

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

До захисту допущено
Завідувач кафедри
_____ Олександр Сокольський
« ____ » _____ 2024 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Інжиніринг обладнання виробництва
полімерних та будівельних матеріалів і виробів»
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
на тему: Агрегат для накладання ізоляції з модернізацією екструдера

Студент (-ка) IV к, групи ЛП-01 _____ Невінський Ілля Іванович _____
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові)
(підпис)

Керівник проекту:
_____ PhD, асистент, Витвицький В.М. _____
(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультанти з питань

МОДЕРНІЗАЦІЇ:	д.т.н., проф. Щербина В.Ю.	_____
ТЕХ. МАШ.:	ст. викл. Борщик С.О.	_____
ОХОРОНИ ПРАЦІ:	ст. викл. Ковтун А.І.	_____
РЕЦЕНЗЕНТ	_____	_____

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.
Студент (-ка) _____

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 *Галузеве машинобудування*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Олександр**
Сокольський

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Невінський Ілля Іванович

1. Тема проекту «Агрегат для накладання ізоляції з модернізацією екструдера», керівник проекту Витвицький В.М., PhD, затверджені наказом по університету від «17. 05» 2024 р. № 1993

2. Термін подання студентом проекту 15.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту: Зовнішній діаметр черв'яка – 63 мм, крок навивки – 63 мм, ширина витка – 7 мм, число заходів черв'яка – 1, максимальне число обертів черв'яка – 160 об/хв, діаметр серцевини черв'яка в зоні завантаження – 47 мм, глибина каналу в зоні дозування – 3 мм, перероблюваний матеріал – поліпропілен

.....
.....
.....
.....
.....

4. Зміст пояснювальної записки

Реферат. Перелік позначень. Вступ. Технологічна лінія з використання машини. Технічні характеристики машини. Опис конструкції та принцип роботи черв'ячного екструдера. Опис конструкції формуючої головки. Літературний та патентний огляд. Розрахунки. Охорона праці. Технологія машинобудування. Висновки. Список літератури. Додатки.....
.....
.....

5. Перелік графічного матеріалу:

1. Загальний вид агрегату (A1); 2. Лінія для накладання ізоляції (A1); 3. Черв'як (A1); 4. Формуюча головка (A1); 5. Кріпильний фланець формуючої головки (A1); 6. Модернізований кріпильний фланець формуючої головки (A1); 7. Формуюча головка з модернізованим кріпильним фланцем (A1). 8. Деталізація (A2+A3+A3); 9. Створення 3Д-моделі модернізованого фланця формуючої головки (A1); 10. 3Д-модель, сітка скінченних елементів та розподіл температур (A1); 11. Порівняльні розрахунки на міцність базового та модернізованого кріпильних фланців формуючої головки (A1).

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
МОДЕРНІЗАЦІЇ	Щербина В.Ю.		
ТЕХ. МАШИНОБУД.	Борщик С.О.		
ОХОРОНА ПРАЦІ	Ковтун А.І.		

7. Дата видачі завдання 17.05.2024.....

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
	Вступ. Технологічна лінія з використання машини. Технічні характеристики машини.	06.02.2024-12.02.2024	
	Опис конструкції та принцип роботи черв'ячного преса.	13.02.2024-20.02.2024	
	Опис конструкції формуючої головки.	21.02.2024-26.02.2024	
	Літературний та патентний огляд	27.02.2024-16.03.2024	
	Розрахунки	22.03.2024-25.05.2024	
	Охорона праці	26.05.2024-05.06.2024	
	Технологія машинобудування	06.06.2024-13.06.2024	
	Висновки	26.05.2024-13.06.2024	
	Графічна частина	24.03.2024-13.06.2024	

Студент

Ілля НЕВІНСЬКИЙ

Керівник проекту

Віктор ВИТВИЦЬКИЙ

РЕФЕРАТ

Дипломний проект на здобуття звання бакалавра на тему «Агрегат для накладання кабельної ізоляції з модернізацією екструдера». Виконав – студ. Групи ЛП-01 Невінський І.І., керівник – асистент, PhD, Витвицький В.М.

Дипломний проект складається з текстової і графічної частин. Текстова частина містить 8 розділи і додатки, загальний обсяг – 66 с., 26 іл., 1 табл., 21 посилань. Графічна частина містить 9 листів формату А1 (6 креслень формату А1 і 3 плакати з результатами моделювання та розрахунків).

Об'єкт розробки – черв'ячний прес ЧП-63. Мета розробки – проведення літературного огляду існуючих конструкцій з метою визначення головних недоліків; проведення патентного огляду з метою пошуку технологічного рішення недоліків.

Було досліджено галузь застосування черв'ячного преса. Проведено параметричні розрахунки та розрахунки на міцність. Було знайдено патент, який пропонує покращення рівня герметизації у з'єднанні між формуючою головкою та корпусом екструдера. Виконано розрахунки в програмному комплексі ANSYS з урахуванням статичних та температурних навантажень, метою яких було підтвердження працездатності модернізованої конструкції кріпильного фланця формуючої головки. За результатами розрахунків було підтверджено працездатність та перспективність модернізованого фланця, адже коефіцієнт запасу міцності модернізації (1,7141) майже у півтори рази перевищує коефіцієнт запасу міцності базової конструкції фланця (1,329).

З метою досягнення безпечності при експлуатації черв'ячного преса, було виконано розділ охорони праці, в якому описано рекомендовані заходи безпеки на виробництві із застосуванням даного агрегату.

Було виконано розділ «технологія машинобудування», з описом процесу виготовлення фланця з'єднання між бункером та корпусом.

ЕКСТРУДЕР, ПРЕС, ЧЕРВ'ЯК, ФЛАНЕЦЬ, ГОЛОВКА, ІЗОЛЯЦІЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗРАХУНКИ, ГЕРМЕТИЧНІСТЬ.

ABSTRACT

Diploma project for obtaining a bachelor's degree on the topic "Unit for applying cable insulation with modernization of the extruder". Completed - stud. Group LP-01 Nevinskyi I.I., head - assistant, PhD, Vytvytskyi V.M.

The diploma project consists of textual and graphic parts. The text part contains 8 chapters and appendices, the total volume is 66 pages, 26 illustrations, 1 table, 21 references. The graphic part contains 9 sheets of A1 format (6 drawings of A1 format and 3 posters with the results of modeling and calculations).

The object of development is the ChP-63 worm press. The purpose of the development is to conduct a literature review of existing structures in order to determine the main shortcomings; conducting a patent review in order to find a technological solution to the shortcomings.

The field of application of the worm press was investigated. Parametric and strength calculations were carried out. A patent has been found that suggests an improvement in the level of sealing in the connection between the forming head and the extruder body. Calculations were performed in the ANSYS software complex, taking into account static and temperature loads, the purpose of which was to confirm the operability of the modernized design of the mounting flange of the forming head. According to the results of the calculations, the workability and prospects of the modernized flange were confirmed, because the safety factor of the modernization (1.7141) is almost one and a half times higher than the safety factor of the basic flange design (1.329).

In order to achieve safety during the operation of the worm press, a section on labor protection was prepared, which describes the recommended safety measures in the production using this unit.

In addition, the section "engineering technology" was performed, which described the process and technology of manufacturing the part.

EXTRUDER, PRESS, WORM, FLANGE, HEAD, INSULATION, MODERNIZATION, CALCULATIONS, SEALING.

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

Умовні позначення:

$l_{роб}$ – довжина робочої частини черв'яка, мм;

t – крок гвинтової навивки черв'яка, мм;

e – ширина витка, мм;

h_1 – глибина нарізки в зоні завантаження, мм;

h_3 – глибина нарізки в зоні дозування, мм;

D, d – діаметр, мм;

K – коефіцієнт геометричної форми головки, м³;

γ – коефіцієнт потоку витрат в зазорі між корпусом екструдера та гребнем черв'яка, с⁻¹;

p – тиск, Па;

t – температура, К;

ρ – густина, кг/м³;

α – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К);

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К);

ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості, м²/с;

α – коефіцієнт прямого потоку розплаву у каналі черв'яка;

β – коефіцієнт зворотнього потоку розплаву у каналі черв'яка;

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/м²·К);

n – частота обертів черв'яка, об/хв;

δ
– зазор між черв'яком і корпусом, мм;

$M_{кр}$ – крутний момент, який діє на черв'як, Нм;

N – потужність, яка споживається черв'яком, кВт;

G – маса черв'яка, кг;

q – розподілене навантаження від власної ваги, Н/м;

M_{max} – максимальний згинаючий момент, Нм;

F – площа небезпечного перерізу, м²;

W_x - осьовий момент опору, м³;

τ - дотичні напруження в перерізі, МПа;

I - полярний момент інерції, м⁴;

$\sigma_{ст}$ - стискання напруження, МПа;

$\sigma_{екв}$ - еквівалентні напруження, МПа.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЛІНІЯ З ВИКОРИСТАННЯ МАШИНИ.....	4
2. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАШИНИ.....	6
3. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ЧЕРВ'ЯЧНОГО ПРЕСА.....	7
4. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ФОРМУЮЧОЇ ГОЛОВКИ.....	9
5. ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД.....	11
5.1. Огляд патентів.....	11
5.2. Обґрунтування запропонованої модернізації.....	19
6. РОЗРАХУНКИ.....	21
6.1. Параметричні розрахунки.....	21
6.1.1. Розрахунок геометричних параметрів черв'яка.....	21
6.1.2. Розрахунок опору головки.....	22
6.1.3. Розрахунок продуктивності черв'ячного преса.....	24
6.1.4. Розрахунок потужності двигуна черв'ячного преса.....	25
6.1.5. Розрахунок тиску який розвиває черв'як.....	26
6.1.6. Розрахунок фланця, який з'єднує формуючу головку з корпусом екструдера.....	26
6.2. Розрахунки черв'яка на міцність.....	29
6.2.1. Розрахунок на міцність.....	29
6.2.2. Розрахунок на стійкість.....	32
6.2.3. Розрахунок на жорсткість.....	32
6.2.4. Розрахунок шліцевого з'єднання.....	33
6.3. Тепловий розрахунок.....	34
6.4. Розрахунок кріпильного фланця формуючої головки методом скінченних елементів.....	37

					<i>ЛП01.057246.002 – 70 ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата				
Разроб		Невінський			<i>Агрегат для накладання ізоляції з модернізацією екструдера</i>		Літерат.	Лист
Перевірів		Витвицький						1
							<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>	
Н. Контр.								
Затвердив		Сокольський						

7. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	44
7.1. Електробезпека.....	45
7.2. Шум та вібрація.....	46
7.3. Пожежна безпека.....	47
7.4. Повітря робочої зони.....	48
7.5. Промислове освітлення.....	49
8. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ.....	51
8.1. Технологія виготовлення деталі.....	51
8.2. Опис та призначення деталі.....	51
8.3. Вибір заготовки для виготовлення деталі.....	52
8.4. Технологічний процес виготовлення деталі.....	53
8.5. Вибір та розробка пристосування для певної операції.....	53
8.6. Вибір пристосування, опис конструкції та принцип дії.....	55
ВИСНОВКИ.....	63
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	65
ДОДАТКИ.....	67

ВСТУП

Екструзія – процес формування виробів продавлюванням матеріалу крізь формувальний канал. Агрегати й лінії на базі екструдерів, застосовувані для виготовлення виробів з термопластів, вирізняються великою різноманітністю конструкцій [1].

Метод переробки полімерних матеріалів черв'ячними екструдерами, як правило, полягає у плавленні полімеру у робочій зоні екструдера під дією високих температур, після чого розплавленому матеріалу надається бажана форма [2-3].

Робочими органами екструдера зазвичай є черв'як, корпус та формуюча головка, яка призначена для надання полімерному матеріалу форми кінцевого виробу. Формуюча головка з'єднується з корпусом екструдера через фланцевий вузол. Однак тривала дія високих температур може призвести до погіршення рівня герметизації.

Метою даного дипломного проекту є проведення дослідження галузі застосування черв'ячного екструдера, а також провести літературно-патентний огляд з ціллю пошуку конструктивного рішення зазначеної проблеми.

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЛІНІЯ З ВИКОРИСТАННЯ МАШИНИ

Сучасні полімерні матеріали на основі різних пластмас, еластомерів і волокон, використовують в самих різних галузях народного господарства, медицині, сільському господарстві та у побуті [4].

Лінія для нанесення ізоляції на дроти та кабелі використовується на підприємствах кабельної промисловості і складається з наступних елементів: пристрій подачі, компенсатор роликовий, ролик, пристрій для скрутки, черв'ячний екструдер, головка екструзійна, вимірювач діаметру, пристрій для маркування, охолоджувальна ванна, сушарка, вимірювач довжини, тяговий пристрій, маркувальний пристрій, компенсатор роликовий, приймальний пристрій (Рис. 1.1).

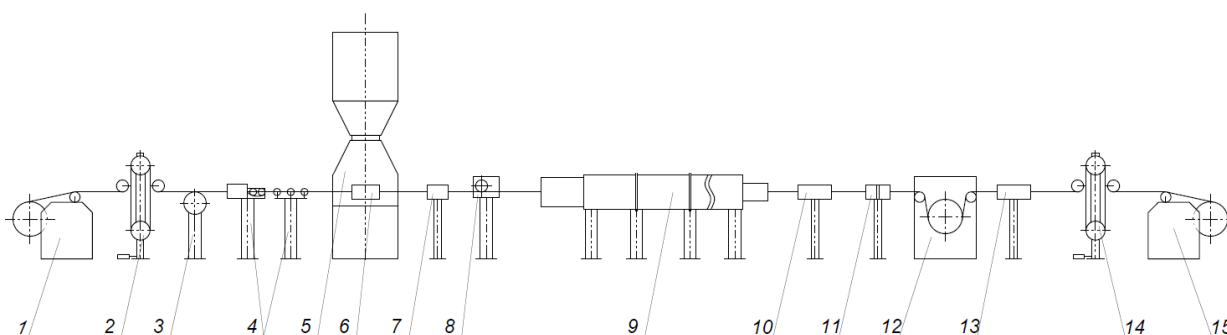


Рисунок 1.1 – Схема лінії для накладання ізоляції:

1 – пристрій подачі; 2 – компенсатор роликовий; 3 – ролик; 4 – пристрій для скрутки; 5 – черв'ячний екструдер; 6 – головка екструзійна; 7 – вимірювач діаметру; 8 – пристрій для маркування; 9 – охолоджувальна ванна; 10 – сушарка; 11 – вимірювач довжини; 12 – тяговий пристрій; 13 – маркувальний пристрій; 14 – компенсатор роликовий; 15 – приймальний пристрій

Сама лінія працює наступним чином: металева жилка або кабель змотується з барабану пристрою подачі 1, вирівнюється компенсатором 2 та

роликом 3, потім подається в пристрій для скрутки 4, де відбувається його очищення від шлаків та бруду, після чого подається у формуючу головку 6, де відбувається нанесення на кабель полімерної ізоляційного матеріалу, який подається і переробляється черв'ячним екструдером 5. Після формування ізоляції на кабелі в середині формуючої головки 6 він подається у пристрій для вимірювання діаметру 7 з подальшим маркуванням у відповідному пристрої 8. Охолодження кабелю з нанесеною ізоляцією відбувається в охолоджувальній ванні 9, після чого він проходиться процес сушіння у сушарці 10 і вимірювач довжини 11. Процес транспортування кабелю забезпечує тяговий пристрій 12. Фінальними стадіями виготовлення ізольованого кабелю є проходження пристрою для маркування 13, роликового компенсатора 14, з метою його вирівнювання та намотування на барабан приймального пристрою 15.

2. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАШИНИ

Вихідні дані:

Максимальне число обертів черв'яка	$N = 160 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$,
Зовнішній діаметр черв'яка	$D = 0,063 \text{ м}$,
Крок черв'яка	$T = 0,063 \text{ м}$,
Ширина витка	$E = 0,007 \text{ м}$,
Число заходів черв'яка	$I = 1$
Діаметр сердечника черв'яка в зоні завантаження	$D_1 = 0,047 \text{ м}$
Глибина гвинтового каналу в зоні завантаження	$H_1 = 0,008 \text{ м}$
Глибина гвинтового каналу в зоні дозування	$H_2 = 0,003 \text{ м}$
Довжина зони дозування черв'яка	$L_H = 0,756 \text{ м}$
Перероблюваний матеріал	поліпропілен

3. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ЧЕРВ'ЯЧНОГО ПРЕСА

Прес черв'ячний ЧП-63 (Рис. 3.1) складається з корпусу 2 із завантажувальним бункером 6, в середині якого знаходиться гільза 7 та черв'як 5. Черв'як 5 приводиться в обертальний рух за допомогою електродвигуна 14, муфти 15, редуктора 9 та вузла опорного підшипника 8. Температурний режим черв'ячного преса підтримується нагрівачами 3, системою подачі охолоджувальної рідини 10 для черв'яка 5 та системою охолодження на базі вентиляторів 11 для корпусу 2. На кінці корпусу 5 до нього шарнірно приєднаний кріпильний фланець формуючої головки 1. Корпус 5 закритий спеціальним кожухом 4, а всі складові елементи пресу змонтовані на станині 12. Керування черв'ячним пресом здійснюється пультом керування 13.

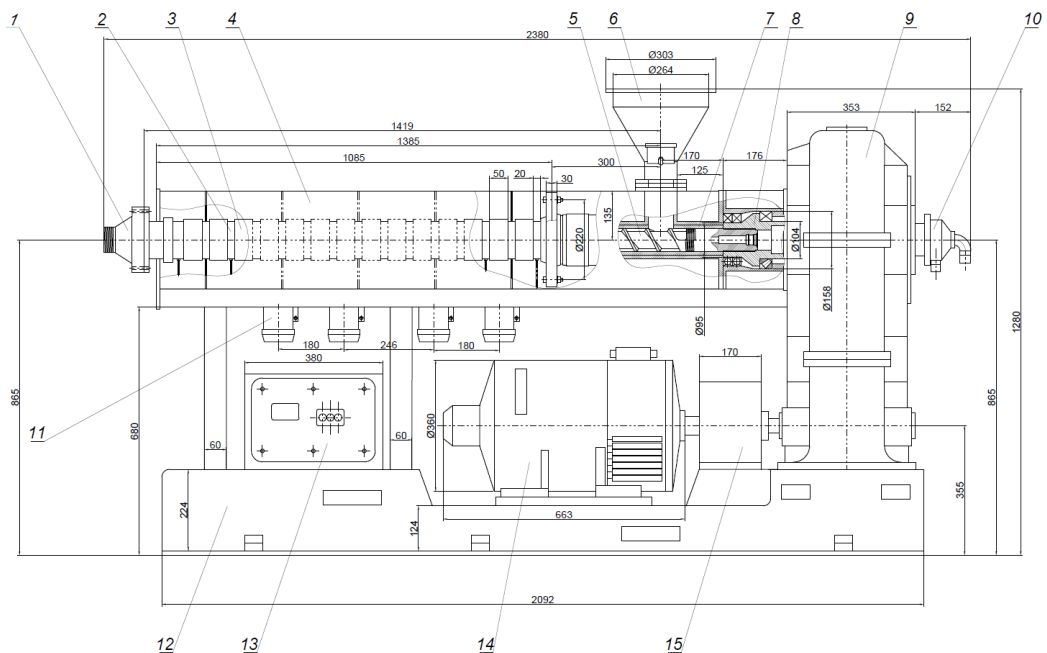


Рисунок 3.1 – Прес черв'ячний ЧП 63х24:

1 – кріпильний фланець формуючої головки; 2 – корпус; 3 – нагрівачі; 4 – кожух; 5 – черв'як; 6 – завантажувальний бункер; 7 – гільза корпусу; 8 – вузол опорного підшипника; 9 – редуктор; 10 – система подачі охолоджувальної рідини; - 11 – система охолодження на базі вентиляторів; 12 – станина; 13 – пульт керування; 14 – електродвигун; 15 – муфта

Черв'ячний прес працює наступним чином:

Матеріал, що підлягає переробці, потрапляє до робочої зони черв'ячного преса через завантажувальний бункер 6, який змонтований на корпусі 2. В середині корпусу 2 знаходиться гільза 7, яка з черв'яком 5 формує робочий канал для переробки матеріалу. Черв'як 5 приводиться в обертальний рух через електродвигун 14, муфту 15, редуктор 9 та вузол опорного підшипника 8. Черв'як 5, за рахунок гвинтової навивки, транспортує перероблюваний матеріал вздовж робочого каналу, де відбувається його розплавлення, за допомогою нагрівачів 3, та гомогенізація, до формуючої головки, яка з'єднується з корпусом 2 через фланець 1. Корпус 2 закритий спеціальним кожухом 4, охолодження корпусу відбувається за допомогою охолоджувальної системи на базі вентиляторів 11, а охолодження черв'яка 5 – системою подачі рідини 10. Керування агрегатом здійснюється через пульт керування 13, а сам черв'ячний прес з усіма супутніми компонентами змонтований на станині 12.

4. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ФОРМУЮЧОЇ ГОЛОВКИ

Призначенням формуючої головки є надання необхідної форми кабельної ізоляції [5].

Складові компоненти головки (Рис. 4.1): кріпильний фланець, корпус, дорнотрима, дорн, штуцер, піноль, мундштук, матриця, притискне кільце, затискне кільце, нагрівачі.

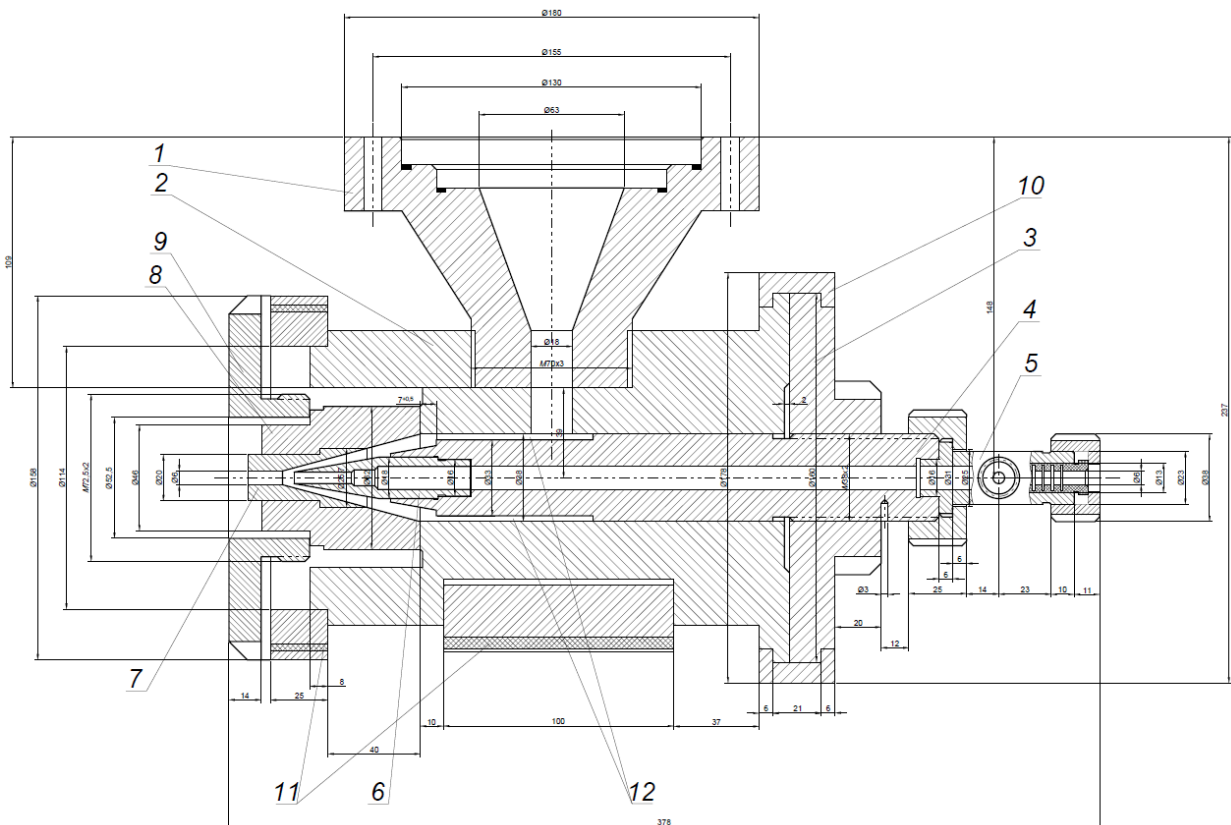


Рисунок 4.1 – Формующа головка:

1 – кріпильний фланець; 2 – корпус; 3 – дорнотримач; 4 – дорн; 5 – штуцер; 6 – піноль; 7 – мундштук; 8 – матриця; 9 – притискне кільце; 10 – затискне кільце; 11 – нагрівачі; 12 – канал потоку полімеру

Уся головка приєднується до корпусу екструдера за допомогою фланця 1, який з'єднаний з корпусом головки 2 різьбовим з'єднанням. Полімерний матеріал потрапляє в канали головки 12 через співвісні отвори фланця 1 і корпусу 2, опинившись в робочому каналі 12, який формується між дорном 4 і корпусом 2 (дорн формує внутрішній діаметр каналу, корпус – зовнішній),

матеріал починає рухатися до каналу звуження, який формується між піноллю 6, мундштуком 7 і матрицею 8. В середині мундштука 7, полімерний матеріал окутує оголений кабель і формує ізоляцію. Мундштук 7 і матриця 8 притискаються до корпусу 2 за допомогою притискного кільця 9, а дорн 4 утримується дорнотримачем 3, який в свою чергу кріпиться до корпусу 2 за допомогою затискного кільця 10. Подача оголеного кабелю здійснюється через штуцер 5, який подає його у внутрішній канал дорну 4. Нагрівача 11 призначенні для підтримки температури в каналі формуючої головки.

Дорн 4, мундштук 7 і матриця 8 являються змінними елементами, це дає змогу накладання ізоляції на кабелі різного діаметру.

5. ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД

5.1. Огляд патентів

З ціллю визначення напрямку модернізації конструкції екструдера було проведено аналіз існуючих патентів [6-10], метою яких є покращення якості переробки полімерних матеріалів, а також зменшити міжремонтний період.

Представлений екструдер для пластику [6], що складається з корпусу, приводу, що приводить в обертання черв'як, зовнішня поверхня корпусу вкрита нагрівальним циліндром, внутрішня частина якого містить нагрівальні елементи, які контактують з корпусом екструдера через теплопровідні стержні та листи. Перероблений матеріал екструдується через формуючу головку, навколо якої обмотана охолоджувальні елементи. Завантажувальна горловина екструдера містить направляюче кільце для матеріалу. Сам екструдер встановлений на станині, на якій також розташований резервуар з охолоджувальною водою, який оснащений водяним насосом, що прокачує воду із резервуара до охолоджувальної системи, відрізняється тим, що резервуар оснащений охолоджувальним напівпровідником.

