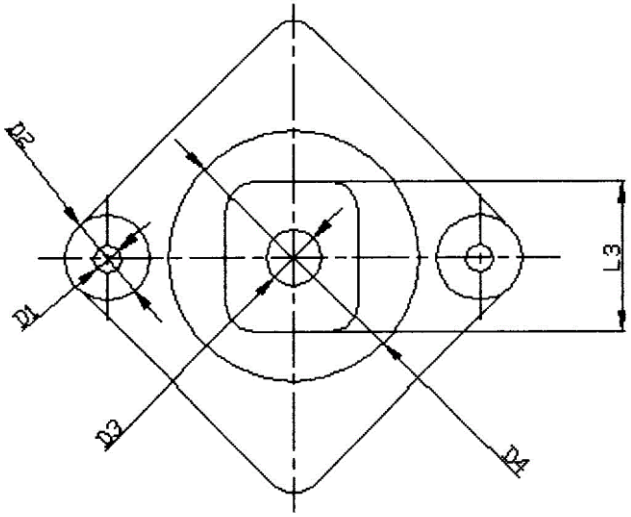




Варіант 7

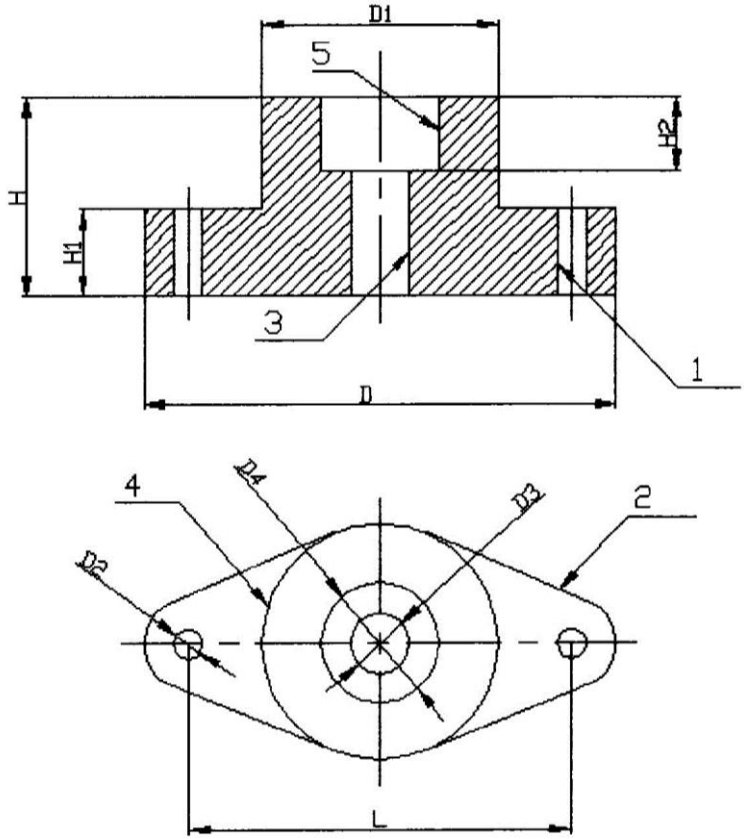
Номер	H	H2	H3	L1	L	L3	D1	D2	D4	H1	L2	D3
1	70	0,36H	0,57H	0,67H	2,29H	0,74H	0,14H	0,43H	1,26H	Произв.	Произв.	Произв.
2	28	0,45H	0,71H	0,84H	2,86H	0,93H	0,18D	0,54H	1,57H	Произв.	Произв.	Произв.





Варіант 8

номер	D1	H2	H	H1	D	D2	D3	D4	L
1	75	0,33D1	0,91D1	0,40D1	2,13D1	0,13D1	0,27D1	0,53D1	произв
2	165	0,30D1	0,82D1	0,36D1	1,94D1	0,12D1	0,24D1	0,48D1	произв



4 ЛІТЕРАТУРА

1. SOLIDWORKS Online Help: https://help.solidworks.com/2025/English/SolidWorks/sldworks/r_welcome_sw_online_help.htm

2. Козяр М.М. Комп'ютерна графіка. SolidWorks: навчальний посібник. / М.М. Козяр, Ю.В. Фещук, О.В. Парфенюк. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. – 251 с.

3. Solidworks у завданнях 3D моделювання та інжинірингу технічних систем. Навч. посібник / В.Я. Ворощук, Т.М. Вітенько. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 164 с.

4. Пустюльга С., Самостян В., Клак В. Інженерна графіка в SolidWorks. ЛНТУ, Луцьк 2018.– 174 с.

5. Planchard D.C. SOLIDWORKS 2020 Quick Start. / D.C. Planchard. – SDC Publications, 2020. – 280 p.

6.Huei-Huang Lee. Machanics of Meterials Labs with SolidWorks Simulation 2014 / 2014. – 278 с..

7. Інженерна графіка в SolidWorks: Навчальний посібник/ С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, Ю.В. Клак – Луцьк: Вежа, 2018. – 172 с.

Інформаційні ресурси

1. Електронні навчальні посібники SolidWorks.