На рис. 5.1(а) – показано загальний вид екструдера для пластику; на рис. 3.1(б) – нагрівальна система. Екструдер містить корпус 1, привід 2, який приводить в обертання черв'як 3, який знаходиться в корпусі 1 і призначений для перемішування і транспортування матеріалу вздовж робочого каналу екструдера. Зовнішня поверхня корпусу 1 вкрита нагрівальним циліндром 4, внутрішня частина якого містить нагрівальні елементи 5, які контактують з корпусом 1 екструдера через теплопровідні стержні 13 та листи 14 і призначені для нагріву і розплавлення перероблюваного матеріалу. Перероблений матеріал екструдується через формуючу головку 6, навколо якої обмотана охолоджувальні елементи 7. Завантажувальна горловина екструдера містить направляюче кільце для матеріалу 18. Сам екструдер встановлений на станині 8, на якій також розташований резервуар з

охолоджувальною водою 9, який оснащений водяним насосом 10, що прокачує воду із резервуара 9 до охолоджувальної системи 7, відрізняється тим, що резервуар 9 оснащений охолоджувальним напівпровідником 19.

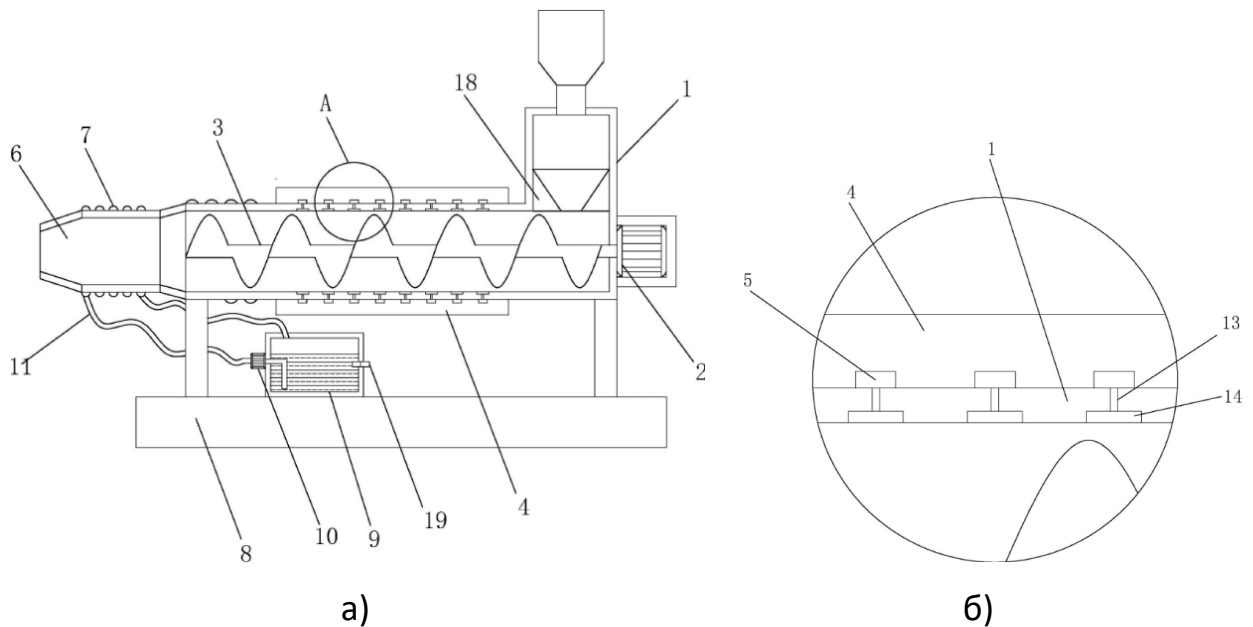


Рисунок 5.1 – екструдер для пластику:

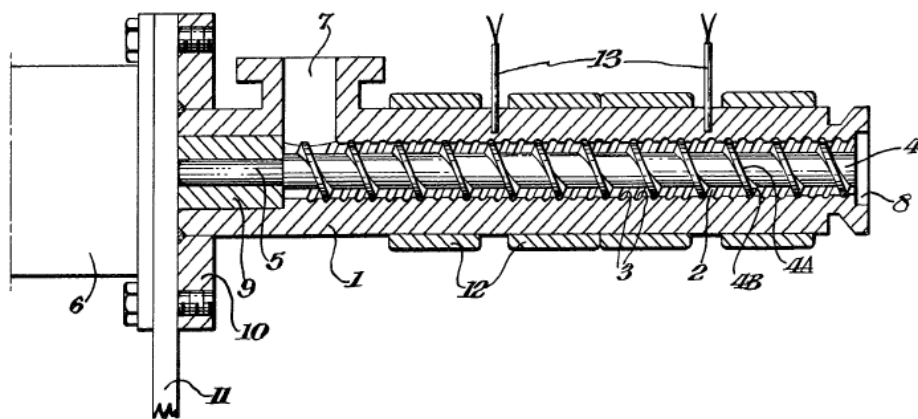
а – загальний вид екструдера для пластику; *б* – нагрівальна система

Вдосконалена модель представлена таким чином, що одна бічна сторона резервуару з охолоджувальною водою оснащена отвором для кріплення охолоджувального напівпровідника, який одним кінцем розташований ззовні, а іншим в середині резервуару для охолодження води. Дане рішення може знизити температуру охолоджувальної рідини в резервуарі та забезпечити ефективне охолодження форми.

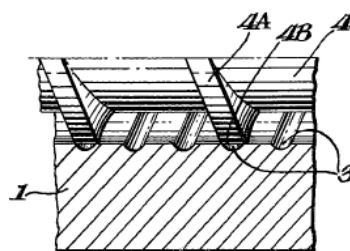
Представлений черв'ячний екструдер [7], що містить станину, корпус, який містить завантажувальний отвір, в середині корпусу знаходиться черв'як, який обертається за допомогою привідного вала, втулки і привода. Черв'як має гвинтову навивку, яка служить для просування матеріалу вздовж робочого каналу екструдера до вихідного отвору. Верхня поверхня корпусу

оснащена нагрівальними елементами, температура нагріву контролюється термодатчиками. Сам екструдер кріпиться до станини за допомогою фланця і відрізняється тим, що корпус має різьбову навивку, яка має напрямок обертання протилежний до напрямку навивки черв'яка.

Конструкція черв'ячного екструдера, що представлена на рис. 5.2, містить корпус 1, внутрішні стінки каналу 2 якого містять різьбову навивку 3. В середині корпусу знаходиться черв'як 4, що оснащений спіральною навивкою 4А і приводиться в рух за допомогою приводного вала 5 і самого привода 6. Матеріал потрапляє у робочий канал 2 екструдера через завантажувальний отвір 7, після чого черв'як 4 за допомогою навивки 4А проштовхує матеріал до вихідного отвору 8. Привідний вал 5 закріплений на втулці 9. Сам екструдер через фланець 10 кріпиться до станини 11. Нагрівання корпусу 1 екструдера здійснюється за допомогою нагрівальних елементів 12, а температура в робочому каналі 2 контролюється термодатчиками 13.



а)



б)

Рисунок 5.2 – черв'ячний екструдер:

a – черв'ячний екструдер в розрізі; *б* – черв'як з корпусом

Конструктивне рішення, що запропоновано в даному патенті, дозволить покращити якість переробки матеріалу, при цьому, не впливаючи на можливість екструдера розвивати великий тиск, а отже, зберегти рівень продуктивності.

В [8] описується екструдер для пластику, що містить станину, на якій змонтований електродвигун, редуктор, що приводять в обертання шнек, який знаходиться в середині корпусу. До корпусу фланцевим вузлом приєднана формуюча головка, в середині якої знаходиться дорн для розсікання розплавленого матеріалу. Фланцевий вузол складається із фланця корпусу, що розташований на торці корпусу і фланця формуючої головки. Вдосконалена модель відрізняється тим, що робочими поверхнями фланцевого вузла є перша, друга, третя поверхні контакту фланця корпусу і перша, друга і третя поверхні контакту фланця формуючої головки, які з'єднані між собою ущільнювальним кільцем, яке знаходиться в кільцевій канавці.

Конструкція екструдера для пластику пояснюється кресленням (Рис. 5.3), де показано його загальний вид (*a*) та фланцеве з'єднання (*б*). Екструдер, що змонтований на станині 1, складається з електродвигуна 2 та редуктора 3, що приводять в обертання шнек 4, що знаходиться в корпусі 5. Шнек 4, завдяки спіральній навивці, просуває перероблюваний пластик вздовж робочого каналу до формуючої головки 6, в якій розташований дорн 7 для розсікання розплавленого матеріалу. Формуюча головка 6 з'єднується з корпусом 5 за допомогою фланцевого вузла 10, яке складається з фланця корпусу 8 і фланця формуючої головки 9. Робочими поверхнями з'єднання є перша 81, друга 82, третя 83 поверхні контакту фланця корпусу і перша 91, друга 92 і третя 93 поверхні контакту фланця формуючої головки, які з'єднані між собою ущільнювальним кільцем 85, яке знаходиться в кільцевій канавці 84.

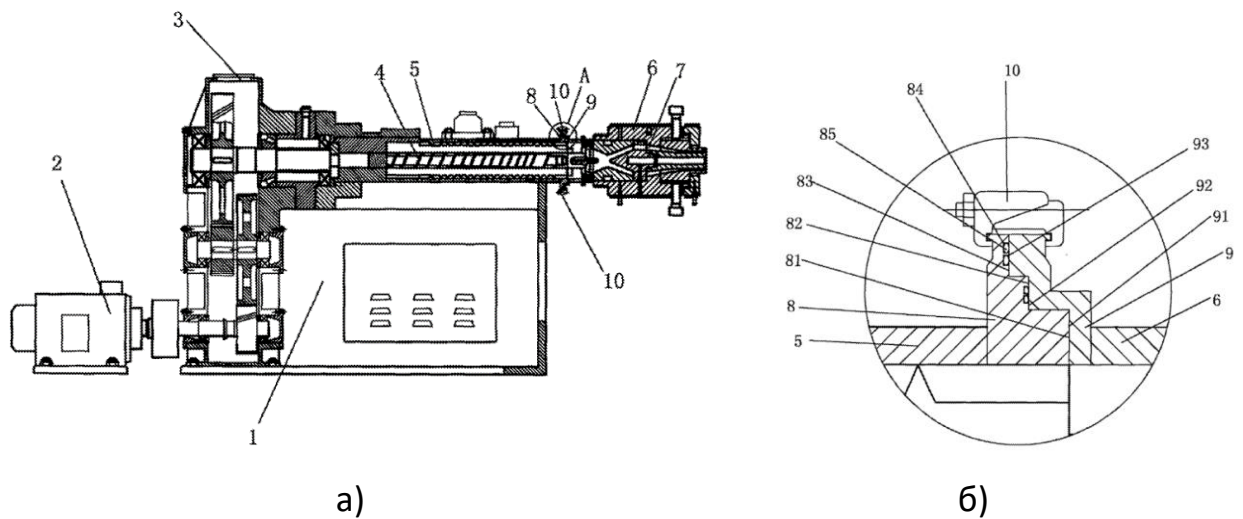


Рисунок 5.3 – екструдера для пластику:

а – загальний вид екструдера для пластику; *б* – фланцеве з'єднання

Запропонована конструкція фланцевого вузла дозволить значно покращити рівень герметизації у з'єднанні між формуючою головкою та корпусом, за рахунок наявності кількох поверхонь контакту між фланцями корпусу та формуючої головки, що в свою чергу покращить формування виробів, та зменшить ймовірність просочування матеріалу крізь зазор, що могло б призвести до виникнення аварійної ситуації.

Запропонований шнек одночерв'ячного екструдера [9] має суцільну різьбу, між витками якої є принаймні одна приривчата різьба. Приривчата різьба і частина канавок без різьби можуть складатися з відокремлюваних дугоподібних пластин розташованих під кутом. Приривчата різьба може мати більше або менше одного повного оберту, може відрізнятися від кроку основної різьби та може мати скошені кінчики. Шнек має отвір для подачі охолоджувальної рідини.

Шнек 1 має серцевину 12 і центральний отвір 13 для подачі охолоджувальної рідини. Приривчаті різьби 6 і 7, що розташовані на дугоподібних секціях 14 і 15, які розташовані у відповідних виїмках 16 серцевини 12 шнека 1. Гвинти 17, слугують для прикріплення дугоподібних секцій 14 і 15 до серцевини 12. У частина без різьби 8, 9, 10 передбачені

порожні дугоподібні секції 18 у виїмках 16, , які сліднують за безперервною різьбою 2 шнека. Приривчасті шнекові секції 14, 15 є дугоподібними секціями, що мають однаковий радіус з серцевиною 12 шнека і можуть утворювати будь-який необхідний кут. Кожна дугоподібна секція, що розташовані на поверхні шнека, є взаємозамінними.

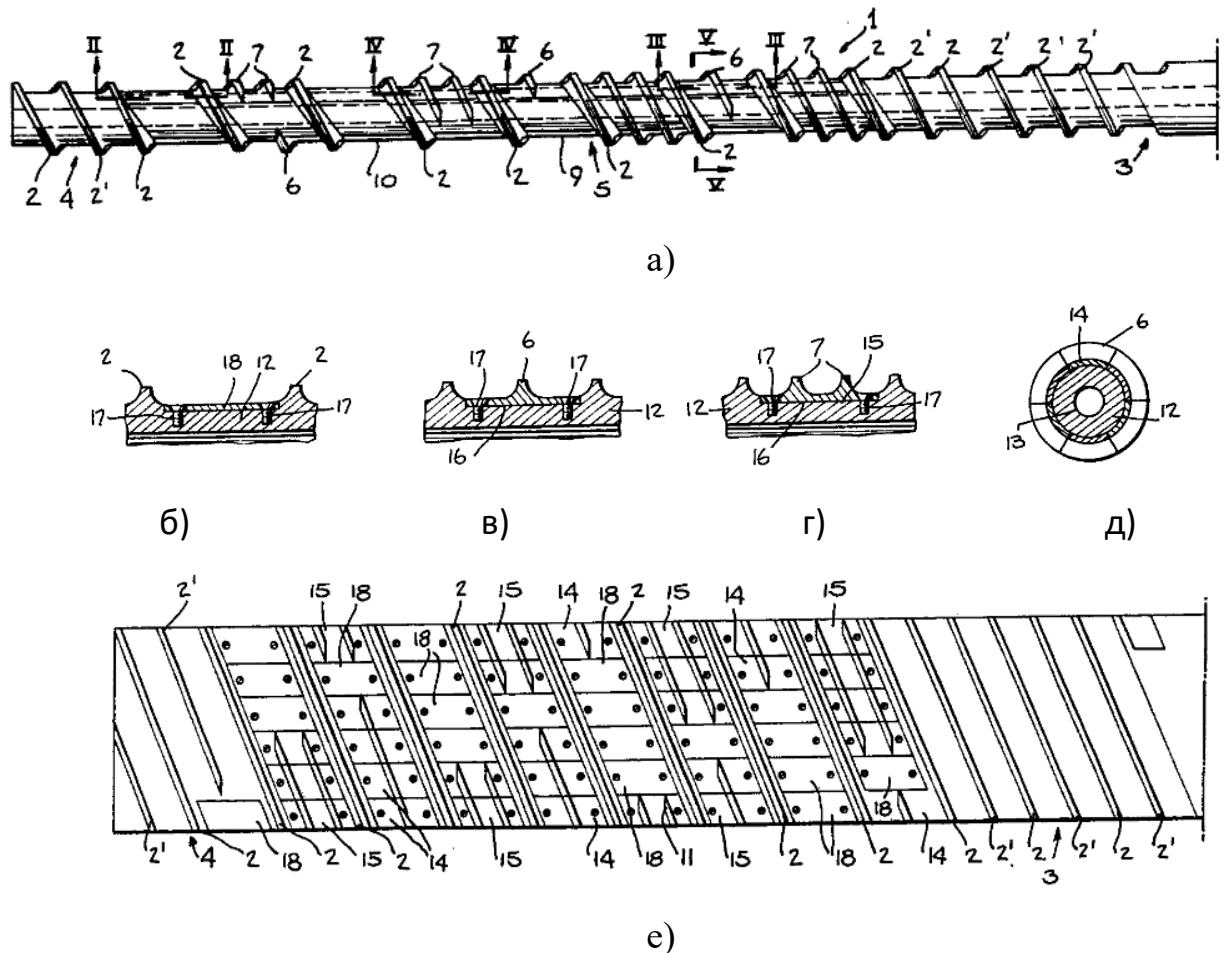


Рисунок 5.4 – односторонній екструдер:

а - модернізований шнек екструдера (вид збоку); *б, в, г* – види поперечного перерізу шнека по лініях II-II, III-III і IV-IV відповідно; *д* – вид у поперечному перерізі шнека по лінії V-V; *е* – вид в плані окружності шнека

Мета конструктивного рішення полягає в тому, щоб зробити можливим обробку високов'язких матеріалів, зокрема гумових сумішей, за допомогою одного черв'ячного екструдера без негативного впливу на швидкість екструдювання.

Представлений черв'як екструдера [8], що складається із поступово розташованих секцій завантаження, стиснення, газоутворення і дозування, спіральний виток, відрізняється тим, що в секції газоутворення між двома сусідніми витками черв'яка простягається пластинчастий бар'єр, причому провідний виток черв'яка має зазор для проходження матеріалу, а також в центральній частині черв'яка є канал для подачі рідини або газу, з подальшим введенням в робочу зону екструдера через отвори для введення рідини, сама подача рідини або газу здійснюється через патрубок.

Конструкція модернізованого черв'яка екструдера пояснюється кресленнями, на яких зображено загальний вид модернізованого черв'яка (рис. 3.5 (а)) та модернізована зона черв'яка в масштабі (рис. 3.5 (б)). Черв'як екструдера складається із чотирьох секцій: завантаження А, стиснення В, газоутворення В і дозування D відповідно, витки черв'яка 18 призначенні для транспортування перероблюваного матеріалу вздовж робочої зони екструдера, в секції газоутворення С між двома сусідніми витками 18 черв'яка простягається пластинчастий бар'єр 14, причому провідний виток черв'яка має зазор 15 для проходження матеріалу, в центральній частині черв'яка є канал 13 для подачі рідини або газу, з подальшим введенням в робочу зону екструдера через отвори 16, 17 для введення рідини, сама подача рідини або газу здійснюється через патрубок 12.

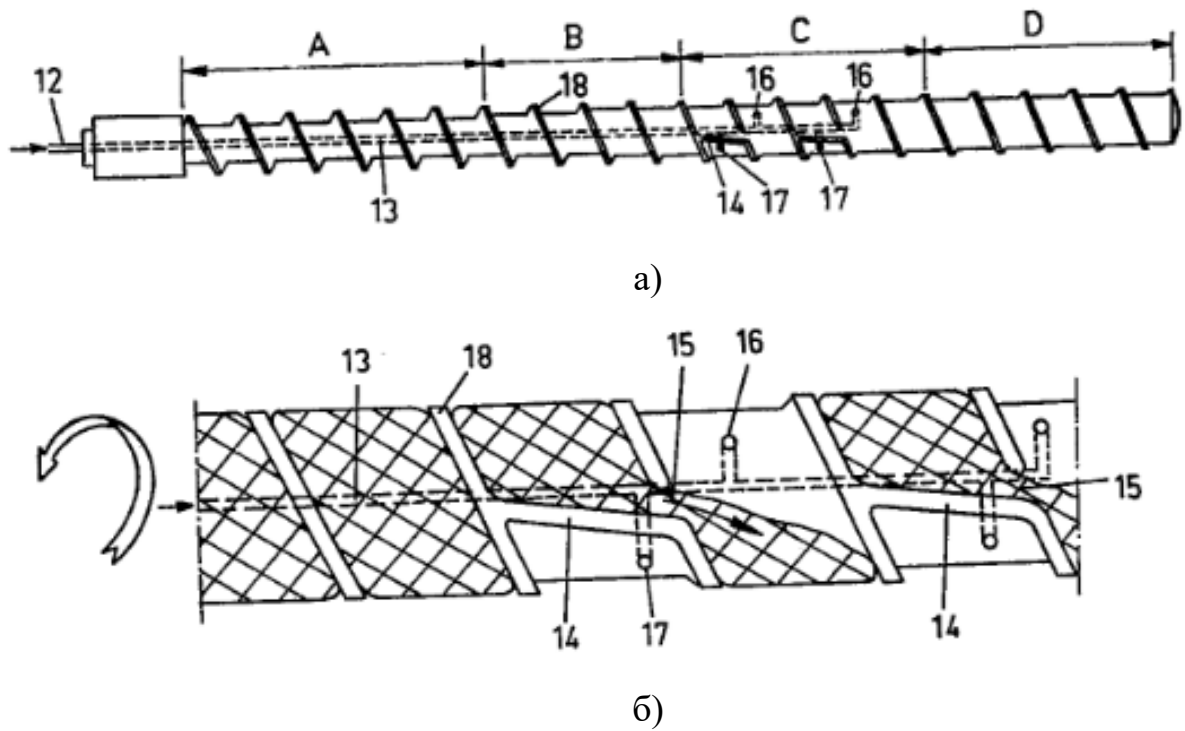


Рисунок 5.5 – модернізація черв'яка:

а – загальний вид модернізованого черв'яка; *б* – модернізована зона черв'яка в масштабі:

12 – патрубок для подачі рідини; 13 – центральний канал черв'яка; 14 – пластинчастий бар'єр; 15 – зазор; 16, 17 – отвори для введення рідини; 18 – витки черв'яка; А – завантажувальна секція; В – секція стиснення; С – секція газоутворення; D – секція дозування

Метою запропонованої модернізації є створення екструдера придатного для додавання газу або рідини в основний матеріал, при цьому зберігати ефективність перемішування та простоту конструкції.

В результаті патентного огляду було розглянуто 5 технічних рішень.

Технічне рішення [6] може знизити температуру охолоджувальної рідини в резервуарі черв'ячного екструдера та забезпечити ефективне охолодження форми.

Технічне рішення [7] дозволить покращити якість переробки матеріалу за рахунок наявності у корпусу екструдера спіральної нарізки, з напрямком нарізки протилежним до напрямку навивки черв'яка, при цьому, не

впливаючи на можливість екструдера розвивати великий тиск, а отже, зберегти рівень продуктивності.

Технічне рішення [9] дає можливість зробити обробку високов'язких матеріалів, зокрема гумових сумішей, за допомогою одного черв'ячного екструдера без негативного впливу на швидкість екструдювання за рахунок того, що шнек одночерв'ячного екструдера має суцільну різьбу, між витками якої є принаймні одна приривчата різьба, приривчата різьба і частина канавок без різьби можуть складатися з відокремлюваних дугоподібних пластин, що розташовані під кутом.

Технічне рішення [10] дає можливість створення екструдера придатного для додавання газу або рідини в основний матеріал, при цьому зберігати ефективність перемішування та простоту конструкції за рахунок того, що черв'як екструдера, що складається із поступово розташованих секцій завантаження, стиснення, газоутворення і дозування, спіральний виток, відрізняється тим, що в секції газоутворення між двома сусідніми витками черв'яка простягається пластинчастий бар'єр, причому провідний виток черв'яка має зазор для проходження матеріалу, а також в центральній частині черв'яка є канал для подачі рідини або газу, з подальшим введенням в робочу зону екструдера через отвори для введення рідини, сама подача рідини або газу здійснюється через патрубок.

5.2. Обґрунтування запропонованої модернізації

В якості модернізації для даного проекту було обрано технічне рішення [8].

Обраний варіант (Рис. 5.6) дозволить значно покращити рівень герметизації у з'єднанні між формуючою головкою та корпусом, за рахунок наявності додаткової поверхонь контакту між фланцями корпусу та формуючої головки, тобто збільшиться площа контакту між фланцями.

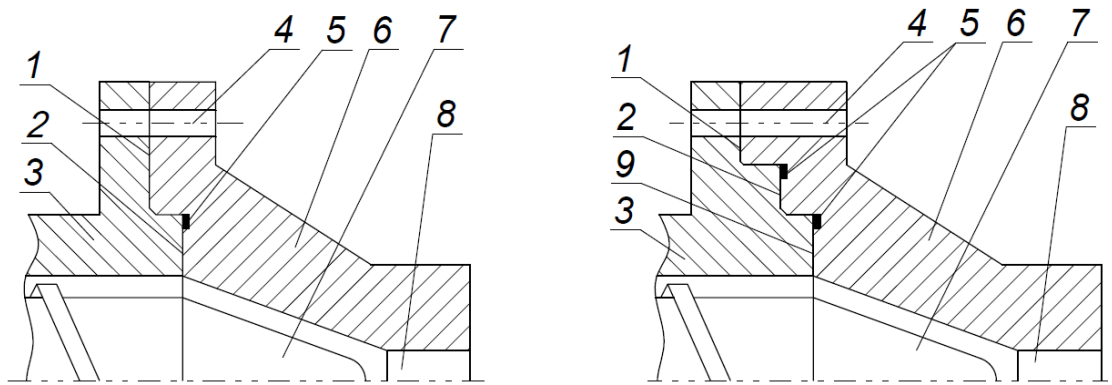


Рисунок 5.6 – фланцевий вузол:

а – класичний; *б* – модернізований:

1 – перша поверхня контакту; 2 – друга поверхня контакту; 3 – фланець корпусу екструдера; 4 – отвір для з'єднувальних болтів; 5 – ущільнювальні кільця; 6 – фланець формуючої головки; 7 – черв'як; 8 – вихідний отвір; 9 – третя поверхня контакту

Це дозволить зменшити рівень деформацій при дії механічних і температурних навантажень, що в свою чергу покращить формування виробів, та зменшить ймовірність просочування матеріалу крізь зазор, що могло б призвести до виникнення аварійної ситуації.

6. РОЗРАХУНКИ

6.1. Параметричні розрахунки

6.1.1. Розрахунок геометричних параметрів черв'яка

Мета розрахунку: визначити геометричні параметри черв'яка (Рис. 6.1).

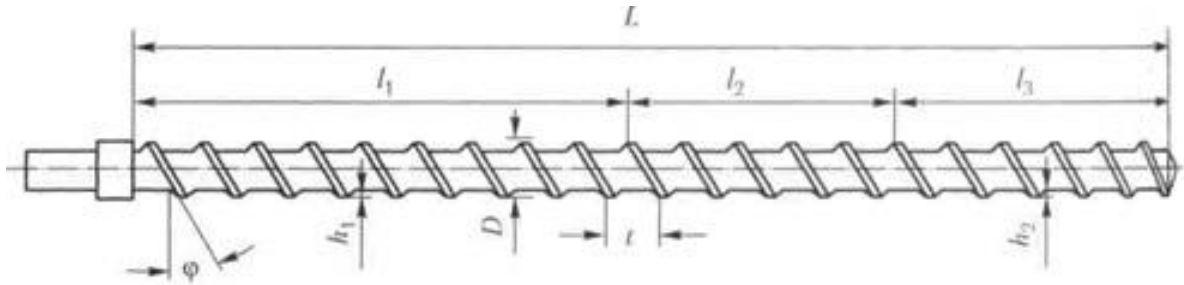


Рисунок 6.1 – Схема конструкції черв'яка

Вихідні дані: діаметр черв'яка $D = 63\text{мм}$, загальна довжина черв'яка $24D$, матеріал що перероблюється – ПП.

Розрахунок геометрії черв'яка проводимо за методикою [11].

Довжина робочої частини черв'яка :

$$l_{роб} = 24 \cdot D = 24 \cdot 63 = 1512\text{мм}$$

Довжина зони дозування:

$$l_{з\partial} = (0,4...0,7)l_p = 0,5 \cdot 1512 = 756\text{мм}$$

Довжина зони завантаження:

$$l_{зз} = (0,25...0,35)l_p = 0,3 \cdot 1512 = 454\text{мм}$$

Довжина зони пластикації :

$$l_{з\partial} = l_p - l_{зз} - l_{з\partial} = 1512 - 756 - 454 = 302\text{мм}$$

Крок гвинтової лінії черв'яка:

$$t = (0,8...1,2)D = 1,0 \cdot 63 = 63\text{мм}$$

Ширина витка:

$$e = (0,08...0,12)D = 0,11 \cdot 63 = 7\text{мм}$$

Глибина нарізки черв'яка в зоні завантаження:

$$h_1 = (0,08...0,13)D = 0,13 \cdot 63 = 8_{мм}$$

Глибина нарізки черв'яка в зоні дозування:

$$h_3 = 0,5(D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i} \cdot (D - h_1)}) = 0,5(63 - \sqrt{63^2 - \frac{4 \cdot 8}{2,5} \cdot (63 - 8)}) = 3_{мм}$$

де i - ступінь стиснення.

Зазор між гребнем черв'яка і корпусом:

$$\delta = (0,002...0,003)D$$

$$\delta = 0,002 \cdot D = 0,002 \cdot 63 = 0,126 \text{ мм.}$$

Далі проводимо розрахунок опору головки.

6.1.2. Розрахунок опору головки

Розрахунок проведено згідно [12].

Профіль головки потрібно розглядати як профіль, що складається з каналів простих форм.

В даному випадку матеріал проходить через головку, яку можна уявити як головку, що складається з наступних каналів: 1-го кільцево-конічного каналу, 1-го кільцевого каналу та 1-го циліндричного каналу (Рис. 6.2).

Коефіцієнт геометричної форми круглого кільцевого конічного каналу (1 ділянка):

$$K_{12} = \frac{\pi \cdot (R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)}{6 \cdot L_{12} \cdot \omega_{12}} = 4,552 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3$$

$$\omega_{12} = \frac{2,3 \cdot (R_1 - R_2)^2}{(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)^2} \cdot \log\left(\frac{R_1 \cdot \delta_2}{R_2 \cdot \delta_1}\right) - \frac{(R_1 - R_2) \cdot (\delta_1 - \delta_2)}{(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1) \cdot \delta_1 \cdot \delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2\delta_1^2 \delta_2^2} = -2,858 \cdot 10^{-5}$$

$$\gamma_{12} = \frac{22,33Q}{\pi(R_1 + R_2) \cdot (\delta_2 + \delta_1)^2} = 218,701 \text{ с}^{-1}$$

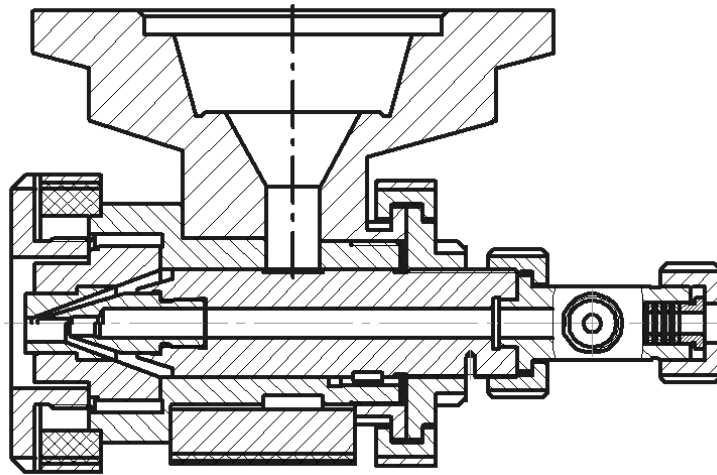


Рисунок 6.2 – Креслення формуючої головки

Коефіцієнт геометричної форми кільцевого каналу (2 ділянка):

$$K_{34} = \frac{\pi \cdot (R_4 + R_3)(R_4 - R_3)^3}{12 \cdot L_{34}} = 1,779 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3,$$

$$\gamma_{34} = \frac{5,58Q}{\pi(R_3 + R_4) \cdot (R_4 - R_3)^3} = 197,98 \text{ с}^{-1}$$

Коефіцієнт геометричної форми циліндричного каналу (3 ділянка):

$$K_5 = \frac{\pi \cdot D^4}{128 \cdot L_5} = 3,14 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3,$$

$$\gamma_5 = \frac{32Q}{\pi D^3} = 2,413 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$$

Розрахуємо тиск в головці:

$$P = \frac{Q\mu_{12}}{K_{12}} + \frac{Q\mu_{34}}{K_{34}} + \frac{Q\mu_5}{K_5} = 32 \text{ МПа}$$

Розрахунковий тиск відповідає прийнятому тиску в головці, який дорівнює $P = 35 \text{ МПа}$.

Загальний коефіцієнт геометричної форми для всієї головки можна порахувати як зворотну суму коефіцієнтів окремих ділянок з рівняння:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \dots + \frac{1}{K_n}} = 4,22 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3$$

Тепер проведемо розрахунок продуктивності черв'ячного преса.

6.1.3. Розрахунок продуктивності черв'ячного преса

Мета: визначення максимальної теоретичної продуктивності преса при переробці поліпропілену.

Вихідні дані:

Максимальне число обертів черв'яка	$n = 160 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$
Зовнішній діаметр черв'яка	$D = 0,063 \text{ м},$
Крок черв'яка	$T = 0,063 \text{ м},$
Ширина витка	$E = 0,007 \text{ м},$
Число заходів черв'яка	$I = 1$
Діаметр сердечника черв'яка в зоні завантаження	$D_1 = 0,047 \text{ м}$
Глибина гвинтового каналу в зоні завантаження	$H_1 = 0,008 \text{ м}$
Глибина гвинтового каналу в зоні дозування	$H_2 = 0,003 \text{ м}$
Довжина зони дозування черв'яка	$L_H = 0,756 \text{ м}$
Матеріал	поліпропілен
Кут нахилу лінії нарізки:	

$$\varphi = \arctg \frac{t}{\pi D} = \arctg \frac{63}{3,14 \cdot 63} = 0,308 \text{ рад}$$

Коефіцієнт прямого потоку:

$$\alpha = \frac{\pi D h_2 (t - e) \cos^2 \phi}{2} = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 3 \cdot (63 - 7) \cos^2(0,308)}{2} = 17953,4 \text{ мм}^3$$

Коефіцієнт зворотного потоку:

$$\beta = \frac{h_2^3 (t - e) \sin 2\phi}{24 l_o} = \frac{3^3 (63 - 7) \sin(2 \cdot 0,308)}{24 \cdot 756} = 0,063 \text{ мм}^3$$

Коефіцієнт потоку витoku:

$$\gamma = \frac{\pi^2 D^2 \delta^3 \cdot \text{tg} \phi \cdot \sin \phi}{10 e \cdot l_o} = \frac{3,14^2 \cdot 63^2 \cdot 0,126^3 \cdot \text{tg}(0,308) \cdot \sin(0,308)}{10 \cdot 7 \cdot 756} = 1,269 \cdot 10^{-4}$$

Об'ємна секундна продуктивність:

$$Q = \frac{a \cdot K}{K + \beta + \gamma} \cdot n = \frac{17953,4 \cdot 0,422}{0,422 + 0,063 + 1,269 \cdot 10^{-4}} \cdot 160 = 2,5 \cdot 10^6 \frac{\text{мм}^3}{\text{хв}}$$
$$Q = 41,65 \cdot 10^3 \frac{\text{мм}^3}{\text{с}} = 41,65 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Вагова продуктивність:

$$\Pi = Q \cdot \rho = 41,65 \cdot 10^{-6} \cdot 1340 = 55,8 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 200,9 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Розрахуємо потужність двигуна черв'ячного преса.

6.1.4. Розрахунок потужності двигуна черв'ячного преса

Потужність, споживана в гвинтовому каналі

$$I = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4t^2}{\pi^2} + \frac{\pi^2 \cdot D^5}{t^2 + \pi^2 \cdot D^2} = \frac{3,14^2 \cdot 63^2 - 4 \cdot 63^2}{3,14^2} + \frac{3,14^2 \cdot 63^5}{63^2 + 3,14^2 \cdot 63^2} = 229380,36 \text{ мм}$$
$$\gamma_K = \frac{\pi^2 D^2 n}{60 \cdot h_2 \sqrt{\pi^2 D^2 + 2t^2}} = \frac{3,14^2 \cdot 63^2 \cdot 160}{60 \cdot 3 \sqrt{3,14^2 \cdot 63^2 + 2 \cdot 63^2}} = 136,64 \text{ хв}^{-1}$$
$$\mu = 13741 \cdot 136,64^{-0,688} = 0,466 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{хв}$$
$$N_1 = \frac{\pi^3 \cdot (t - e) l_d \cdot I \cdot \mu_k \cdot n^2}{36 \cdot t} \cdot 10^{-13} + \frac{\alpha \cdot \Delta P \cdot n}{6} \cdot 10^{-5} =$$
$$= \frac{3,14^3 \cdot (63 - 7) \cdot 756 \cdot 229380,36 \cdot 0,466 \cdot 10^3 \cdot 160^2}{36 \cdot 63} 10^{-15} + \frac{17953,4 \cdot 32 \cdot 160}{6} 10^{-7} = 14,86 \text{ кВт}$$

Потужність, споживана в зазорі між гребенем і корпусом

$$\gamma_3 = \frac{\pi D n}{60 \cdot \delta} = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 160}{60 \cdot 0,126} = 4186,5 \text{ хв}^{-1}$$
$$\mu = 13741 \cdot 4186^{-0,688} = 44,26 \text{ Па} \cdot \text{с}$$
$$N_2 = \frac{\pi^3 D^3 \cdot e \cdot l_d \cdot \mu \cdot n^2}{36 \cdot \delta \cdot t} = \frac{3,14^3 \cdot 63^3 \cdot 7 \cdot 945 \cdot 44,26 \cdot 160^2}{36 \cdot 0,126 \cdot 63} \cdot 10^{-15} = 2,2 \text{ кВт}$$

Потужність, споживана в зони дозування:

$$N_d = N_1 + N_2 = 17,06 \text{ кВт}$$

Потужність, споживана черв'яком:

$$N_q = 2 \cdot N_d = 2 \cdot 17,06 = 34,12 \text{ кВт}$$

Потужність двигуна:

ККД приводу $\eta=0,7$;

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{ч}}}{\eta} = \frac{34,12}{0,7} = 48,74 \text{ кВт}$$

Обираємо двигун потужністю $N = 55 \text{ кВт}$.

6.1.5. Розрахунок тиску який розвиває черв'як

Розрахунок проведено відповідно до методики [13].

Осьове зусилля, яке виникає у гвинтовому каналі черв'яка, визначається за формулою:

$$P_z = \frac{19500 \cdot N \cdot \eta \cdot \text{tg} \phi}{n \cdot D} = \frac{19500 \cdot 55 \cdot 0,7 \cdot \text{tg}(17^\circ 40')}{160 \cdot 0,063} = 35745 \text{ Н},$$

$\phi = 17^\circ 40'$ - кут підйому витка в зоні дозування;

$N = 55 \text{ кВт}$ – потужність приводу;

$n = 160 \text{ об/хв}$ – максимальна частота обертання черв'яка;

$\eta = 0,7$ – ККД приводу екструдера;

$D = 0,063 \text{ м}$ – зовнішній діаметр черв'яка.

Питомий тиск, який розвиває черв'як:

$$P = \frac{P_z}{F} = \frac{P_z}{\pi \cdot (R^2 - R_g^2)} = \frac{35745}{3,14 \cdot (0,0315^2 - 0,0285^2)} = 56027052 \text{ Па} = 56,03 \text{ МПа},$$

де $R = 0,0315 \text{ м}$ - зовнішній радіус витків черв'яка,

$R_g = 0,0285 \text{ м}$ - внутрішній радіус витків черв'яка.

Приймаємо розрахунковий тиск рівним $P = 60 \text{ МПа}$.

6.1.6. Розрахунок фланця, який з'єднує формуючу головку з корпусом екструдера

Конструктивна схема фланцевого з'єднання приведена на рисунку 6.3

Мета : перевірити на міцність фланець та шпильки, які з'єднують головку з корпусом.

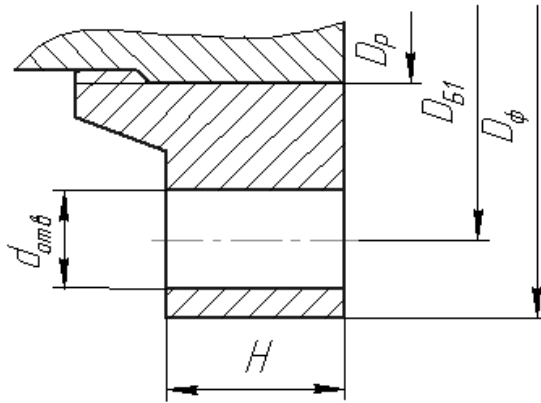


Рисунок 6.3 - Схема фланцевого з'єднання

Вихідні дані:

Внутрішній діаметр фланця: $D_p = 0,1$ м;

Зовнішній діаметр фланця: $D_\phi = 0,21$ м;

Товщина фланця: $H = 0,04$ м;

Матеріал фланця: Сталь 45Л;

Діаметр болтової окружності фланця: $D_{БІ} = 0,17$ м;

Діаметр отворів під болт: $d_{отв} = 0,014$ м;

Діаметр болтів: $d^Б = 0,012$ м;

Кількість болтів: $z = 18$;

Матеріал болтів: Сталь 40Х.

Розрахунок проведено згідно [14].

Осьове зусилля, яке діє на черв'як, виникає із зусилля при видавлюванні через головку P_B :

$$P_B = P_{\text{пит}} \cdot F = 60 \cdot 10^6 \cdot 0,00567 = 340140 \text{ Н};$$

$P_{\text{пит}} = 60$ МПа - питомий тиск суміші на виході із машини;

F - площа поперечного перерізу черв'яка, визначена за формулою:

$$F = \frac{\pi \cdot (D^2 + D_2^2)}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,063^2 + 0,057^2)}{4} = 0,00567 \text{ м}^2;$$

$D = 0,063$ м – зовнішній діаметр черв'яка;

$D_2 = 0,057$ м – діаметр серцевини черв'яка.

Розрахункова сила з урахуванням крутного моменту затягування:

$$P_p = (k_{\text{ст}}(1 - \kappa) + \kappa) \cdot \frac{P_B}{z} = (1,5 \cdot (1 - 0,25) + 0,25) \cdot \frac{340140}{18} = 25983 \text{ Н};$$

Напруження розтягу, яке виникає в шпильках:

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{P_p}{f_{\text{Б}}} = \frac{25983}{11,3 \cdot 10^{-4}} = 51655898 \text{ Па} = 23 \text{ МПа},$$

де $f_{\text{Б}}$ - площа перерізу болта, визначена за формулою:

$$f_{\text{Б}} = 0,785 d_{\text{Б}}^2 = 0,785 \cdot 0,012^2 = 11,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2,$$

Допустиме напруження розтягу для матеріалу болта із Сталі 40Х:

$$[\sigma]_P = \frac{\sigma_t}{n} = \frac{650 \cdot 10^6}{2,8} = 232 \cdot 10^6 \text{ Па} = 232 \text{ МПа}$$

Умова міцності:

$$\sigma_p \leq [\sigma]_p;$$

$$23 \text{ МПа} \leq 232 \text{ МПа};$$

Умова міцності виконується.

Напруження згину у фланці:

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{6M}{(\pi D_{\text{Б1}} - z d_{\text{отв}}) H^2} = \frac{6 \cdot 5952}{(3,14 \cdot 0,17 - 18 \cdot 0,012) \cdot 0,04^2} = 70,17 \text{ МПа},$$

де M - згинаючий момент, який діє в розглядуваному перерізі, визначений за формулою:

$$M = \eta P L_1 = 0,5 \cdot 340140 \cdot 0,035 = 5952 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де L_1 - відстань від внутрішнього діаметра фланця до окружності осей болтів, визначена за формулою:

$$L_1 = \frac{D_{\text{Б1}} - D_P}{2} = \frac{0,17 - 0,1}{2} = 0,035 \text{ м},$$

$\eta = 0,5$ - коефіцієнт зменшення згинаючого моменту [14].

Границя міцності при розтягу фланця: $\sigma_B = 550 \text{ МПа}$.

$$0,6 \cdot \sigma_B = 0,6 \cdot 550 = 330 \text{ МПа},$$

Умова міцності при розтягу:

$$\sigma_{\text{и}} < 0,6 \cdot \sigma_B$$

$$70,17 \text{ МПа} < 330 \text{ МПа}.$$

Умова міцності при розтягу виконується.

6.2. Розрахунки черв'яка на міцність

6.2.1. Розрахунок на міцність

Розрахунок черв'яка на міцність – перевірка спроектованих на підставі попередніх розрахунків розмірів черв'яка [15].

Вихідні дані: матеріал черв'яка сталь 38ХМЮА , границя текучості при робочій температурі черв'яка $[\sigma_T] = 880$ МПа діаметр черв'яка 63 мм.

На черв'як діють такі силові фактори:

- осьове зусилля $P_{ос.}$;
- рівномірно розподілене навантаження від власної ваги q ;
- обертальний момент $M_{об.}$

Схема навантаження черв'яка та епюри напружень зображені на рис.

6.4.

Крутний момент:

$$M_{об} = \frac{9550 \cdot N}{n} = \frac{9550 \cdot 55}{160} = 4,59 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де $N = 55$ кВт – потужність, яка споживається черв'яком;

$n = 160$ об/хв - швидкість обертання черв'яка.

Осьове зусилля:

$$P_{ос} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{D} = \frac{2 \cdot 4,59 \cdot 10^3}{0,063} = 53,1 \text{ кН.}$$

де $D = 0,063$ - зовнішній діаметр черв'яка, м;

$\varphi = 17^\circ 40'$ - кут підйому нарізки.

Розподілене навантаження від власної ваги:

$$q = \frac{9,81 \cdot G}{l_p} = \frac{9,81 \cdot 45,4}{1,89} = 235,6 \text{ Н/м.}$$

де G - маса черв'яка, кг;

$l_p = 1,51$ - довжина робочої частини, м.

$$G = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \rho \cdot l_p = \frac{3,14 \cdot 0,063^2 \cdot 7710 \cdot 1,512}{4} = 45,4 \text{ кг.}$$

W_x - осевой момент опоры:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3(1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3,14 \cdot 0,047^3(1 - 0,29^4)}{32} = 1,01 \cdot 10^{-5}$$

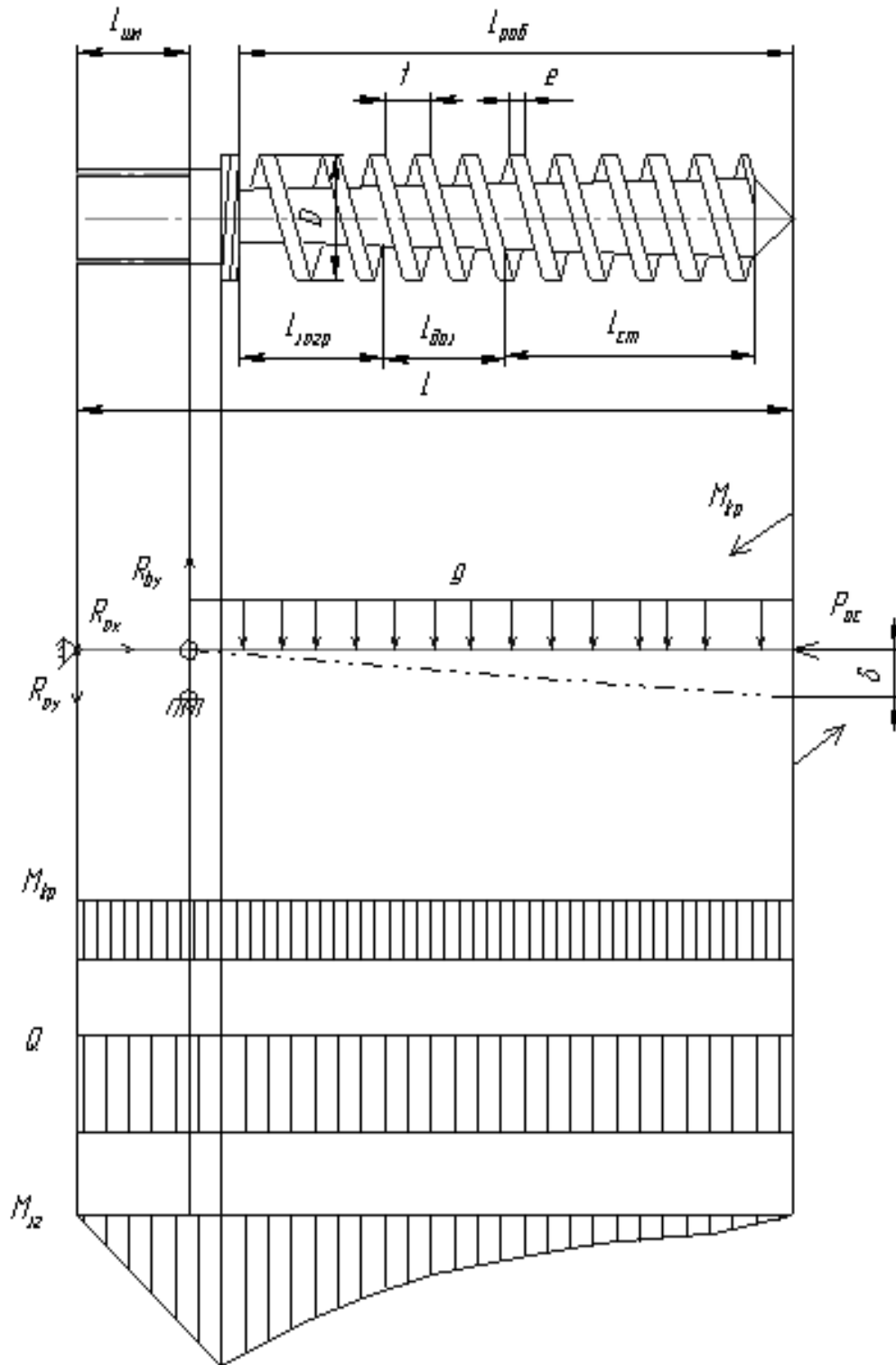


Рисунок 6.4 - Розрахункова схема черв'яка та епюри напружень.

Стискне напруження:

$$\sigma_{cm} = \frac{P_{oc}}{F} + \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{53,1 \cdot 10^3}{1,23 \cdot 10^{-3}} + \frac{420,8}{1,01 \cdot 10^{-5}} = 84,8 \text{ МПа.}$$

де F- площа небезпечного перерізу (під завантажувальною воронкою в місці початку нарізки, де найбільші навантаження і найменша площа, без урахування площі перерізу витків):

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} (1 - \alpha^2) = \frac{3,14 \cdot 0,047^2}{4} (1 - 0,29^2) = 1,23 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

$$\alpha = \frac{d_0}{d_1} = \frac{0,014}{0,047} = 0,29.$$

d_0 - діаметр осердя в зоні завантаження;

Дотичне напруження:

$$\tau = \frac{M_{kp}}{W_p} = \frac{5,09 \cdot 10^3}{2,02 \cdot 10^{-5}} = 252 \text{ МПа.}$$

де W_p - полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_1^3 (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{3,14 \cdot 0,047^3 \cdot (1 - 0,29^4)}{16} = 2,02 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності:

$$\sigma_{cm} = \sqrt{\sigma_{cm}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{84,8^2 + 4 \cdot 252^2} = 511 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу повинен перевищувати допустиме значення:

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{\text{ЭКВ}}} \geq [n]$$

Матеріал черв'яка - сталь 38Х2МЮА для якої $\sigma_t = 880$ МПа.

Значення допустимого коефіцієнта запасу зазвичай 1,6...2 [15]

$$n = \frac{880}{511} = 1,72 \in [1,6; 2]$$

Умова міцності черв'яка виконується.

6.2.2. Розрахунок на стійкість

Оскільки черв'як витримує загальний момент навантаження від циклічної дії власної ваги, доцільна його перевірка на витривалість.

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{(k_{\sigma})d \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_c} = \frac{0,4 \cdot 880}{4,643 \cdot 41,66 + 0,25 \cdot 0} = 1,82$$

де $\sigma_{-1} = 0,4 \cdot \sigma_c$ - допустиме напруження під час циклічного навантаження ($\sigma_c = 1200 \dots 1400$ МПа); σ_a - амплітуда змінювання напружень, у цьому випадку вони змінюються від $+\sigma_a$ до $-\sigma_a$ $+41,66 \leq \sigma_a \leq -41,66$ де σ_{max} - найбільші напруження від дії згинального моменту:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{420,8}{1,01 \cdot 10^{-5}} = 41,66 \text{ МПа.}$$

$\sigma = 0$ - середнє напруження циклу, оскільки цикл симетричний; $\psi_{\sigma} = 0,25$; $(k_{\sigma})_d$ - ефективний коефіцієнт концентрації напружень, який можна знайти за формулою:

$$(k_{\sigma})_d = \frac{k_{\sigma}}{(\beta \cdot \varepsilon)} = \frac{1,95}{1 \cdot 0,42} = 4,643$$

де $k_{\sigma} = 1,9 \dots 2$ - коефіцієнт концентрації напружень; β - коефіцієнт, який враховує якість поверхні деталі (для полірованої поверхні черв'яка $\beta = 1$), $\varepsilon = 0,42$ - коефіцієнт, який враховує розмір перерізу деталі і обирається в залежності від діаметра з таблиць.

Всі умови розрахунку черв'яка на витривалість виконуються.

6.2.3. Розрахунок на жорсткість

Важливим є забезпечення умов жорсткості – максимальний прогин черв'яка повинен бути меншим конструкційного зазору $\delta_{vmax} \geq \delta_k$ [19].

Вихідні дані:

Матеріал черв'яка сталь 38Х2МЮА;

Діаметр черв'яка $d = 63$ мм;

Зазор між корпусом і черв'яком $\delta = 0,15$ мм;

$E = 2 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності;

$I = 9,278 \cdot 10^{-7}$ м⁴ – полярний момент інерції перетину черв'яка;

$P_{oc} = 53,1$ кН.

Максимальний прогин дорівнює :

$$\delta = \frac{1}{EI} \left[\frac{q}{k^2} \left(\frac{1}{k^2} + \frac{l_p}{2} \right) - \frac{1}{k} \left(\frac{q}{k^2} + A \cdot l_p \right) \cdot \cos(k \cdot l_p) - \frac{1}{k^2} \left(\frac{q \cdot l_p}{k} - A \right) \cdot \sin(k l_p) \right];$$

де

$$k = \sqrt{\frac{P_{oc}}{EI}} = \sqrt{\frac{56400}{2 \cdot 10^{11} \cdot 9,278 \cdot 10^{-7}}} = 0,43;$$

$$A = \frac{q \left[l_p - \frac{1}{k} \sin(k l_p) \right]}{k \cdot \cos(k l_p)} = \frac{2,65 \cdot \left[3,52 - \frac{1}{0,43} \sin(2,37 \cdot 0,43) \right]}{0,43 \cdot \cos(0,43 \cdot 2,37)} = 7,64;$$

Максимальний прогин:

$$\delta_k = \frac{1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 9,278 \cdot 10^{-7}} \left[\frac{2,35}{0,53^2} \left(\frac{1}{0,53^2} + \frac{1,89}{2} \right) - \frac{1}{0,53} \left(\frac{1,89}{0,53^2} + 8,24 \cdot 1,89 \right) \cdot \cos(0,53 \cdot 1,89) - \frac{1}{0,53^2} \left(\frac{2,35 \cdot 1,89}{0,53} - 8,24 \right) \cdot \sin(0,53 \cdot 1,89) \right] = 0,0165 \text{ мм};$$

$\delta > \delta_k$ тобто прогин в межах допустимого.

6.2.4. Розрахунок шліцевого з'єднання

Черв'як з валом вузла упорного підшипника з'єднується шліцевим евольвентним з'єднанням 60×1,5×9 (ГОСТ 6033-80) [20].

Розрахунок шліцевого з'єднання проводять на зм'яття втулки в місці її зіткнення з бічними поверхнями зубців.

$$\sigma_{зм} = \frac{M_{кр}}{\psi \cdot z \cdot h \cdot l \cdot r_{cp}} \leq [\sigma]_{зм},$$

де $M_{кр} = 4,59$ кН·м – крутний момент, діє на валу черв'яка, $[\sigma]_{зм} = 60$ МПа - напруга зім'ягання, що допускається на бічних поверхнях зубце-шліцевих з'єднань,

$\psi = 0,75$ - коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження по зубцях,

$Z = 28$ - число зубців,

$L = 8,5$ см - робоча довжина уздовж осі валу;

h - робоча висота контактуючих зубців в радіальному напрямі;

r_{cp} - середній радіус, тобто відстань від осі обертання валу до середини висоти зубця:

$$r_{cp} = \frac{D_e + D_a}{4}, \quad h = \frac{D_e - D_a}{2}$$

де $D_b = 6,0$ см - зовнішній діаметр;

D_a - внутрішній діаметр (кола виступів для отворів);

$m = 0,3$ см – модуль.

При центруванні по боковим поверхням зубців:

$$D_a = D - 2 \cdot m = 6,3 - 2 \cdot 0,3 = 5,7 \text{ см},$$

$$r_{cp} = \frac{6,3 + 5,7}{4} = 3 \text{ см}, \quad h = \frac{6,3 - 5,7}{2} = 0,3 \text{ см}$$

$$\sigma_{cm} = \frac{5090}{0,75 \cdot 28 \cdot 0,3 \cdot 20 \cdot 3} = 13,5 \text{ МПа}.$$

$$\sigma_{cm} < [\sigma]_{cm}$$

Виконаємо тепловий розрахунок.

6.3. Тепловий розрахунок

Тепловий баланс черв'ячної машини [21] можна представити як:

$$Q_N + Q_{N1} = G_M C_M (t_k - t_n) + Q_0 + Q_{втр}$$

Потужність, що виділяється при споживанні механічним приводом:

$$Q_N = N \eta_1 \eta_2 \eta_3$$

$$\eta_1 = 0,75, \quad \eta_2 = 0,77, \quad \eta_3 = 0,8$$

$$Q_N = 14 \cdot 0,75 \cdot 0,77 \cdot 0,8 = 6,41 \text{ кВт}$$

Кількість тепла, що відводиться водою, яка охолоджує черв'як :

$$Q_O = G_B C_B \Delta t_B$$

$$C_B = 4.218 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

$$\Delta t = 4^\circ\text{C}$$

$$G_\epsilon = f \cdot v \cdot \rho = 0,0015 \cdot 0,5 \cdot 1000 = 0.75$$

$$Q_o = 0.75 \cdot 4,218 \cdot 4 = 12.63 \text{ кВт}$$

Втрати тепла в навколишнє середовище :

$$Q_{\text{втр}} = Q_{\text{к}} + Q_{\text{випр}}$$

$Q_{\text{к}}$ – втрати тепла в навколишнє середовище конвекцією

$$Q_{\text{к}} = \alpha_{\text{к}} F (t_{\text{кож}} - t_{\text{п}})$$

$$t_{\text{кож}} = 50^\circ\text{C}, \quad t_{\text{п}} = 20^\circ\text{C}$$

Площа теплообмінної поверхні:

$$F = \pi D l = 3,14 \cdot 2,376 \cdot 1,25 = 0,933 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт тепловіддачі від кожуха черв'ячної машини в навколишнє середовище конвекцією:

$$\alpha_{\text{к}} = Nu \frac{\lambda}{D}$$

Значення визначальної температури:

$$t_{\text{в}} = \frac{t_{\text{кож}} + t_{\text{п}}}{2} = \frac{50 + 20}{2} = 35^\circ\text{C}$$

$$\beta = \frac{1}{273 + t_{\text{в}}} = \frac{1}{308} = 0,0032 \text{ К}^{-1}$$

Критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{g D^3 \beta (t_{\text{кож}} - t_{\text{п}})}{\nu^2} = 17,754 \cdot 10^7$$

Коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря за визначальної температури:

$$\nu = 16,48 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Критерій Прандля:

$$Pr = 0,7$$

$$Gr \cdot Pr = 1,775 \cdot 10^8 \cdot 0,7 = 1,243 \cdot 10^8$$

Для ламінарного режиму:

$$Nu = 0,135(Gr \cdot Pr)^{0,33} = 0,135(2,56 \cdot 10^8)^{0,33} = 67,37$$

λ – коефіцієнт теплопровідності повітря за визначальної температури

$$\lambda = 2,715 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$\alpha_K = \frac{67,37 \cdot 2,715 \cdot 10^{-2}}{0,08} = 22,864 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

$$Q_K = \alpha_K \cdot F \cdot (t_k - t_p) = 22,864 \cdot 0,933 \cdot (50 - 20) = 640 \text{ Вт}$$

Втрати тепла в навколишнє середовище випромінюванням:

$$Q_{\text{ВИПР}} = 5,67 \cdot \varepsilon F \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] = 5,67 \cdot 0,6 \cdot 0,933 \left[\left(\frac{323}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right] \\ = 111,55 \text{ Вт}$$

$\varepsilon = 0,6$ – ступінь чорноти поверхні кожуха для сталі,

$T_1 = 323 \text{ К}$ - абсолютна температура поверхні кожуха,

$T_2 = 293 \text{ К}$ - абсолютна температура навколишнього повітря.

$$Q_{\text{ВТР}} = Q_K + Q_{\text{ВИПР}} = 640 + 112 = 751 \text{ Вт}$$

$$Q_{N1} = G_M C_M (t_k - t_{\text{п}}) + Q_0 + Q_{\text{ВТР}} - Q_N$$

$$G_M = \frac{\Pi}{3600} = \frac{200}{3600} = 0,056 \text{ кг/с}$$

$$C_M = 2500 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$$

$$Q_{N1} = 0,056 \cdot 2500 \cdot (160 - 20) + 12,63 \cdot 10^3 + 751 - 6,41 \cdot 10^3 = 26571 \text{ Вт}$$

Кількість тепла, що підводиться до корпусу електронагрівачами дорівнює : $Q_{N1} = 26571 \text{ Вт}$.

6.4. Розрахунок кріпильного фланця формуючої головки методом скінченних елементів

Було проведено розрахунок кріпильного фланця формуючої головки базової та модернізованої конструкцій на міцність. Розрахунки проводилися з урахуванням статичних та температурних навантажень. Використовувалися модулі Steady-State Thermal та Static Structural програмного пакету ANSYS.

Програмний модуль Steady-State Thermal використовувався для задання температурних навантажень (Рис. 6.5).

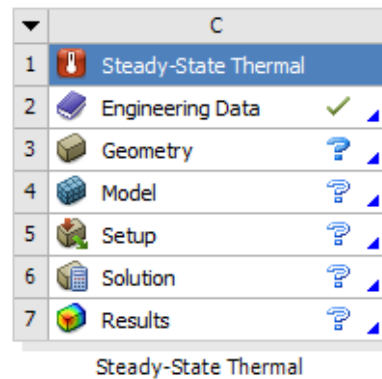


Рисунок 6.5 – модуль Steady-State Thermal

Матеріал фланця – Сталь 38Х2МЮА ($\sigma = 880$ МПа). Геометрія фланця була створена у програмному комплексі SolidWorks, після чого була імпортована у розділ Geometry модуля Steady-State Thermal. За допомогою команд Sketch, Circle та Extrude було виділено зону дії навантажень від кріпильних болтів (Рис. 6.6).

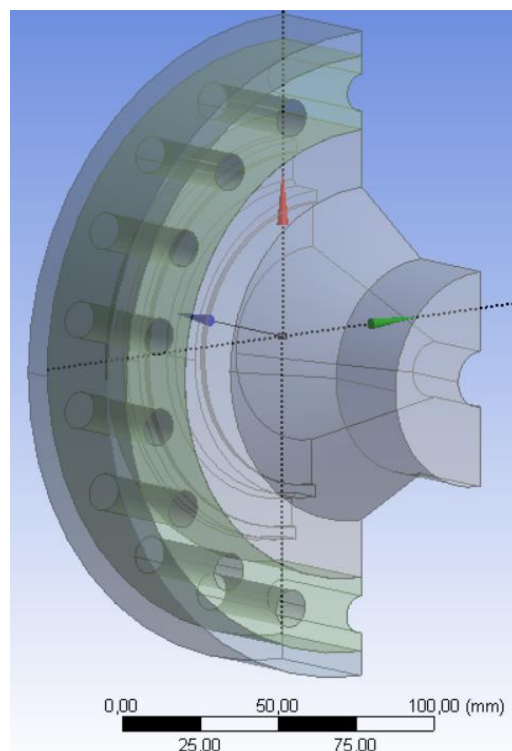


Рисунок 6.6 – Базова геометрія для числового моделювання

В розділі Model у пункті Mesh було згенеровано сітку скінченних елементів. Кількість елементів – 83980 (Рис. 6.7).

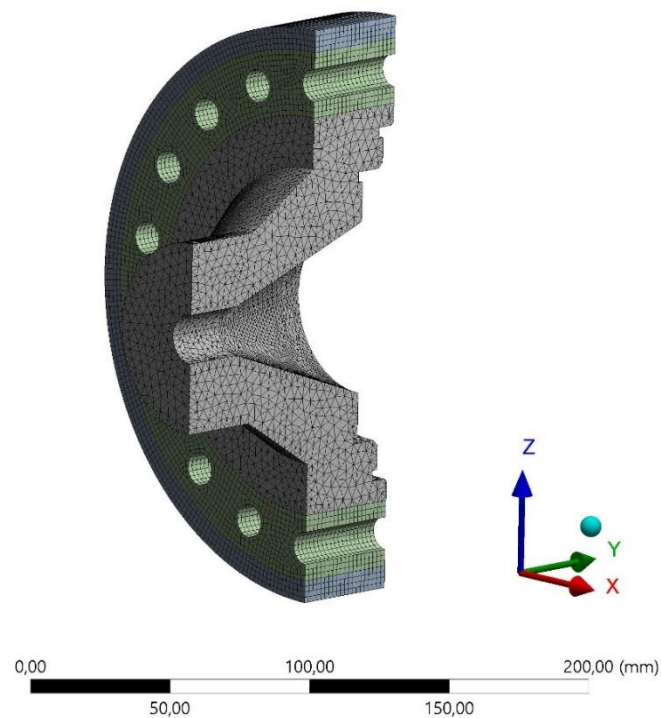


Рисунок 6.7 – Розрахункова сітка числової моделі конструкції
Задаємо температури які діють на фланець (Рис.6.8).

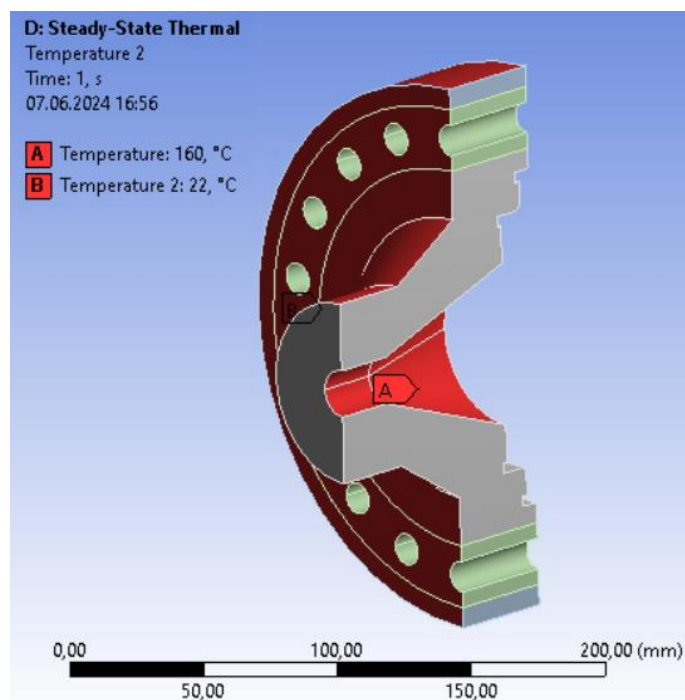


Рисунок 6.8 – Температури що діють на модель конструкції:
160° - температура плавлення перероблюваного матеріалу (ПП);
22° - температура навколишнього середовища

У пункті Thermal розділу Solution задаємо кольоровий муар розподілу температур (Рис. 6.9).

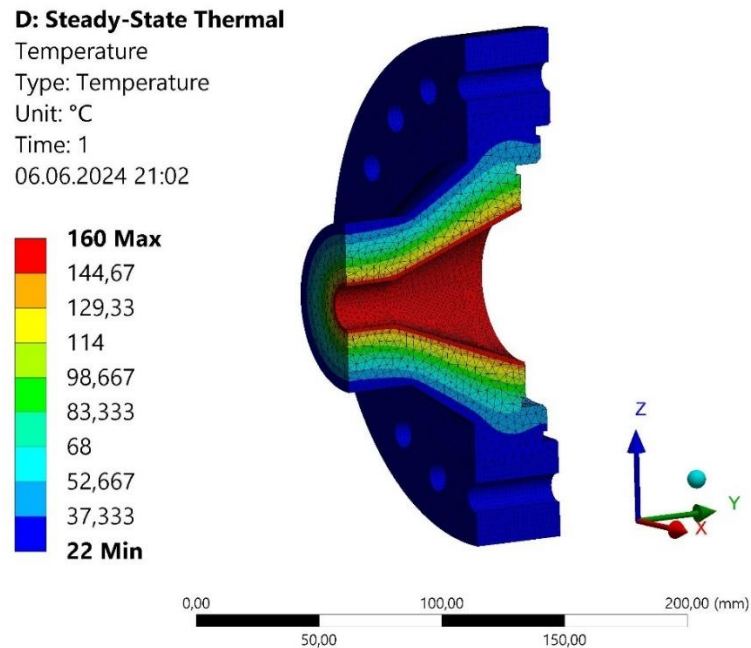


Рисунок 6.9 – Кольоровий муар розподілу температур

Для задання статичних навантажень і розрахунку на міцність використовувався програмний модуль Static Structural (Рис. 6.10).

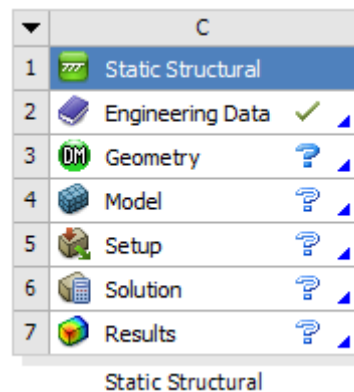


Рисунок 6.10 – модуль Static Structural

Перетягуємо розділ Geometry з проекту Steady-State Thermal у розділ Geometry проекту Static Structural, а розділ Solution з проекту Steady-State Thermal у розділ Setup проекту Static Structural (Рис. 6.11).

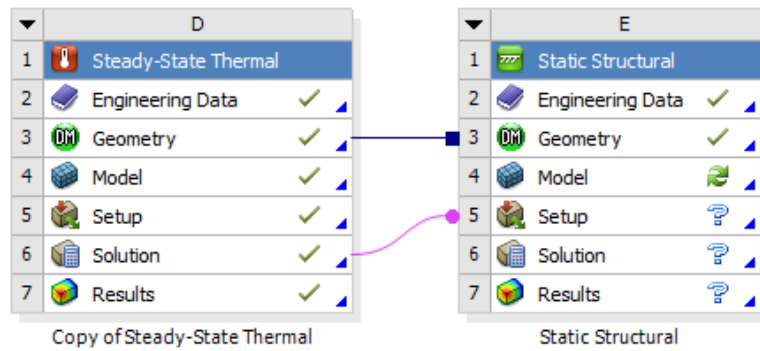


Рисунок 6.11 – перенесення даних з проекту Steady-State Thermal у проект Static Structural.

У розділі Static Structural пункту Model задаємо закріплення, дію гравітації та навантаження які діють на фланець (Рис. 6.12).

E: Static Structural

Static Structural

Time: 1, s

06.06.2024 23:59

- A** Displacement
- B** Fixed Support
- C** Standard Earth Gravity: 9806,6 mm/s²
- D** Pressure: 60, MPa
- E** Pressure 2: 70,17 MPa

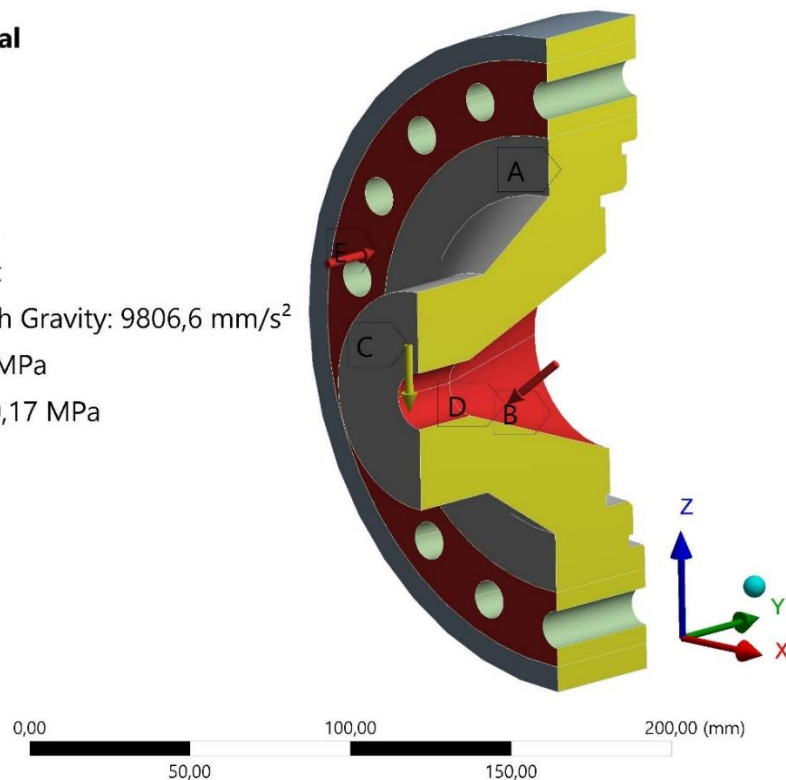


Рисунок 6.12 – Закріплення та прикладені навантаження:

60 МПа – тиск який розвиває черв'як (п. 6.1.5);

70,17 МПа – напруження згину у фланці (п. 6.1.6)

Після проведення розрахунків було отримано результати загальних деформацій, еквівалентних напружень та коефіцієнта запасу міцності. Результати розрахунків представлені на рисунках 6.13 – 6.15.

K: Static Structural

Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: mm

Time: 1

06.06.2024 21:18

0,35506 Max

0,31561

0,27616

0,23671

0,19725

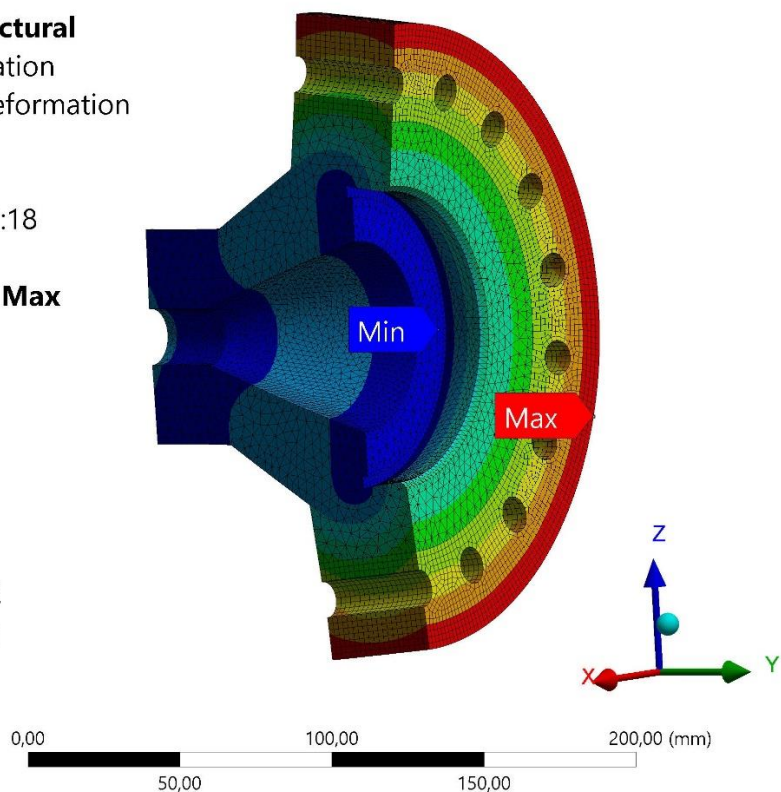
0,1578

0,11835

0,078902

0,039451

0 Min



a

E: Static Structural

Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: mm

Time: 1

07.06.2024 0:02

0,16739 Max

0,14879

0,1302

0,1116

0,092997

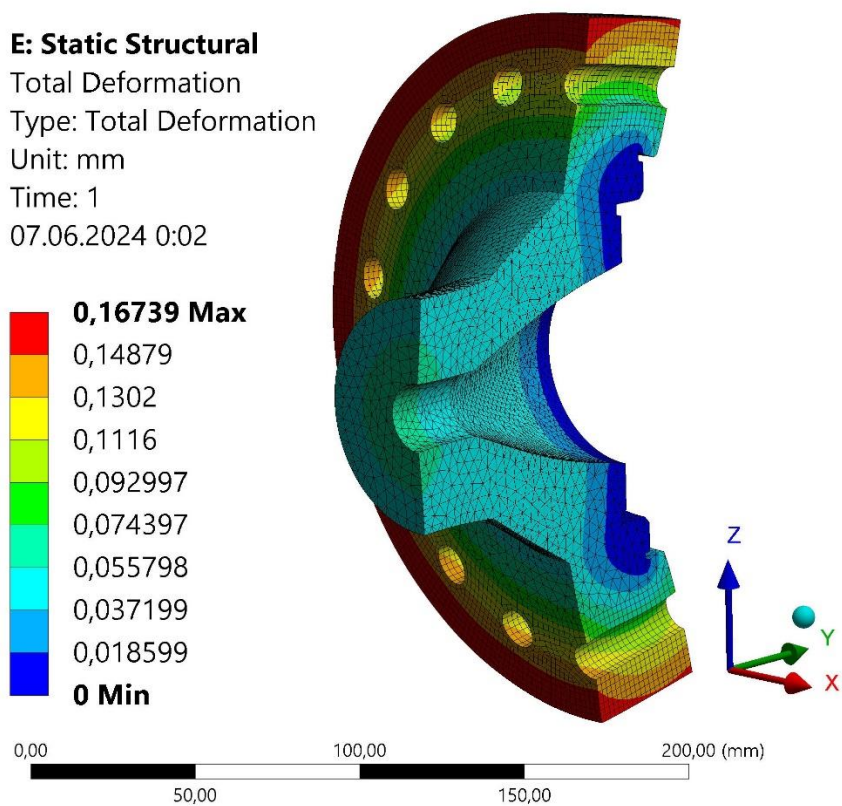
0,074397

0,055798

0,037199

0,018599

0 Min



б

Рисунок 6.13 – Загальні деформації базової (а) та модернізованої (б) конструкції

K: Static Structural

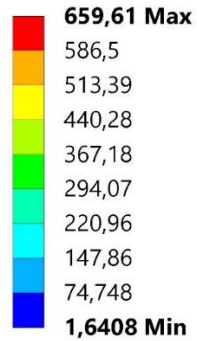
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 1

12.06.2024 20:59



a

E: Static Structural

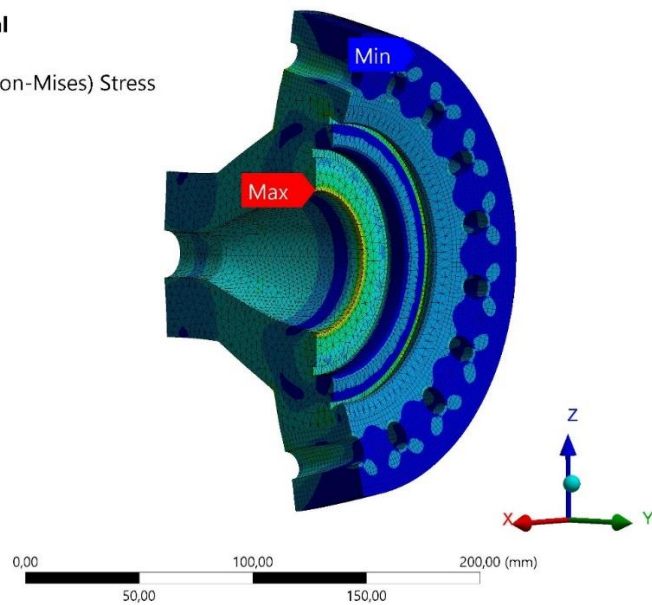
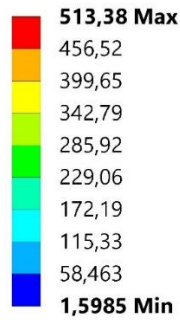
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 1

12.06.2024 23:05



б

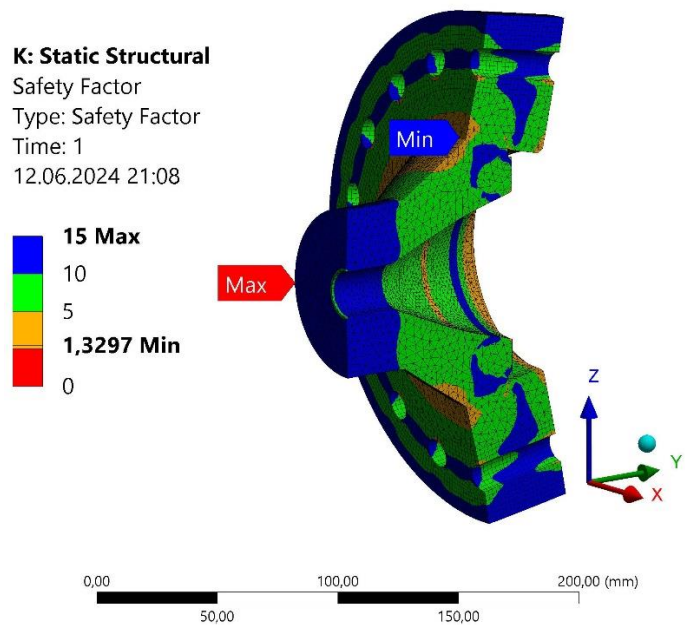
Рисунок 6.14 – Еквівалентні напруження базової (а) та модернізованої (б) конструкції

Коефіцієнт запасу міцності базової конструкції:

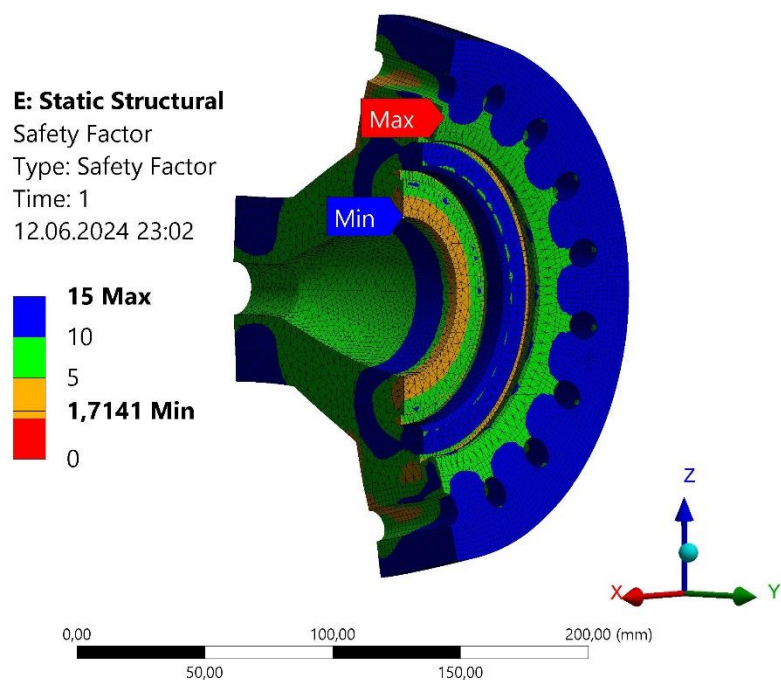
$$n = \frac{\sigma_{\Pi}}{\sigma_{\text{H}}} = \frac{880}{660} = 1,33$$

Коефіцієнт запасу міцності модернізованої конструкції:

$$n = \frac{\sigma_{\Pi}}{\sigma_{\text{H}}} = \frac{880}{513} = 1,71$$



a



б

Рисунок 6.15 – Коефіцієнт запасу міцності базової (а) та модернізованої (б) конструкції

Виходячи з розрахунків в програмному комплексі ANSYS, що модернізація фланця є працездатною, адже коефіцієнт запасу міцності модернізації (1,7141) майже у півтори рази перевищує коефіцієнт запасу міцності базової конструкції фланця (1,329).

7. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є важливою складовою будь-якого підприємства, а люди визначаються як найважливіша цінність [18]. Адже безпека і здоров'я людей робить процес виробництва більш зрозумілим і продуктивним. Відповідно до статті 49 Закону України «Про охорону праці» керівники підприємств несуть дисциплінарну, адміністративну, фінансову та кримінальну відповідальність за порушення законів та інших нормативно-правових актів про охорону праці.

Технічне завдання дипломної роботи - «Агрегат для накладання кабельної ізоляції з модернізацією екструдера». Лінія виробництва полімерних труб призначена для виробництва труб, які використовуються для прокладки внутрішніх і зовнішніх каналів систем холодного і гарячого водопостачання для транспортування речовин при різних температурах.

Лінію контролює оператор, який також відповідає за налаштування технічних параметрів. Сама консоль знаходиться у виробничому цеху площею $S = 1000 \text{ м}^2$, об'єм $V = 3400 \text{ м}^3$.

Шкідливі та небезпечні фактори виробництва при експлуатації і обслуговування лінії:

- Ураження електричним струмом;
- Повітря робочої зони;
- Промислове освітлення;
- Пожежна небезпека;
- Виробничий шум і вібрації, які перевищують допустимі норми;
- Вплив деталей чи механізмів, що рухаються або обертаються, а також матеріалу, що переміщується.

7.1. Електробезпека

Робоча зона, де встановлена лінія для накладання ізоляції - це суха кімната з нормальною температурою і вологістю. Підлога робочої зони виконана із залізобетону і згідно з «Правилами улаштування електроустановок» (ПУЕ-2017) не відноситься до приміщень підвищеної небезпеки.

Тип електромережі – різноманітний, із глухо заземленою нейтраллю.

Напруга і частота, що використовується на лінії виробництва:

- на пульті керування: $U = 220\text{В}$, $f = 50\text{Гц}$;
- на електродвигун: $U = 380\text{В}$, $f = 50\text{Гц}$.

Беручи до уваги усе перераховане, для уникнення пошкоджень від електричного струму, вводяться наступні заходи безпеки:

- ізоляція;
- захисне занулення;
- недосяжність елементів по яких проходить струм;
- розділяючі трансформатори;
- рубильники вмикання, які знаходяться в спеціальних шафах;
- засоби індивідуальної безпеки (діелектричні рукавички та чоботи, гумові килимки).

Також, забороняється наступне:

- залишати працюючу лінію без нагляду;
- допускати у робоче приміщення сторонніх осіб, а також людей, що не пройшли перевірку з питань охорони праці та техніки безпеки;
- працювати на вузлах лінії, які не піддалися заземленню;
- проводити ремонт та розборку лінії на робочому агрегаті;
- запалювати сірники та запальнички, курити, проводити зварювальні роботи.

7.2. Шум та вібрація

Ні для кого не секрет, що на підприємствах шум та вібрації є невід'ємними складовими, основними їх джерелами є устаткування механічного характеру.

Джерелами шуму можуть бути:

- редуктор;
- електродвигун;
- система охолодження(вентилятори);

Значення шуму при експлуатації обладнання $L_{вдж} = 100$ дБА.

Щоб обмежити рівень шуму на підприємстві, необхідно виконувати наступні умови:

- змащувати всіх поверхонь між якими відбувається тертя;
- застосувати захисні прокладки та кожухи.

Це дасть змогу зменшити рівень шуму на $\Delta L = 30$ дБА (ДСН 3.3.6.037-99).

Джерела вібрації:

- електродвигун;
- обертові частини лінії.

Основними причинами вібрації є неправильна установка деталей і нещільне з'єднання предметів, що обертаються.

Технічні коливання, що виникають на лінії, передаються через поверхню станини до оператора, який піддається впливу вібрацій. Але через те, що працівник знаходиться близько до пульта керування, тобто на відстані, вібрації не передаються на працівника і не впливають на його тіло.

У робочому приміщенні, максимальні технологічні вібрації можуть сягати рівня до 90 дБ, частота – 4 Гц, що відповідає «Державним санітарним нормам виробничої загальної та локальної вібрації» (ДСН 3.3.6.039-99).

7.3. Пожежна безпека

Протипожежний захист є невід'ємною частиною організації робочих процесів на підприємстві. У робочому приміщенні, де встановлена лінія для накладання ізоляції, існує небезпека пожежі від наступних елементів:

- машинне масло;
- ганчірка;
- електропроводка;
- деякі компоненти полімерної сировини;
- електричне обладнання.

Інгредієнти полімерної сировини включають ацетон, метиловий спирт, ацетальдегід, формальдегід, оксиди та вуглекислий газ. Працює при температурі вище 120 °С; кислоти, складні ефіри, перекисні сполуки – 150°С та ін.

Отже, приміщення, де розташована лінія для накладання ізоляції має наступні характеристики:

- категорія – В (за ДСТУ Б В.1.1-36:2016);
- клас зони – П-Па (за ПУЕ-2017);
- ступінь вогнестійкості – III (за ДБН В.1.1-7:2016).

Температура спалаху рідин, пилу та волокон на даному виробництві - 61°С. Дані тверді матеріали і речовини здатні лише займатися, а не вибухати.

Причини виникнення пожежі на підприємстві:

- іскри при електричних і зварювальних роботах;
- несправне електрообладнання;
- струм;
- великий рівень тертя між поверхнями.

Заходи протипожежного захисту включають використання негорючих матеріалів та відповідні організаційні заходи безпеки.

Вогнегасний засіб: вогнегасник порошковий САМ-9 (84 шт.)

Засоби пожежогасіння для приєднаних електромереж: вогнегасник порошковий ОП-10 (10 шт.).

На випадок виникнення пожежі підприємство встановило пожежну сигналізацію, яка сповіщає працівників про необхідність негайної евакуації з приміщення. Підприємство повинно мати не менше двох аварійних шляхів евакуації шириною не менше 1 м і шириною дверей не менше 0,8 м. Сама робоча зона повинна розташовуватися на першому поверсі будівлі (за СНиП 2.09.02-85).

7.4. Повітря робочої зони

Повітря в робочій зоні очищається вентиляцією, яка видаляє з повітря шкідливі гази і пил.

Вентиляційна система складається з ресивера, що поглинає шкідливі випари, повітроводів, вентиляторів, фільтрів і каналізації.

Контейнери для збору встановлюються над формуючою головкою та наповнювальною горловиною шнекового екструдера, щоб запобігти потраплянню забруднень в атмосферу робочої зони.

Витрата повітря, що видаляється витяжним зонтом: $L = 360 \text{ м}^3$.

Втрата повітря компенсується вентилятором МУ4, частота обертання якого $n = 950 \text{ об/хв}$, ККД = 0,3 (за ГОСТ 12.1.005-88 (продовжений відповідно до наказу ДП «УкрНДНЦ» від 10.07.2017)).

Робота обслуговування лінії для накладання ізоляції відноситься до категорії – середньої важкості II категорії (ДСН 3.3.6.042-99).

Енергія, що споживається оператором під час роботи – 151 – 200 ккал/год, таким чином, робота відноситься до категорії середньої тяжкості.

Температура повітря в періоди року:

- теплий – 20 - 23°C;

- холодний – 18 - 22°C.

Відносна вологість: 40 – 70%.

Швидкість руху повітря: 0,3 м/с.

Отже умови навколишнього середовища даної робочої зони відповідають «Державним санітарним нормам» (ДСН 3.3.6.042-99).

Фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря залежні від періоду року наведено в таблиці 7.1.

Під час холодної пори року, для підігріву робочого приміщення використовуються батареї при температурах 50 - 60°C, у теплу пору року використовуються вентилятори.

Таблиця 7.1

Період року	Категорія роботи – середня важкість		
	Температура	Відносна вологість	Швидкість руху повітря
	°C	%	м/с
Холодний або перехідний	20 - 23	60 - 40	0,2
Теплий	22 - 25	60 - 40	0,2

Під час роботи ліній для накладання ізоляції утворюються гази та пил, токсичні для людини. Для видалення цих шкідливих компонентів з повітря поверх самого пристрою встановлюється місцева вентиляція (за ДБН В.2.5-67:2013).

7.5. Промислове освітлення

Лінія для накладання ізоляції знаходиться у закритому приміщенні, площа якої $S = 1000 \text{ м}^2$, об'єм $V = 3400 \text{ м}^3$. Робота лінії відбувається у дві зміни, керування здійснюється одним оператором. Для освітлення робочої зони використовується штучне освітлення.

Характеристика зорових робіт:

категорія – IV В;

розміри найменшого предмету різниці – 0,5 – 1мм.

Характеристика фону:

фон - світлий;

контраст об'єкта з фоном – великий.

Таким чином, приміщення обладнане 300 галогеновими лампами типу ДР4-400(400Вт), світловий потік яких 32000 лм, що дає змогу збільшити рівень освітлення до 350 люкс, отже, дане приміщення відповідає «Державним будівельним нормам України» (ДБН В.2.5-28-2018).

8. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

8.1. Технологія виготовлення деталі

В процесі виконання дипломного проекту було розроблено технологічний процес виготовлення деталі «фланець», який виконує роль з'єднання між завантажувальним бункером та корпусом екструдера.

Дана деталь дуже часто експлуатується в умовах високих напружень та температур, це означає, що на дану деталь накладається дуже висока відповідальність, а отже, наявність дефектів просто неприпустима [16].

В якості матеріалу для виготовлення деталі було обрано сталь 40 (ГОСТ 1050-88), який характеризується непоганою пластичністю і доволі піддатливий до різання.

Заготовка майбутнього фланця виготовляється методом гарячої штамповки. Далі заготовка піддається токарним та свердлильним операціям на металорізальних верстатах до отримання деталі із заданими геометричними параметрами.

8.2. Опис та призначення деталі

Фланець – це плоска кругла деталь типу «диск», з отворами для болтів і гайок, яка призначена для регулювання зазорів, з'єднання валів та інших обертальних і нерухомих деталей [17].

В даному дипломному проекті фланець виконує роль з'єднувального елемента між завантажувальною горловиною та корпусом екструдера.

Матеріал з якого виготовлений фланець – сталь 40. Характеристики матеріалу наступні:

Хімічний склад у % матеріалу сталь 40

C	Si	Mn	Ni	P	S	Cr	Cu
0.37-0.45	0.17-0.37	0.50-0.80	≤0.30	≤0.035	≤0.040	≤0.25	≤0.30

Механічні властивості сталі 40

Межа плинності, не менше	Межа короточасної міцності, не менше	Мінімальне відносне подовження, %, не менше	Відносне звуження, %, не менше
335	570	19	45

8.3. Вибір заготовки для виготовлення деталі

З урахуванням технологічних властивостей матеріалу з якого виготовлений фланець (Сталь 40), його габарити та вимоги щодо експлуатації, одержування заготовки відбуватиметься з використанням методу гарячої штамповки, що дасть змогу забезпечити 4 клас точності (ГОСТ 26645-84).

Так як виготовлення заготовки не потребує високої якості штамповки, для отримання заготовки (Рис. 8.1) будемо використовувати горизонтально-кувальну машину (ГКМ).

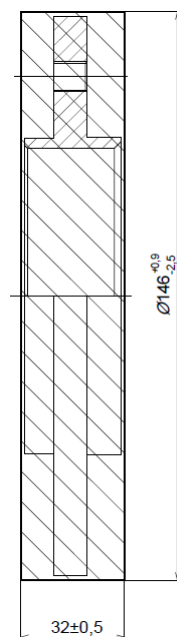


Рисунок 8.1 – Заготовка

Так як фланець відноситься до класу дисків, технологічний процес обробки заготовки налічуватиме такі операції:

- Чорнова і чистова обробка торця і отвору;
- Чорнова і чистова обробка другого торця, а також чорнова і чистова обробка зовнішньої поверхні при базуванні деталі по обробленим начисто внутрішньої поверхні і торця;
- Зняття фасок та свердління отворів.

8.4. Технологічний процес виготовлення деталі

Послідовність операцій:

Операція 005. Токарно-револьверна.

Точити торець, витримуючи розмір 30; зенкерувати отвір, витримуючи розмір $\varnothing 65H9$; точити поверхню, витримуючи розміри $\varnothing 70g6$ і 11; точити фаску, витримуючи розмір $1,5 \times 45^\circ$.

Операція 010. Токарно-револьверна.

Точити торець, витримуючи розмір 30; точити поверхню, витримуючи розміри $\varnothing 70g6$ і 9; точити фаску, витримуючи розмір $1 \times 45^\circ$.

Операція 015. Свердлильна.

Свердлити отвори (8 шт.), витримуючи розмір 7 і $\varnothing 100$; нарізати різьбу М7 у 8 отворах.

8.5. Вибір та розробка пристосування для певної операції

Для даної деталі використовується високопродуктивне спеціалізоване обладнання, так як вона відноситься до продукції середньосерійного виробництва.

Операція 005, 010. Токарно-револьверна.

Для даних операцій виконується токарно-револьверний верстат 1Г325, який має наступні характеристики:

клас точності – Н;

максимальний діаметр оброблюваної деталі над станиною – 320 мм;

максимальна довжина деталі – 140 мм;

максимальний діаметр прутка – 25 мм;

межі частот обертання шпинделя – 80...3150 об/хв;

потужність головного приводу – 2,6 кВт;

вага верстата – 1300 кг;

габарити верстата мм:

- Довжина – 3980;
- Ширина – 1000;
- Висота – 1555.

Операція 015. Свердлильна.

Дана операція виконується на вертикально-свердлильному верстаті НС-16, який має наступні характеристики:

клас точності – Н;

максимальний діаметр свердлильного отвору – 22 мм;

межі частот обертання шпинделя – 550...3400 об/хв;

хід шпинделя – 100 мм;

хід траверси – 200 мм;

потужність головного приводу – 0,75 кВт;

вага верстата – 110 кг;

габарити верстата мм:

- Довжина – 680;
- Ширина – 420;
- Висота – 735.

8.6. Вибір пристосування, опис конструкції та принцип дії

Операції по свердлінню кріпильних отворів фланця будуть проводитись із застосуванням універсального кондуктора (Рис. 8.2), який оснащений швидкодіючим пневматичним діафрагменним приводом, а також трьома призватами.

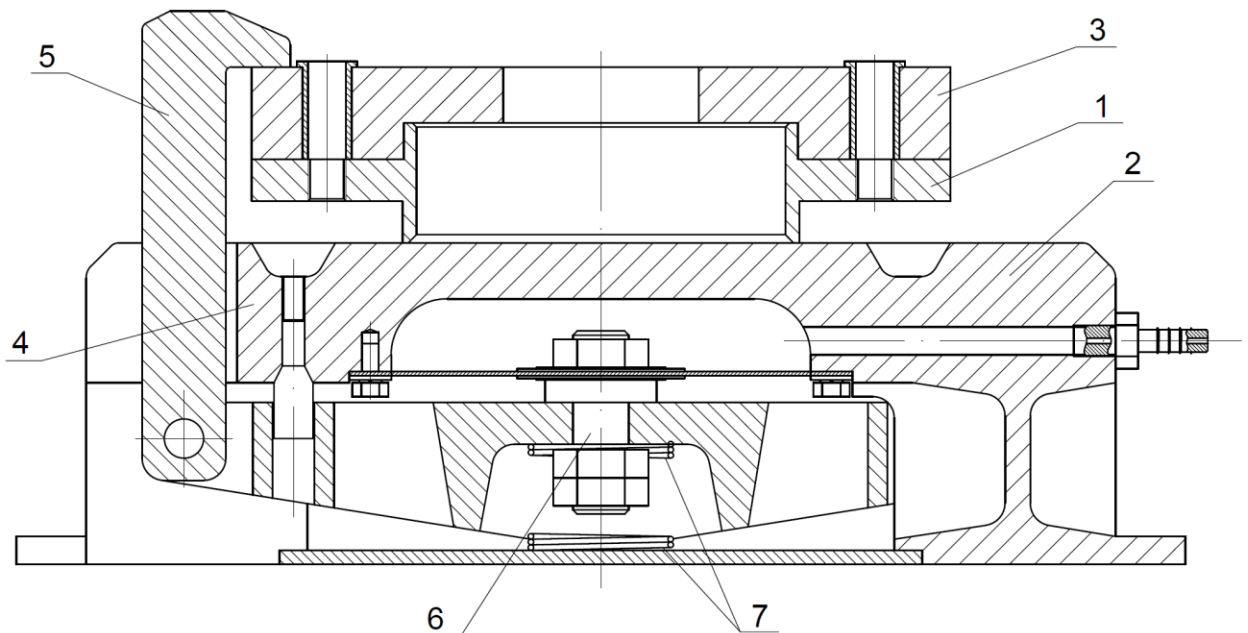


Рисунок 8.2 – Універсальний кондуктор:

Кондуктор працює в такий спосіб:

Деталь 1, встановлена на корпусі 2 кондуктора, притискається до нього за допомогою пластини 3 і прихватів 5, самі прихвати прикріплені до рами 4, яка регулюється у вертикальному напрямку штоком 6. В результаті переміщення штока 6, відбувається стиснення пружини 7. Після проведення свердління, у пневматичному приводі знижується тиск і пружини 7 підіймають шток 6 і раму 4, в результаті чого відбувається послаблення прихватів і звільнення деталі.

Дубл.																			
Взамін.																			
Підпис																			
Розробив	Невінський					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ													
Перевірів	Борщик																		
Н. контр.										ФЛАНЕЦЬ				Н					
M01	Сталь 40 ГОСТ 1050-88																		
	Код		ОВ	МД	ОМ	Н.роз	КВМ	код.загот	Профіль і розміри		КД	МЗ							
M02			Кг	2,72	1		0,8				1	12							
А	Цех	Уч	Рм	Опер	Код, найменування операції				Позначення документу										
Б	Код, найменування обладнання				См	Проф.	Р	Уп	Кр	Коод	Он	Оп	Кшт	Тп.з	Т.шт				
A01				005	3708 Токарна				60141.00001; 20141.00001; 10П№XX-XX										
B02	38261.XXXX Токарно-револьверний верстат 1Г325					18632	3	10	1	1	1	50	1						
03																			
A04				010	3708 Токарна				60141.00002; 20141.00002; 10П№XX-XX										
B05	38261.XXXX Токарно-револьверний верстат 1Г325					18632	3	10	1	1	1	50	1						
06																			
A07				015	4233 Свердлильна				60141.00003; 20141.00003; 10П№XX-XX										
B08	38261.XXXX Свердлильний верстат НС-16					18632	3	10	1	1	1	50	1						
09																			
A10																			
B11																			
12																			
A13																			
B14																			
15																			
A16																			
B17																			
МК	Обробка різанням																		

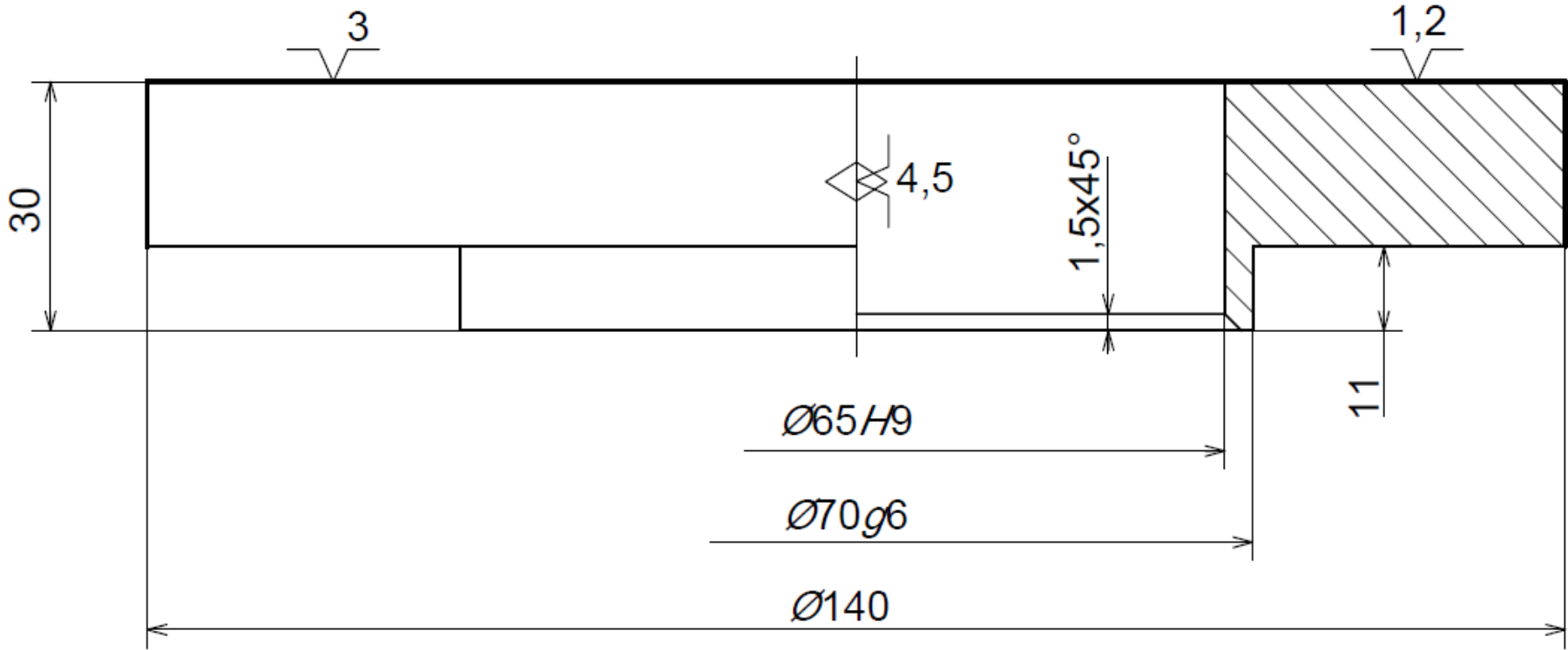
Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

--	--	--	--	--

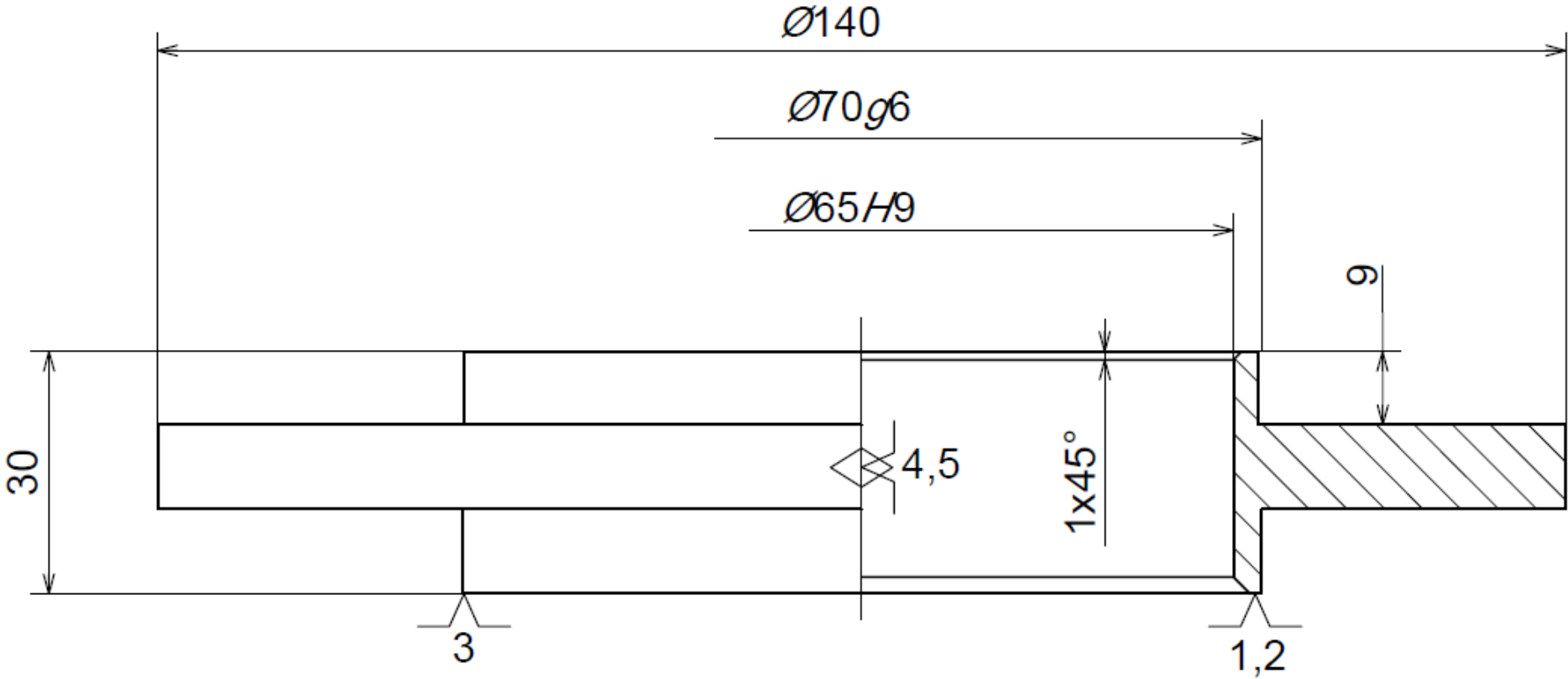
Розробив	Невінський			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ	005	
Перевірів	Борщук					

				Фланець			Н		
Н. контр.									



Дубл.										
Взамін.										
Підпис							Зм	Ар	№ док.	Підпис Дата

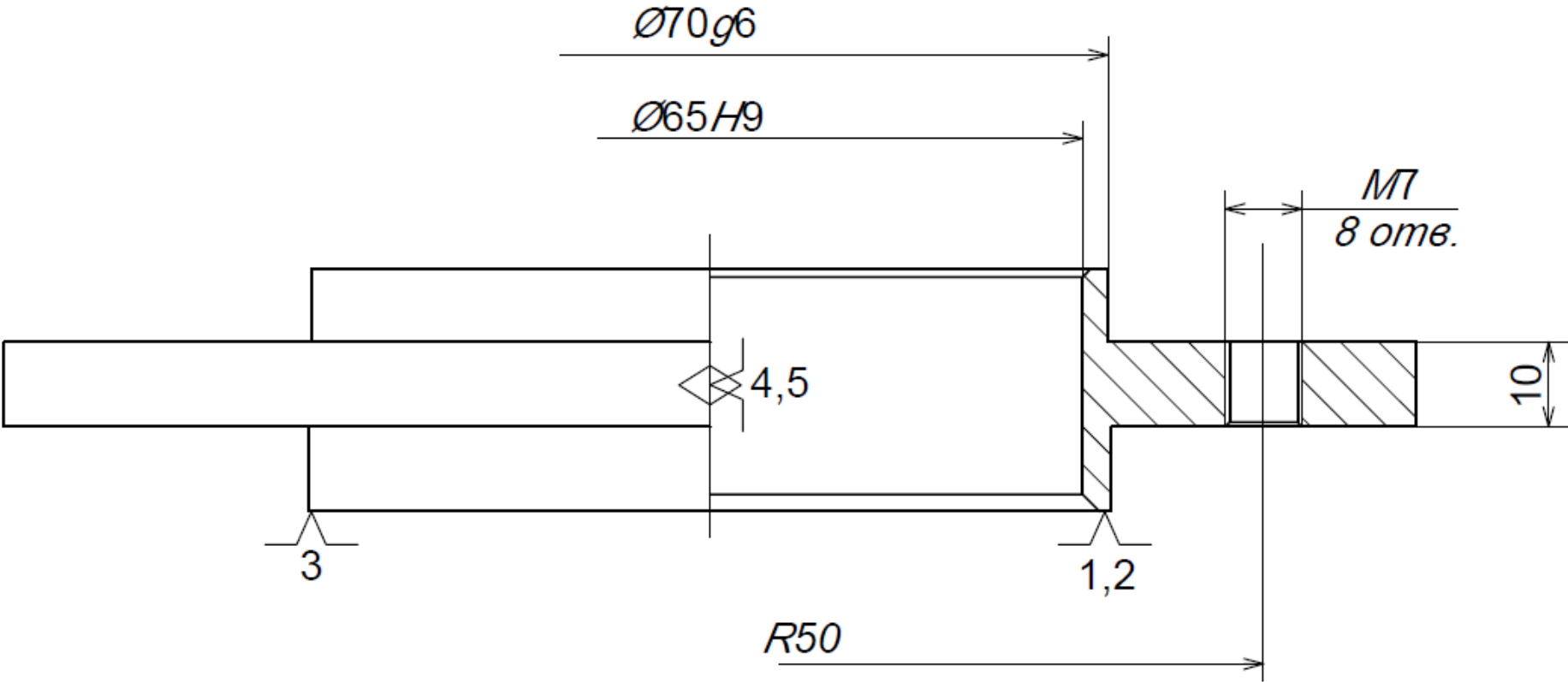
Розробив	Невінський			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ		010				
Перевірів	Борщик									
Н. контр.				Фланець				Н		



Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

Розробив	Невінський			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ	015			
Перевірів	Борщик							
Н. контр.				Фланець				Н



Дубл.														
Взамін.														
Підпис										Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата
Розробив	Невінський			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ										
Перевірів	Борщик													
Н. контр.				Фланець								Н		005
				Назва операції				Матеріал						
				Токарна				Сталь 40 ГОСТ 1050-88						
				Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	Коод				
					кє	2,72			12	1				
				Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми						
				Токарно-револьверний верстат 1Г325										
				То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР						
				Емульсія										
Р				ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v			
P01	1. Точити торець, витримуючи розмір 30													
T02	2. Зенкерування отвору Ø 65H9													
O3	3. Розвернути отвір Ø 65H9													
O04	4. Точити Ø 70g6													
T05	5. Зняти фаску (1,5x45°)													
T06	6. Розточити складну поверхню													
P07	7. Підрізати торець													
O8														
O9														
O10														
OK	Обробка різанням													

ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломного проекту на тему «Агрегат для накладання кабельної ізоляції з модернізацією екструдера», було детально досліджено конструкцію черв'ячного преса та його складових. Було зроблено наступні дії:

- Зроблено креслення загального виду черв'ячного преса ЧП-63 та описано принцип роботи даного агрегату;
- Описано галузь застосування черв'ячного преса та схематично зображено технічну лінію для накладання кабельної ізоляції із застосуванням агрегату;
- Проведено опис конструкції формуючої головки, ключовий елемент у процесі накладання кабельної ізоляції;
- Було проведено літературно-патентний огляд з ціллю виявлення актуальної проблеми черв'ячного пресу та пошуку конструктивного рішення проблеми. В результаті огляду було обрано конструктивне рішення [8], яке пропонує модернізацію вузла фланцевого з'єднання між формуючою головкою та корпусом черв'ячного преса;
- З використанням програмного забезпечення SOLIDWORKS було побудовано 3D модель модернізованого фланця формуючої головки;
- Із використанням програмного комплексу ANSYS було проведено порівняльні розрахунки на міцність базової та модернізованої моделі фланця методом скінченних елементів із врахуванням статичних та температурних навантажень.

За результатами розрахунків було підтверджено працездатність та перспективність модернізованого фланця, адже коефіцієнт запасу міцності модернізації (1,7141) майже у півтори рази перевищує коефіцієнт запасу міцності базової конструкції фланця (1,329).

Реалізоване конструктивне рішення може покращити рівень герметизації у з'єднанні між формуючою головкою та корпусом, за рахунок

наявності додаткової поверхонь контакту між фланцями корпусу та формуючої головки, тобто збільшити площу контакту між фланцями, а це зменшить рівень деформацій при дії механічних і температурних навантажень, що в свою чергу покращить формування виробів, та зменшить ймовірність просочування матеріалу крізь зазор, що могло б призвести до виникнення аварійної ситуації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мікульонок І. О. Технологічні основи перероблення полімерних матеріалів: навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 293 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/35084>
2. Мікульонок І. О. Технологічні основи перероблення полімерів, пластмас і гумових сумішей: навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 312 с.
3. Мікульонок І.О. Механічні, гідромеханічні і масообмінні процеси та обладнання хімічної технології: підручник. Київ: НТУУ «КПІ», 2014. 340 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38169>
4. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів : навч. посіб. / І. О. Мікульонок, О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, Л. Б. Радченко. – К. : НТУУ «КПІ», 2015. 200 с.
5. Басов Н. И., Казанков Ю. В., Любартович В. А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов : учеб. для вузов. М. : Химия, 1986. 488 с.
6. Plastic extruder : pat.CN216832147U China / L. Xingcai; заявл. 10.01.2022; опуб. 28.06.2022.
7. Extruder having spiral groove in barrel : pat. CA1048720A : Canada / F. Reuben; заявл. 12.04.1974; опуб. 20.02.1979.
8. Plastic extruder : pat.CN207128248U China / S. Xianzheng, H. Yonghan; заявл. 13.09.2017; опуб. 23.03.2018.
9. Single worm extruder : pat. GB1340958A Grate Britain / G. Ludwig, M. Hans; заявл. 30.06.1970; опуб. 19.12.1973.
10. Extruder : pat. GB1378793A Grate Britain / W. Willem; заявл. 09.02.1972; опуб. 09.02.1974.
11. Процеси та обладнання хімічної технології. У 2-х ч.: підручник / Корнієнко Я.М., Лукач Ю.Ю., Мікульонок І.О., Ракицький В.Л., Рябцев Г.Л. Київ: НТУУ «КПІ», 2011. 716 с.

12. Щербина В.Ю., Гондлях О.В., Сівецький В.І. Механічне обладнання для виробництва в'язучих будівельних матеріалів [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2022. – 147 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45720>

13. Сокольський О. Л., Сівецький В. І., Мікульонок І. О. Проектування формувальних пристроїв обладнання для перероблення пластмас: навч. посіб. – 2-ге вид., переробл. та доповн. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 160 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/64996>

14. Сівецький В.І., Щербина В.Ю., Гондлях О.В. І Лінії для виготовлення листових і профільних полімерних виробів [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2022. – 113 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45732>

15. Сокольський О. Л., Мікульонок І. О. Моделювання обладнання і процесів перероблення полімерних матеріалів методом екструзії: монографія. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 252 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/37481>

16. Методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни „Технологія машинобудування” для студентів факультету хімічного машинобудування та поліграфічного факультету (Укл. С. С. Добрянський, В. К. Фролов, В. Л. Шестаков) – К.: КПІ, 1996. – 78 с.

17. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / Под ред. Горбачевич А.Ф., Шкред В. А. – Минск: Вышэйш. шк., 1975.- 287 с.

18. Девислов, В.А. Охрана труда. – М.: Форум-Инфра-М, 2007.

19. Мікульонок І. О. Конструювання фланцевих з'єднань сталевих посудин та апаратів: Навчальний посібник. Київ: ІЗМН, 1997. 152 с.

20. Мікульонок І.О. Інноваційне теплообмінне обладнання : монографія. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 142 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/60632>

21. Доброногов В.Г., Мікульонок І.О. Конструювання та розрахунок фланцевих з'єднань: Навчальний посібник. Київ: НМК ВО, 1992. 104 с.

ДОДАТКИ

Таблиця розглянутих патентів

№ п/п	Предмет пошуку	Країна видачі, вид і номер документа	Сутність заявленого технологічного рішення і ціль його створення
1	2	3	4
1	Екструдер для пластику	Авторське свідоцтво: CN216832147U Автор: Лін Ксінгчаі	Екструдер для переробки пластику, який відрізняється тим, що резервуар з охолоджуваною водою оснащений отвором для кріплення охолоджувального напівпровідника, який одним кінцем розташований ззовні, а іншим в середині резервуару для охолодження води. Дане рішення може знизити температуру охолоджувальної рідини в резервуарі та забезпечити ефективне охолодження форми.
2	Екструдер зі спіральною навивкою в корпусі	Авторське свідоцтво: CA1048720A Автор: Філдс Рубен	Екструзійний пристрій для переробки полімерних матеріалів, який містить корпус із спіральною нарізкою, з напрямком протилежним до навивки черв'яка. Дане конструктивне рішення дозволить покращити якість переробки матеріалу, при цьому, не впливаючи на можливість екструдера розвивати великий тиск, а отже, зберегти рівень продуктивності.
3	Екструдер для пластику	Авторське свідоцтво: CN207128248U Автори: Шен Ксіандзенг, Ху Йонган	Екструдер для переробки пластику, який відрізняється тим, що оснащений кількома поверхнями контакту між фланцями корпусу та формуючої головки. Запропонована конструкція фланцевого вузла дозволить значно покращити рівень герметизації у з'єднанні між

			формуючою головою та корпусом, за рахунок наявності кількох поверхонь контакту між фланцями корпусу та формуючої головки, що в свою чергу покращить формування виробів, та зменшить ймовірність просочування матеріалу крізь зазор, що могло б призвести до виникнення аварійної ситуації.
4	Одночерв'ячний екструдер	Авторське свідоцтво: GB1340958A Автори: Джордж Людвиг, Менджес Ханс	Шнек одночерв'ячного екструдера має суцільну різьбу, між витками якої є принаймні одна приривчата різьба. Приривчата різьба і частина канавок без різьби можуть складатися з відокремлюваних дугоподібних пластин, що розташовані під кутом. Мета конструктивного рішення полягає в тому, щоб зробити можливим обробку високов'язких матеріалів, зокрема гумових сумішей, за допомогою одного черв'ячного екструдера без негативного впливу на швидкість екструдкування.
5	Екструдер	Авторське свідоцтво: GB1378793A Автори: Вермейлем Віл'ям	Черв'як екструдера, що складається із поступово розташованих секцій завантаження, стиснення, газоутворення і дозування, спіральний виток, відрізняється тим, що в секції газоутворення між двома сусідніми витками черв'яка простягається пластинчастий бар'єр, причому провідний виток черв'яка має зазор для проходження матеріалу, а також в центральній частині черв'яка є канал для подачі рідини або газу, з подальшим введенням в

			робочу зону екструдера через отвори для введення рідини, сама подача рідини або газу здійснюється через патрубок. Метою запропонованої модернізації моделі є створення екструдера придатного для додавання газу або рідини в основний матеріал, при цьому зберігати ефективність перемішування та простоту конструкції.
--	--	--	--

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Покращення герметизації між фланцями формуючої головки та корпусом черв'ячного екструдера

Невінський І.І., студ., Витвицький В.М., PhD, ас.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Розглянуто варіант конструктивного виконання фланцевого вузла між формуючою головкою та корпусом черв'ячного екструдера для досягнення кращого рівня герметизації та знизити ймовірність просочування матеріалу крізь зазор.

Ключові слова: фланець, екструдер, модернізація, герметизація, формуюча головка, корпус.

Вступ. Метод переробки полімерних матеріалів черв'ячними екструдерами, як правило, полягає у плавленні полімеру у робочій зоні екструдера під дією високих температур, після чого розплавленому матеріалу надається бажана форма [1]. Робочими органами екструдера зазвичай є черв'як, корпус та формуюча головка, яка призначена для надання полімерному матеріалу форми кінцевого виробу. Формуюча головка з'єднується з корпусом екструдера через фланцевий вузол. Однак тривала дія високих температур може призвести до погіршення рівня герметизації.

Запропоноване конструктивне рішення [2] стосується фланцевого вузла з'єднання між головкою та корпусом із додатковою площиною контакту між фланцями (Рис. 1). Фланці корпусу і формуючої головки утворюють вузол з'єднання цих двох елементів і оснащені додатковою поверхнею контакту між ними. Самі поверхні контакту мають сходоподібну форму.

Фланцевий вузол складається із фланця корпусу 3 і фланця формуючої головки 6, поверхнями контакту яких є: перша 1, друга 2 і третя поверхня контакту 9 модернізованого фланцевого вузла (Рис. 1 б)). Фланці з'єднані між собою через отвори для кріпильних болтів 4 та ущільнювальні кільця 5.

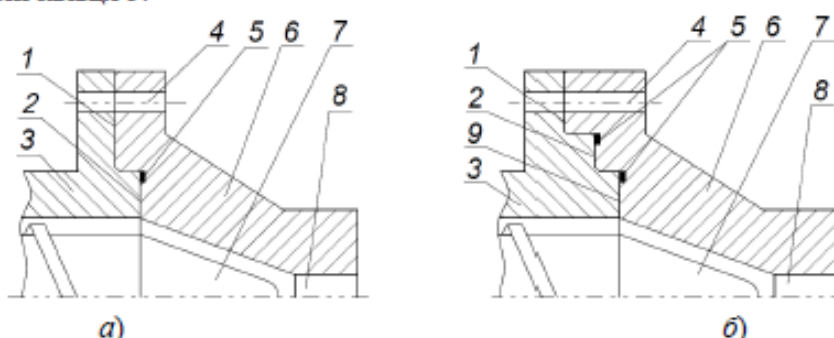


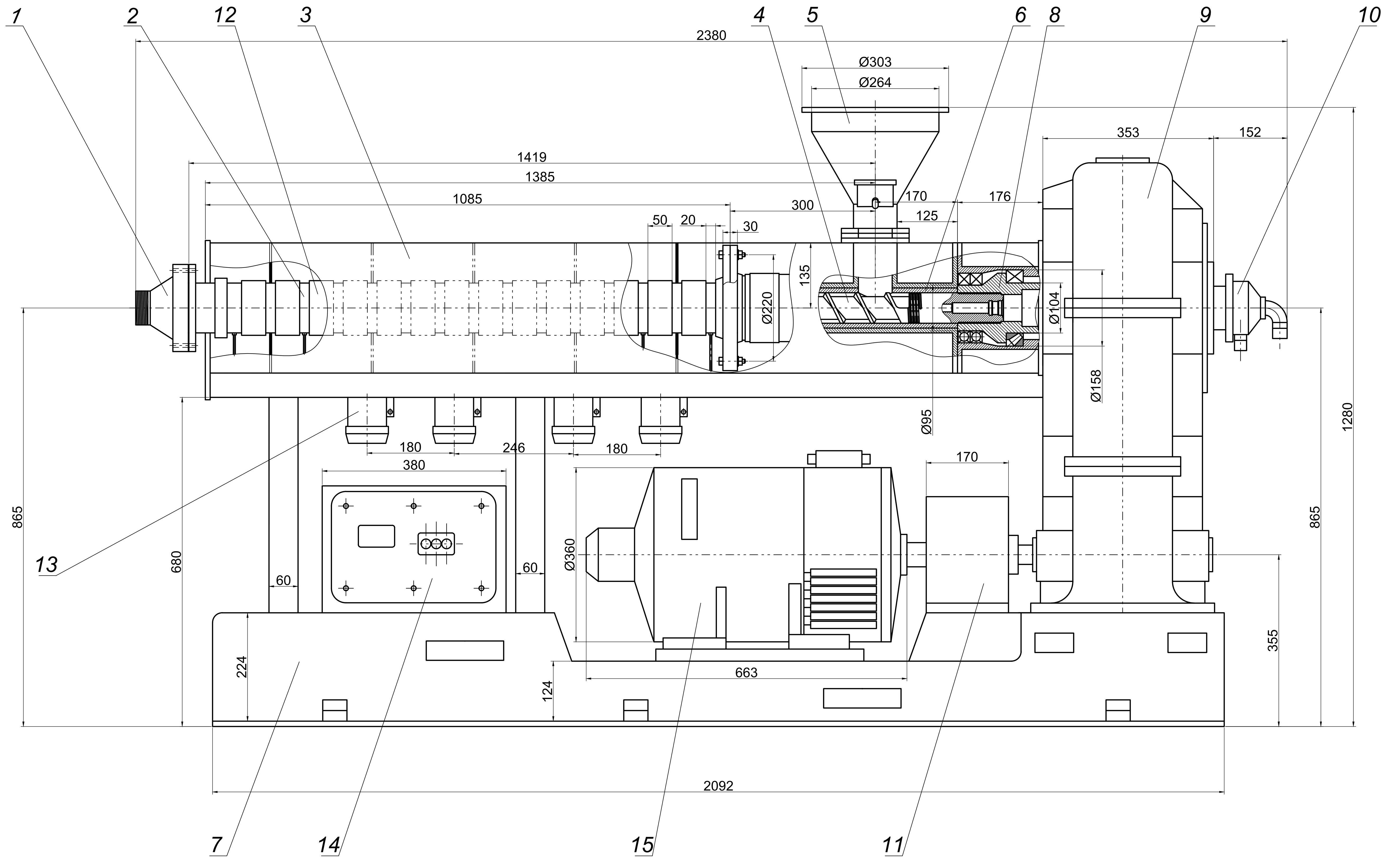
Рисунок 1 – Фланцевий вузол: а – класичний; б – модернізований.

1 – перша поверхня контакту; 2 – друга поверхня контакту; 3 – фланець корпусу екструдера; 4 – отвір для з'єднувальних болтів; 5 – ущільнювальні кільця; 6 – фланець формуючої головки; 7 – черв'як; 8 – вихідний отвір; 9 – третя поверхня контакту

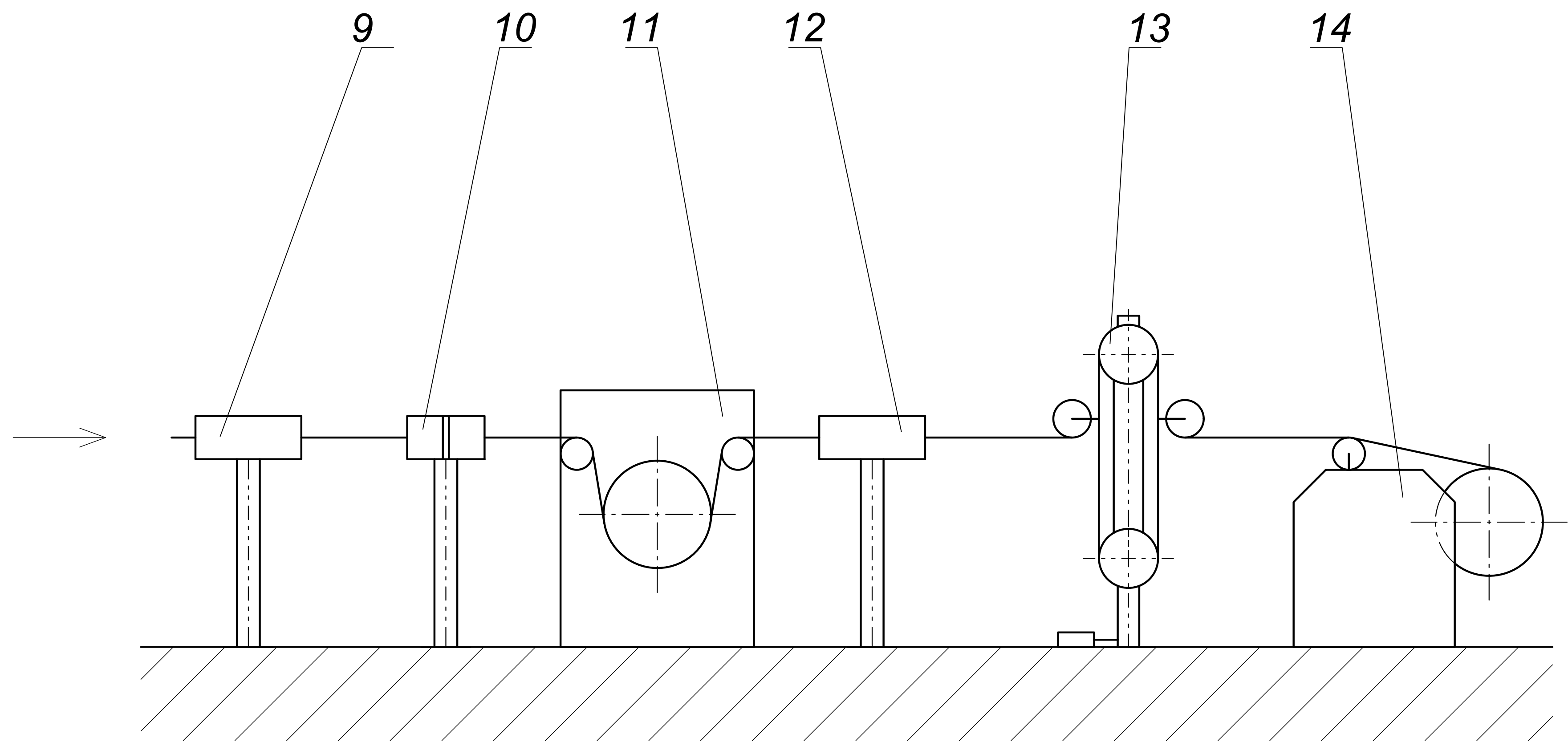
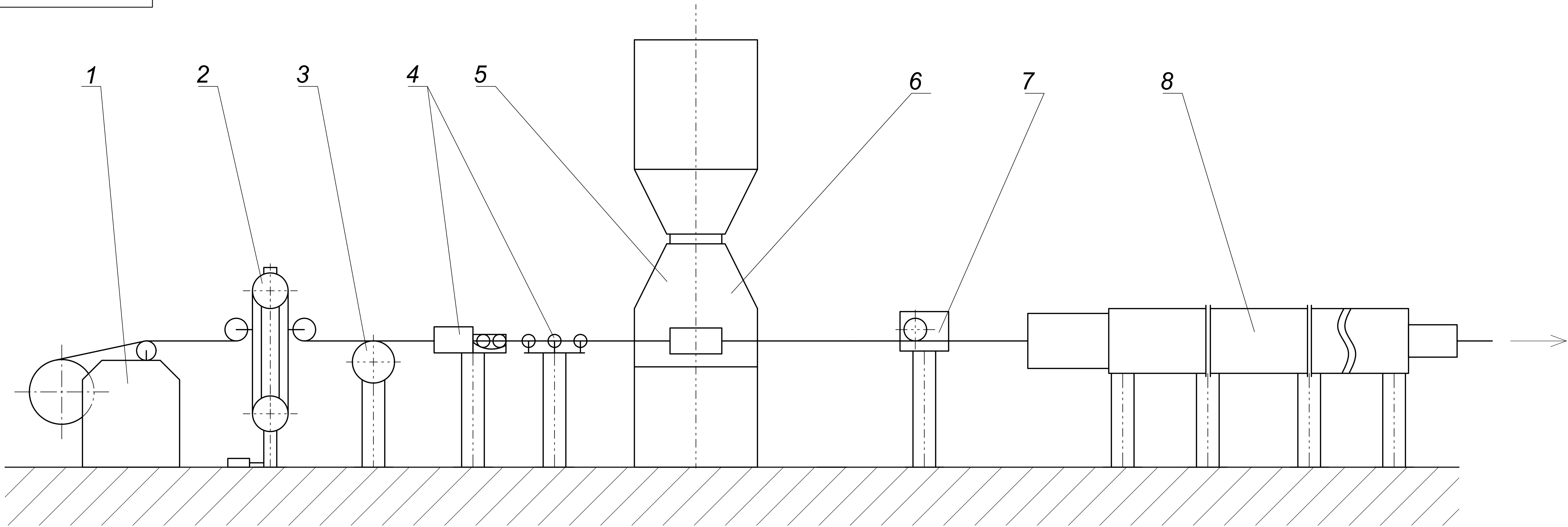
Висновки. Запропоноване вдосконалення фланцевого вузла дозволить значно покращити рівень герметизації у з'єднанні між формуючою головкою та корпусом черв'ячного екструдера, за рахунок наявності кількох поверхонь контакту між фланцями корпусу та формуючої головки, що в свою чергу покращить формування виробів, та зменшить ймовірність просочування матеріалу крізь зазор.

Перелік посилань

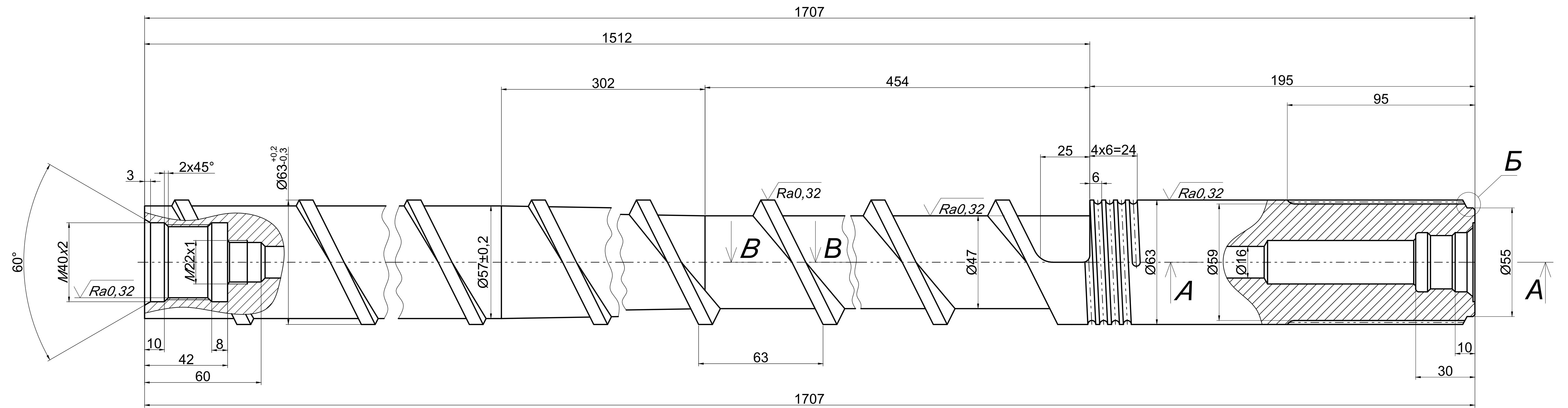
1. Мікульонюк І. О. Технологічні основи перероблення полімерів, пластмас і гумових сумішей: навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 312 с.
2. Plastic extruder : pat.CN207128248U China / S. Xianzheng, H. Yonghan; заявл. 13.09.2017; опуб. 23.03.2018.



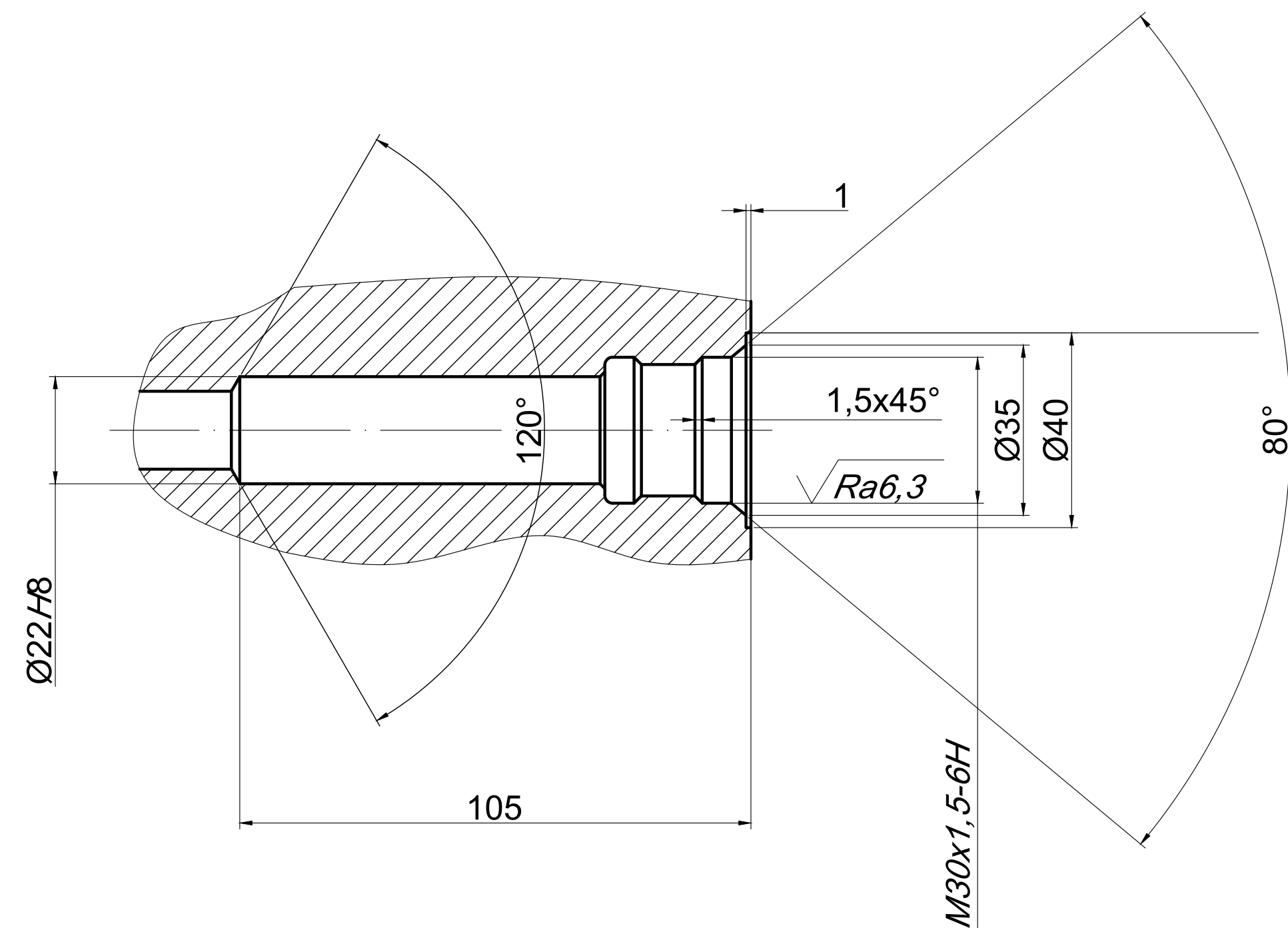
						ЛПД1.057243.001-70 ВЗ		
						Агрегат для накладання кабельної ізоляції з модернізацією екструдера		
						Літера	Маса	Масштаб
							2300	1:4
						Аркуш	Аркушів	1
						КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІХФ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Невіньський						
Легев.		Витвицький						
Т.контр.								
Н.контр.								
Затв.		Сокольський						



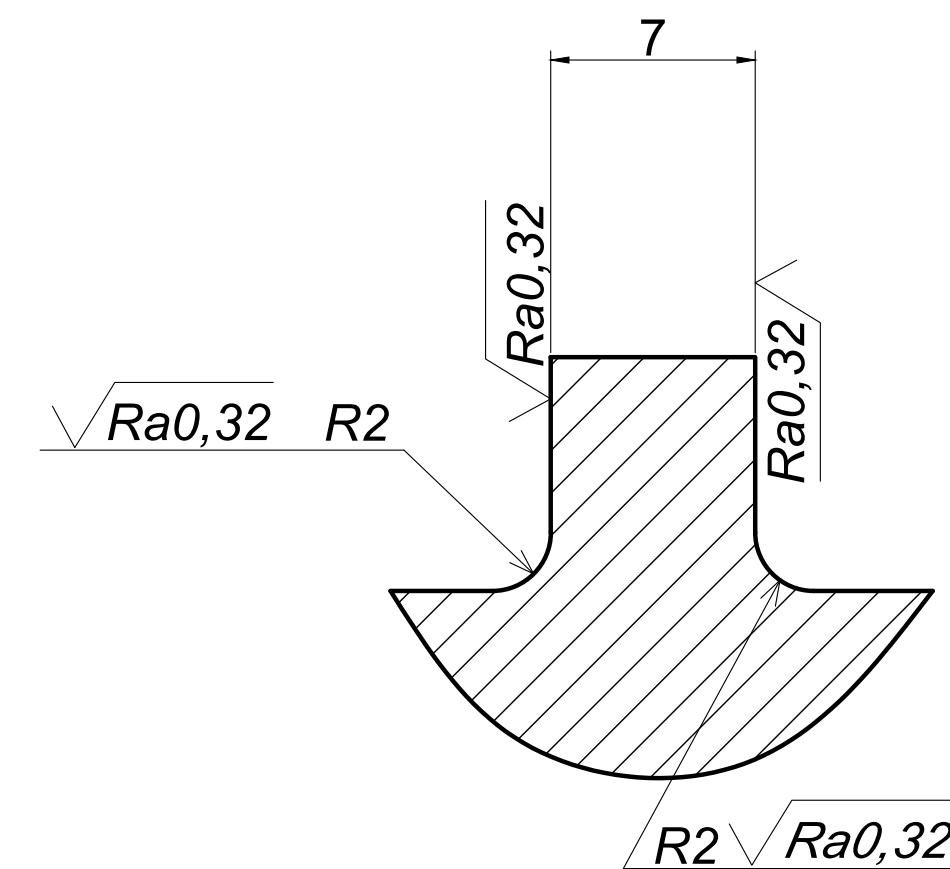
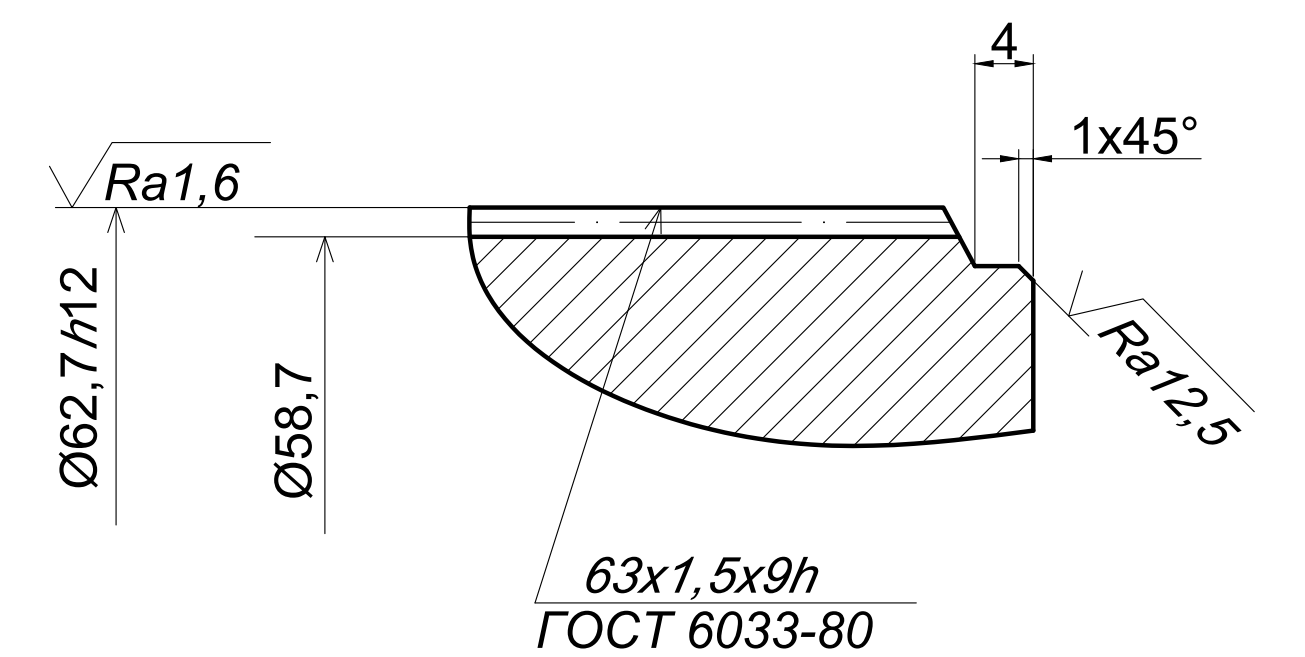
					ЛП01.057245.003-70 ВЗ				
					Лінія для накладання ізоляції	Літера	Маса	Масштаб	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Невіняський							
Перев.		Витвицький							
Т.контр.									
Н.контр.									
Затв.		Сокольський				КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІХФ			



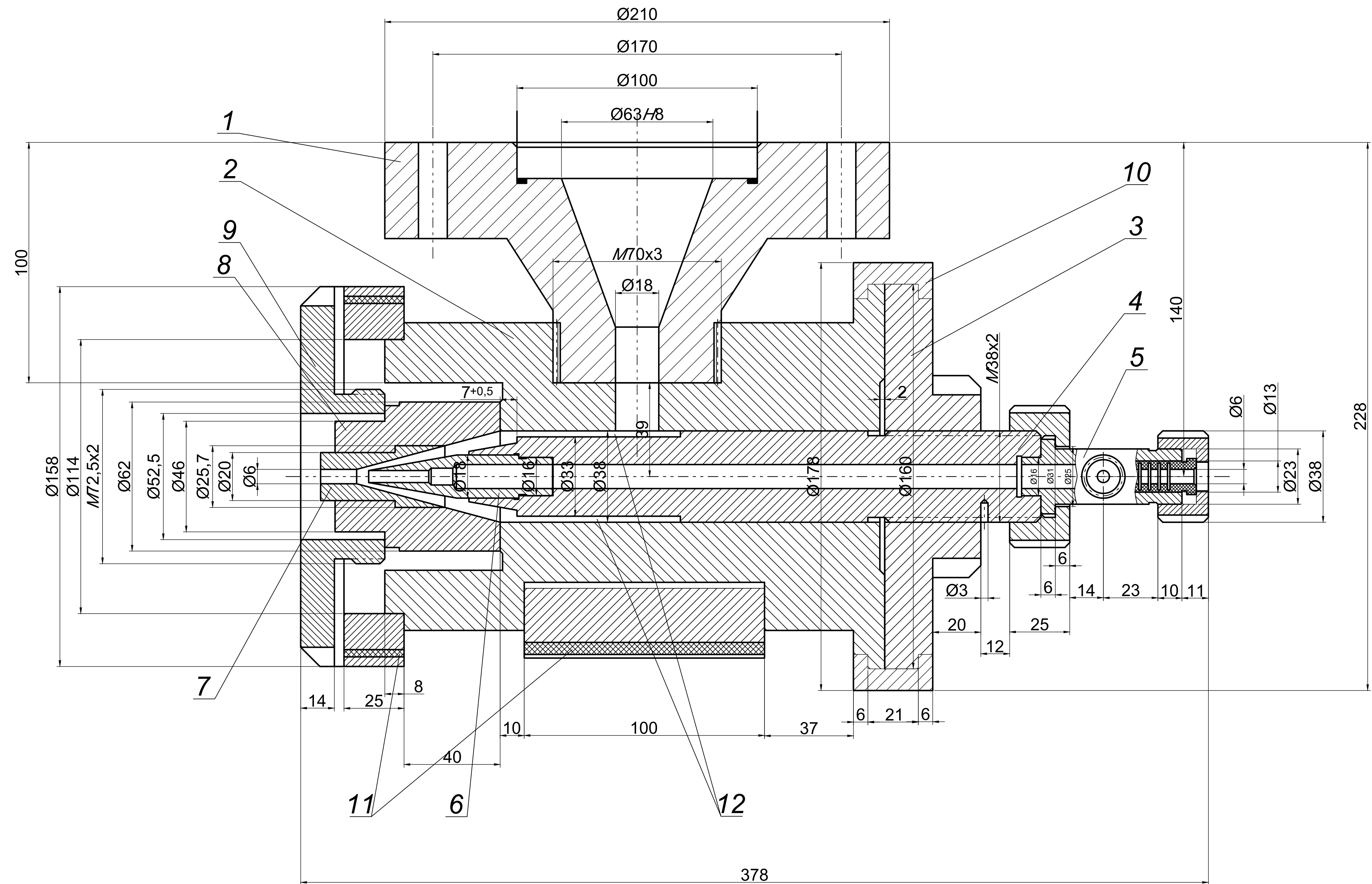
A-A



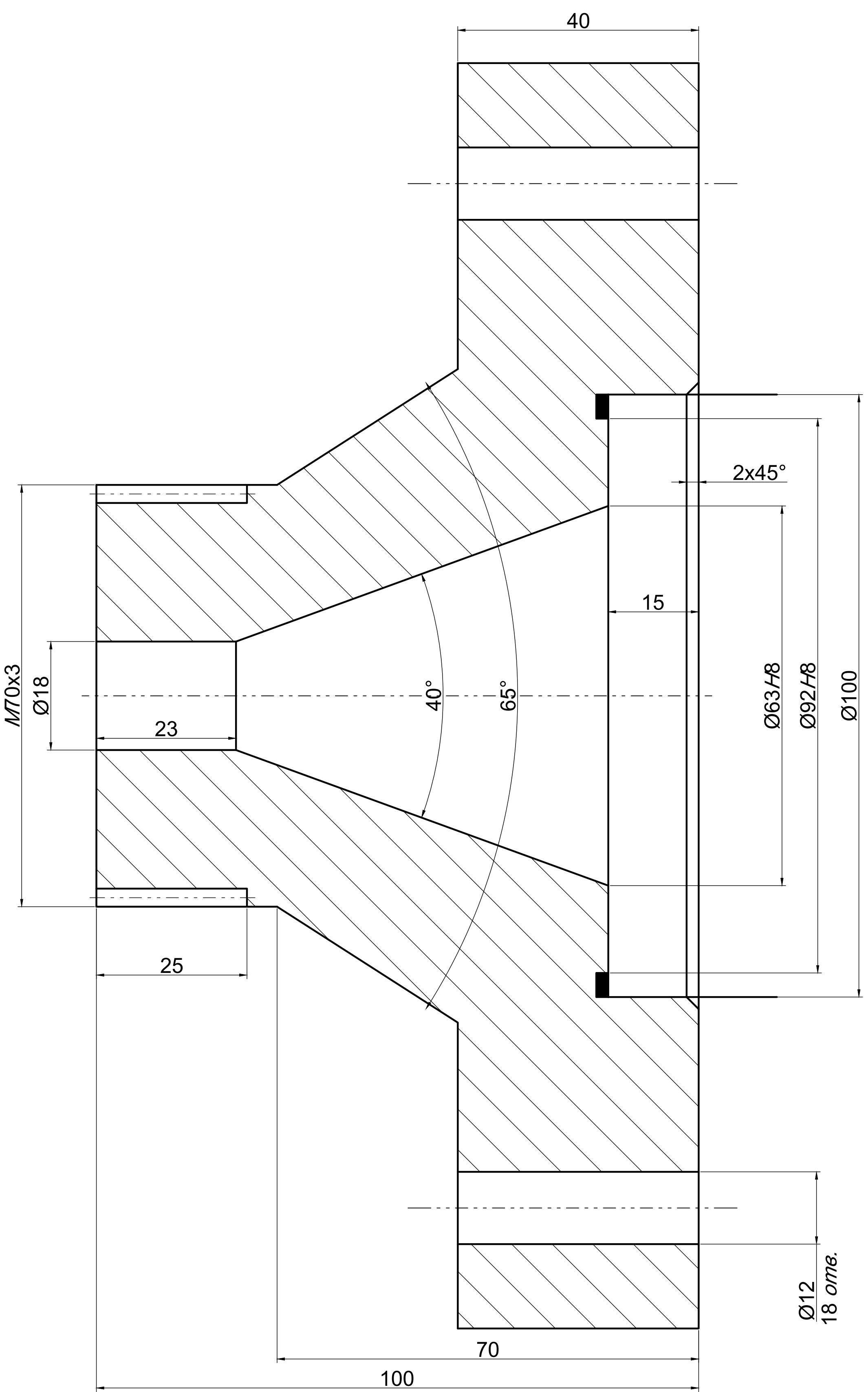
B-B(4:1)


$$B(2:1)$$


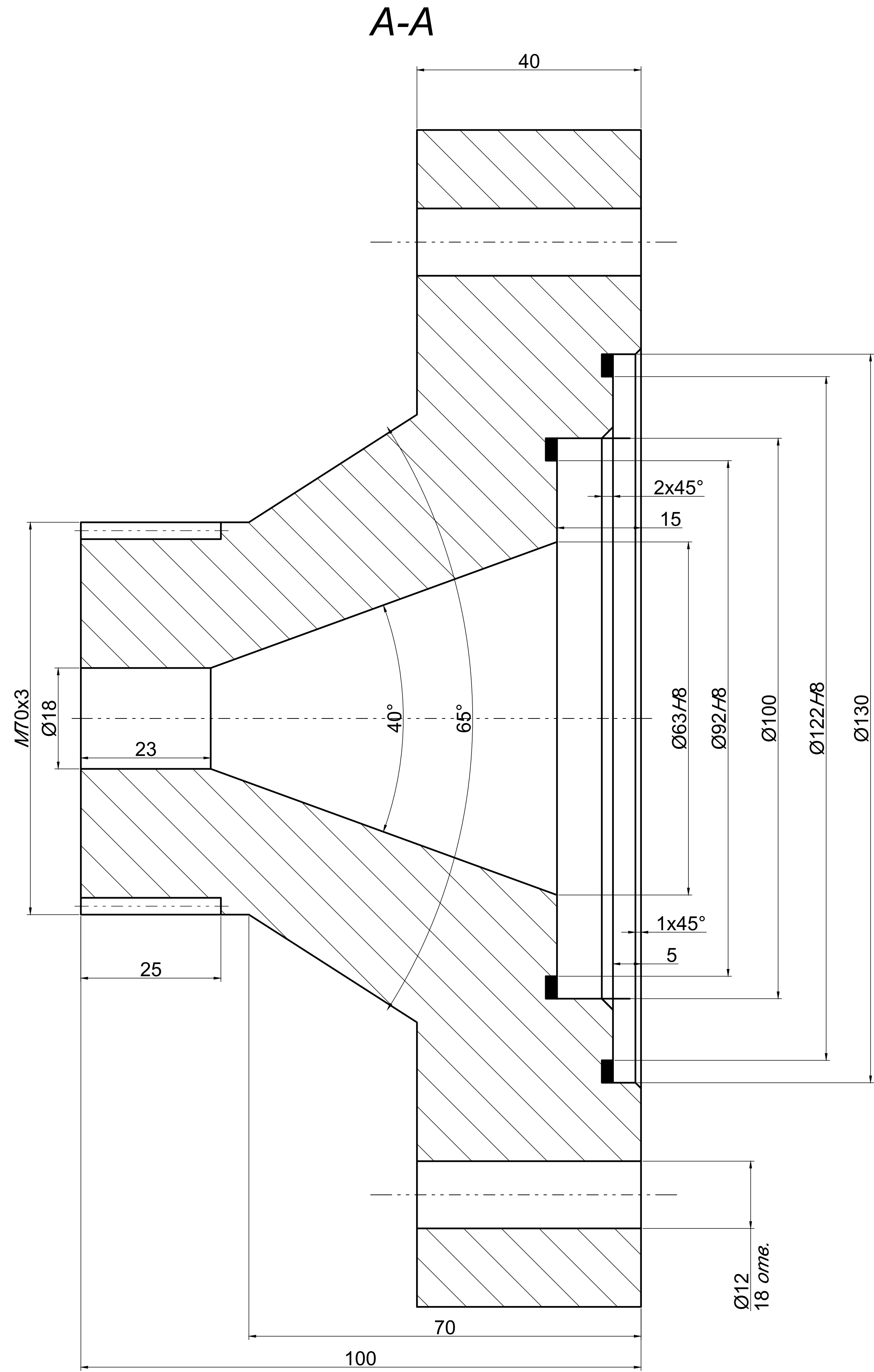
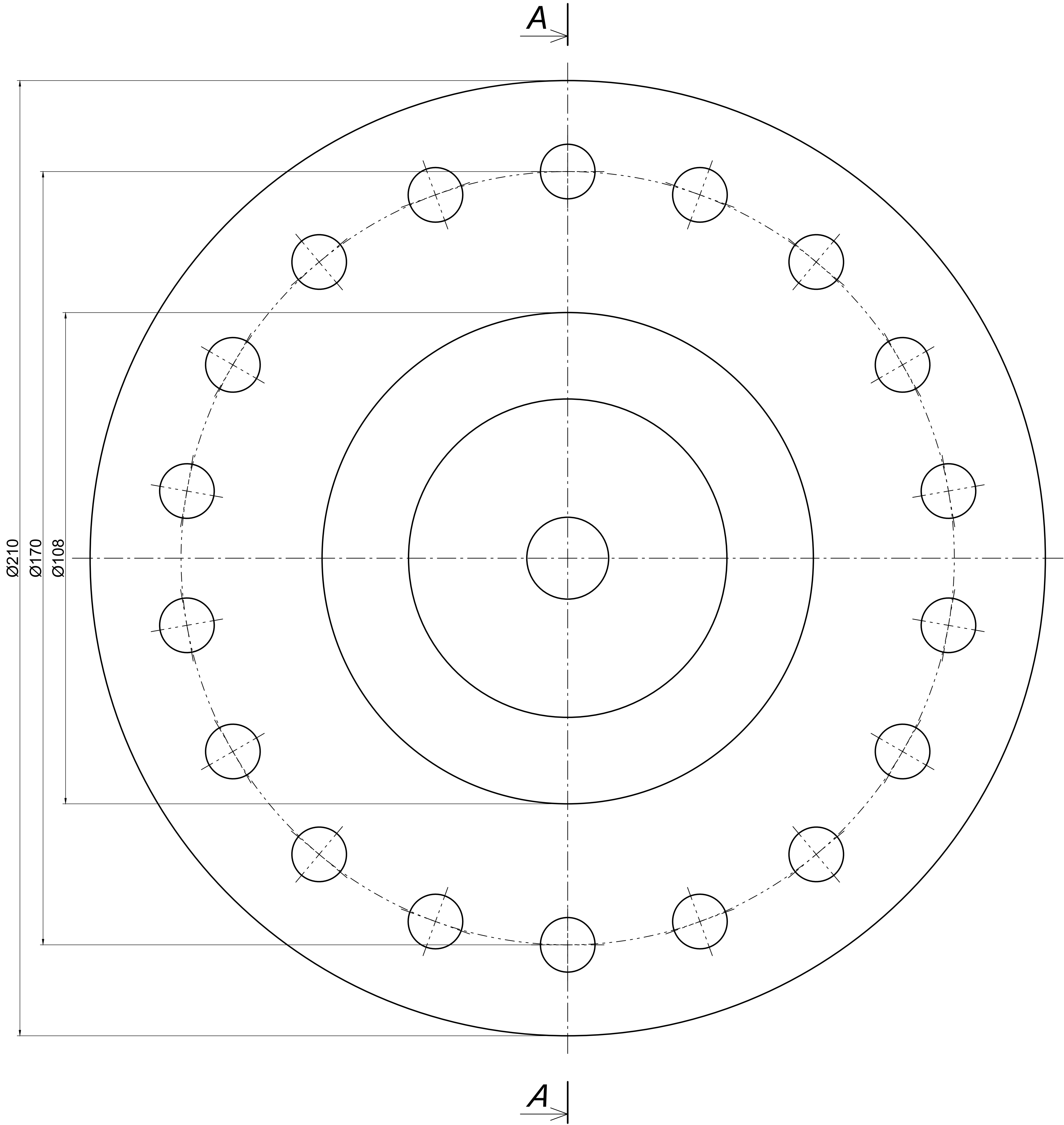
					ЛП01.057241.004-70 ВЗ			
					Черв'як	Літера	Маса	Масштаб
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				38	1:1
Розроб.	Невїнський							
Лерев.	Витвицький							
Т. контр.						Аркуш	Аркуше	1
Н. контр.					Сталь 38Х2МЮА	КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ		
Затв.	Сокольський							



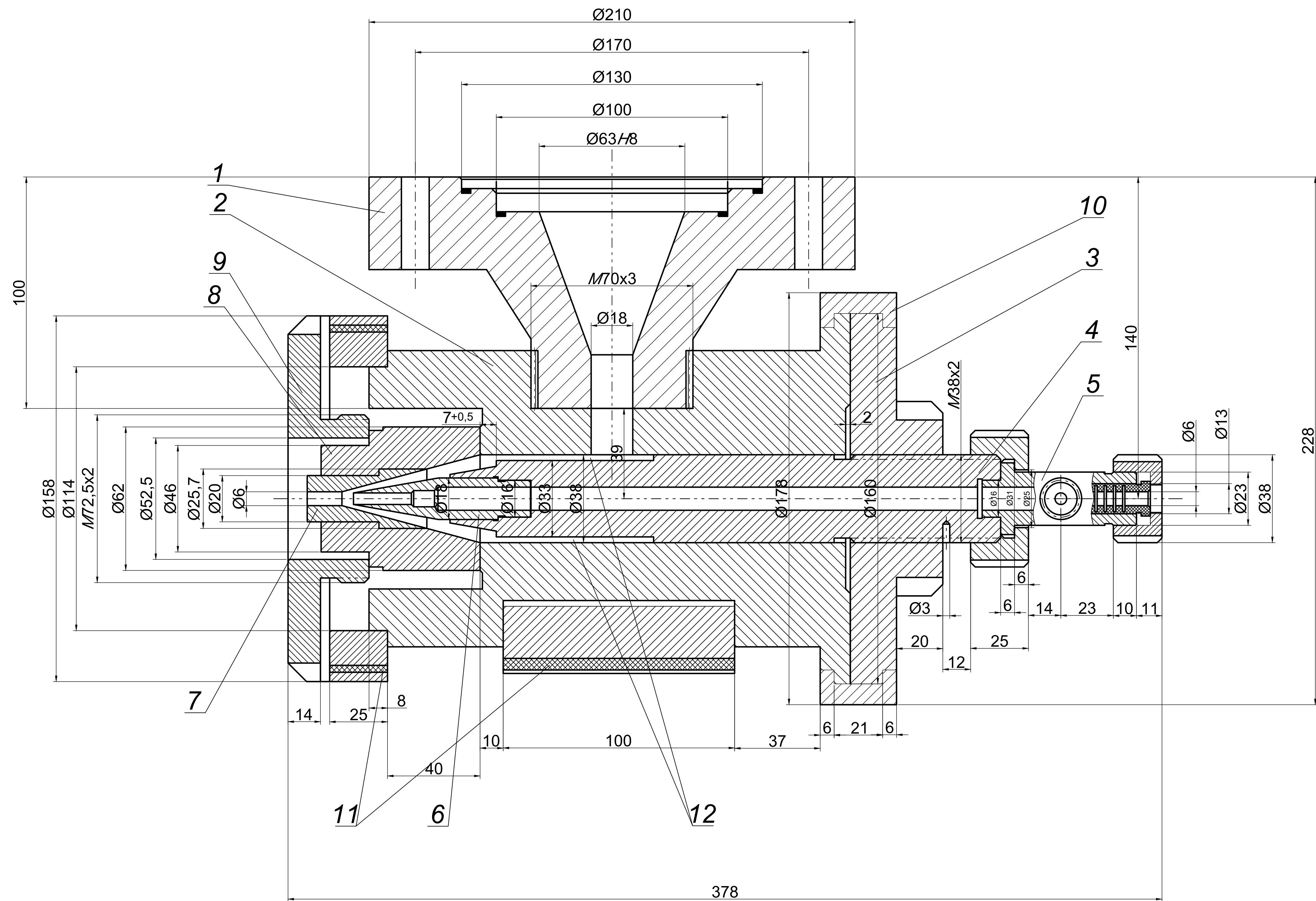
					Л/П01.057242.005-70 СК				
					Формування головки				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літера		Маса	Масштаб	
Розроб.		Невінський					15,8	1:1	
Лерев.		Витицький							
Т.контр.					Аркуш		Архивів	1	
Н.контр.					КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІХФ				
Затв.		Сокольський							



					ЛП01.057241.006-70 ВЗ				
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кріпильний фланець формуючої головки	Літера	Маса	Масштаб		
Розроб.	Невіський					8	2:1		
Перев.	Виткецький				Аркуш	Аркуше	1		
Т. контр.				Сталь 38Х2МЮА	КПІ ім.Генра Сікорського, ІХФ				
Н. контр.									
Зам.	Сокольський								

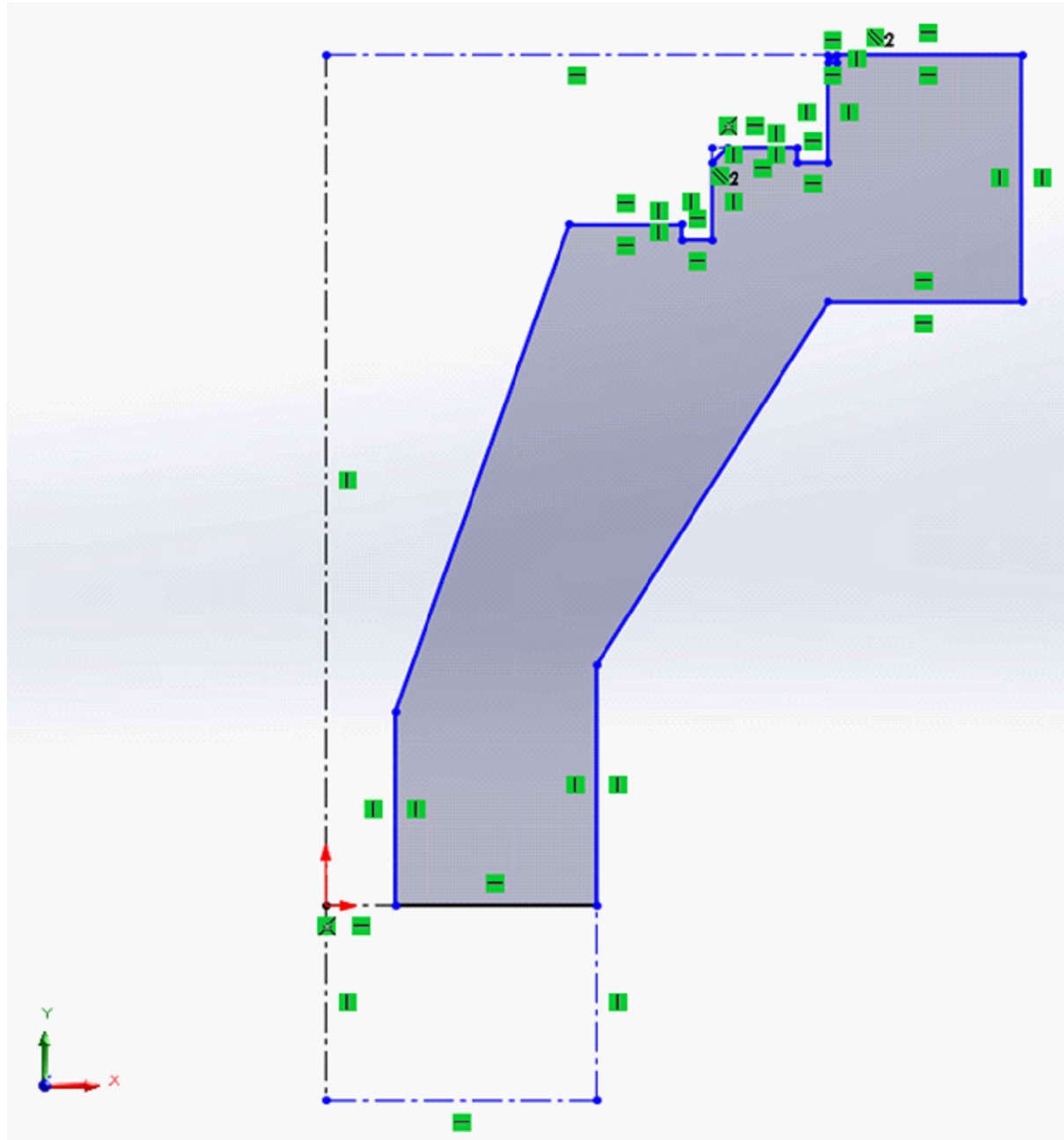


						ЛП01.057241.007-70 ВЗ			
						Модернізований			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		кріпильний фланець			
Розроб.		Невінський				формуючої головки			
Т.контр.		Витвицький							
Н.контр.						Сталь 38Х2МЮА			
Затв.		Сокольський							
						Літера	Маса	Масштаб	
						Аркуш	Аркуше	1	
						КПІ ім.Горького, ІХФ			

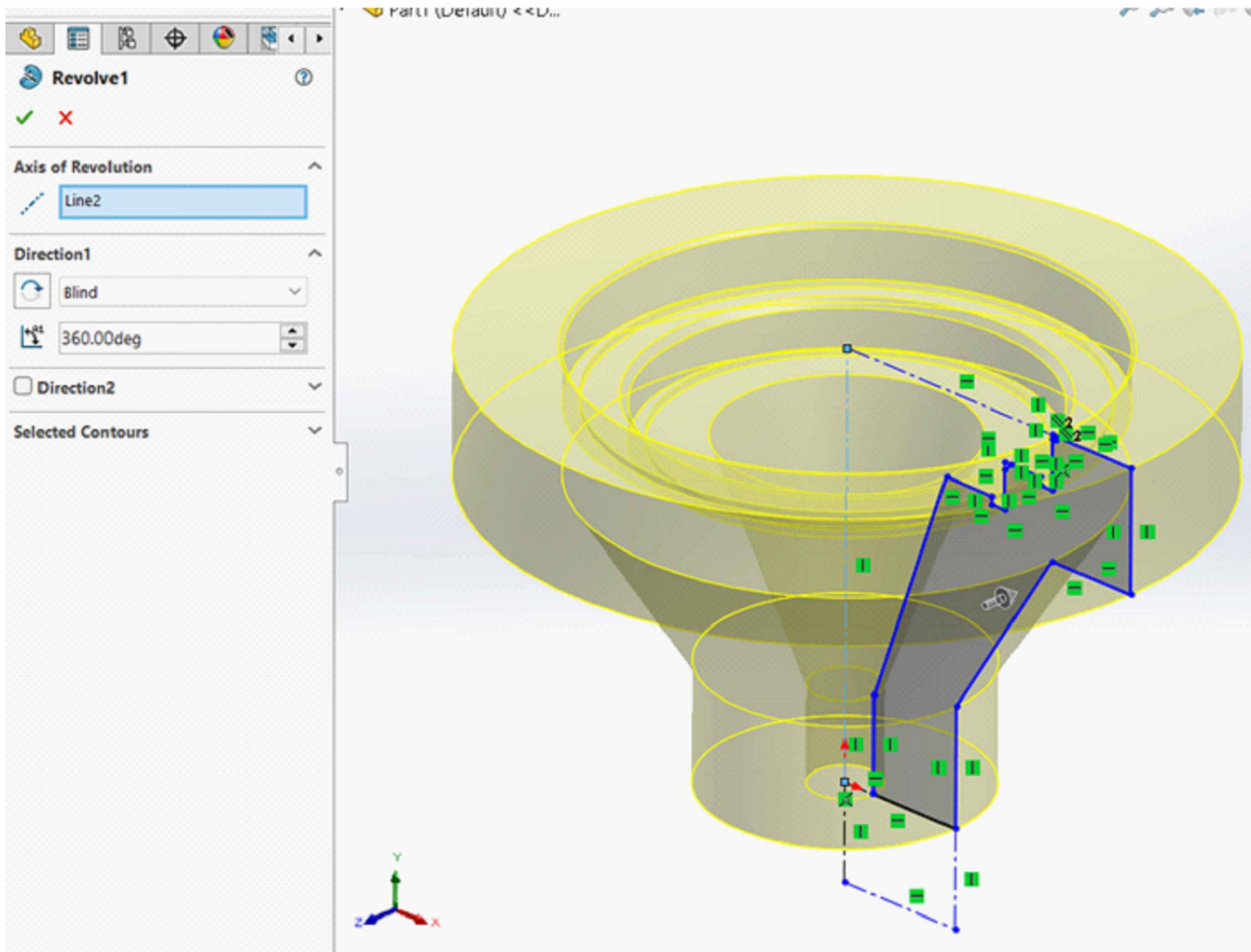


					ЛПД1.057242.008-70 СК				
					Формуюча головка з модернізованим кріпильним фланцем	Літера		Маса	Масштаб
								15,5	1:1
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			Аркуш		Аркуші	1
Розроб.	Невінський					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ			
Перев.	Витицький								
T. контр.									
Н. контр.									
Затв.	Сокольський								

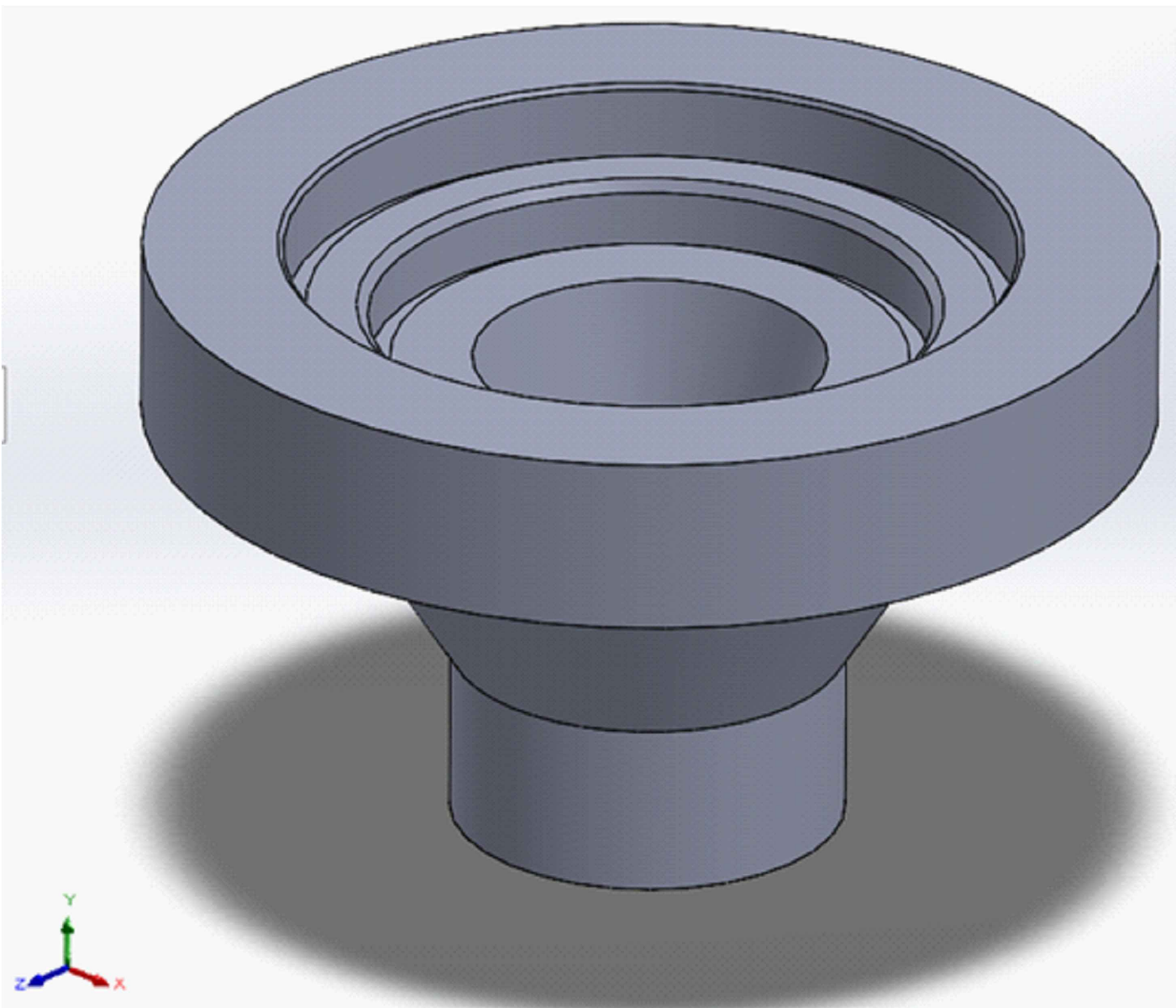
Побудова ескізу



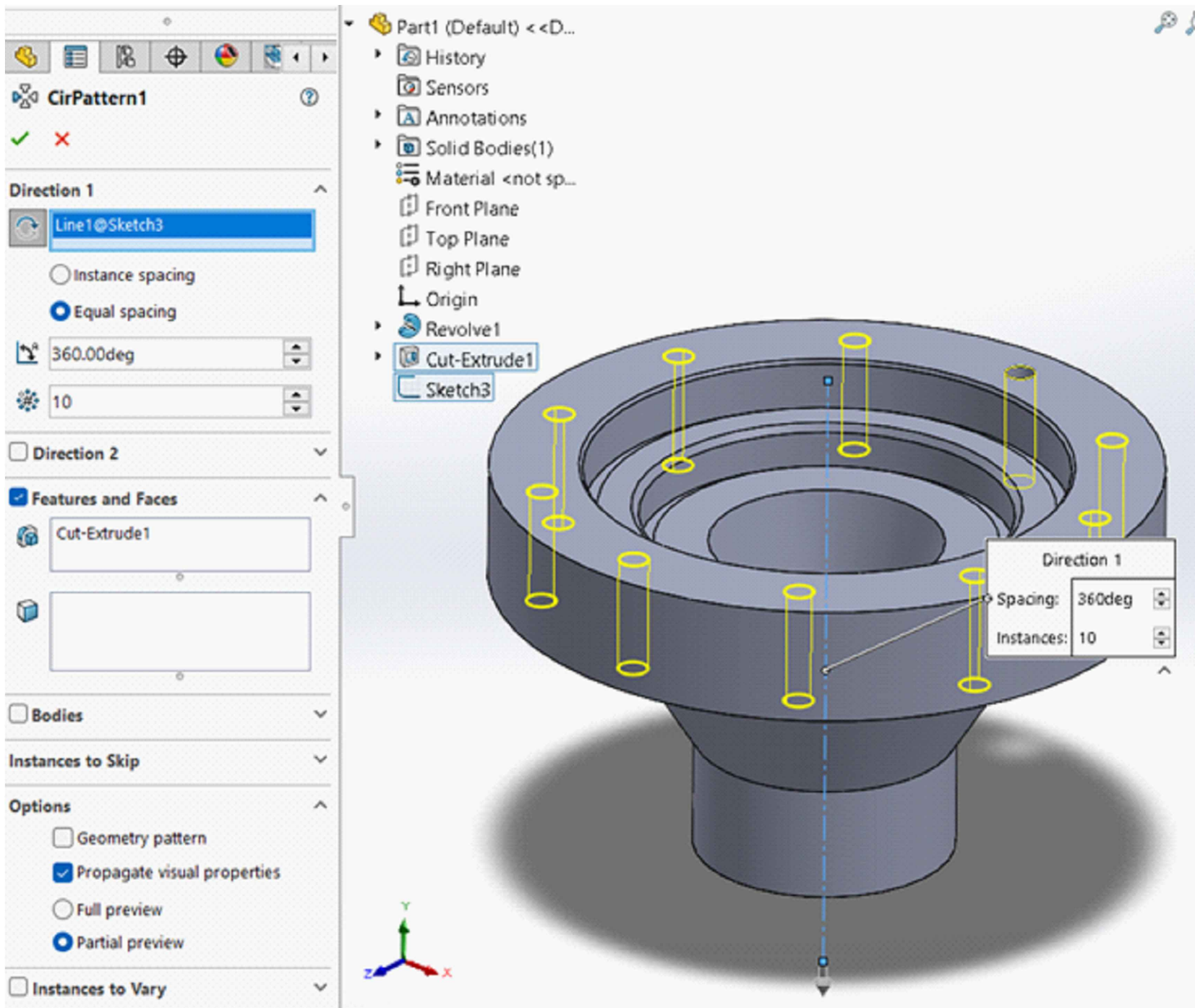
Обертання ескізу



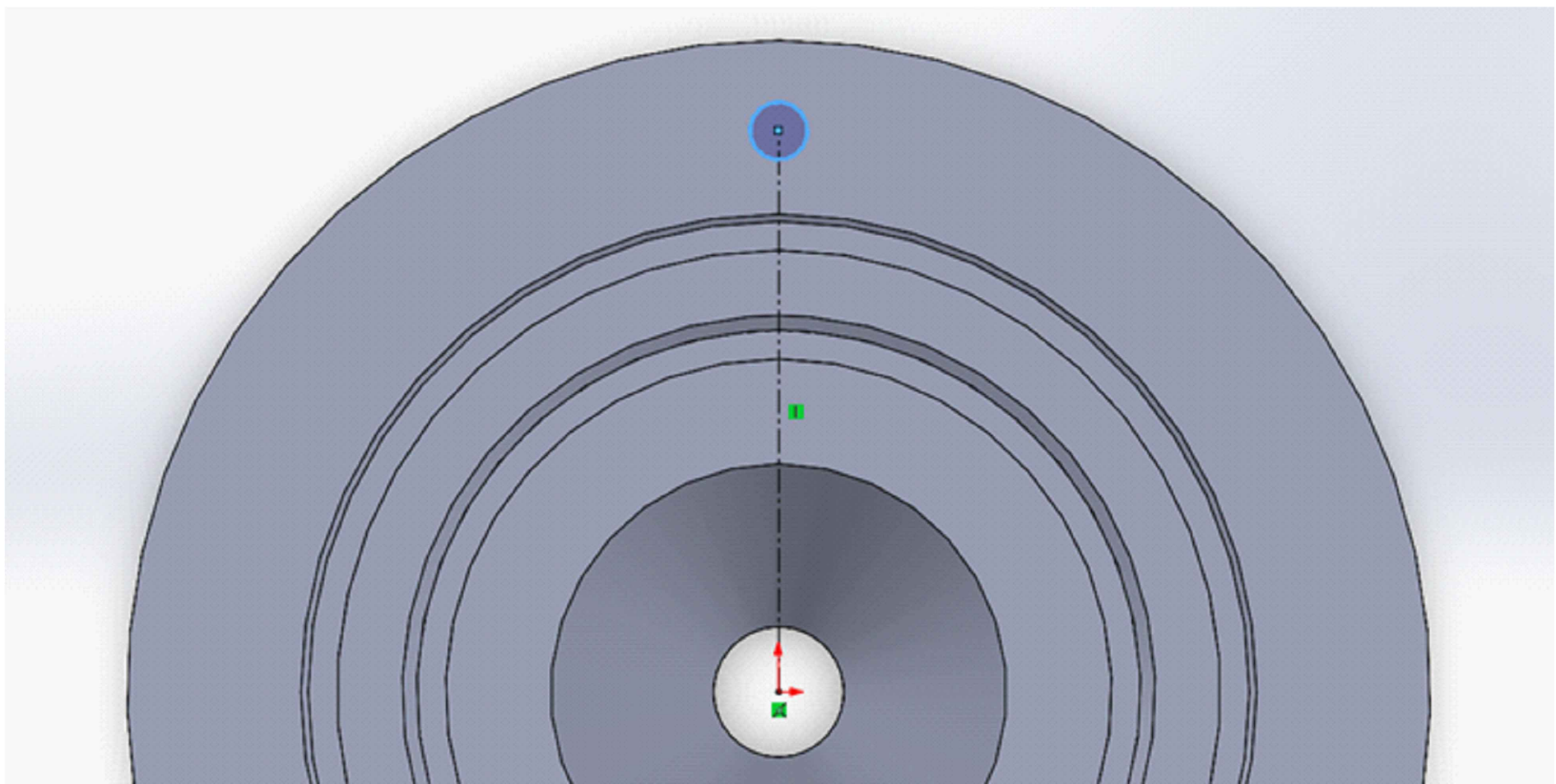
3D модель, утворена шляхом обертання ескізу



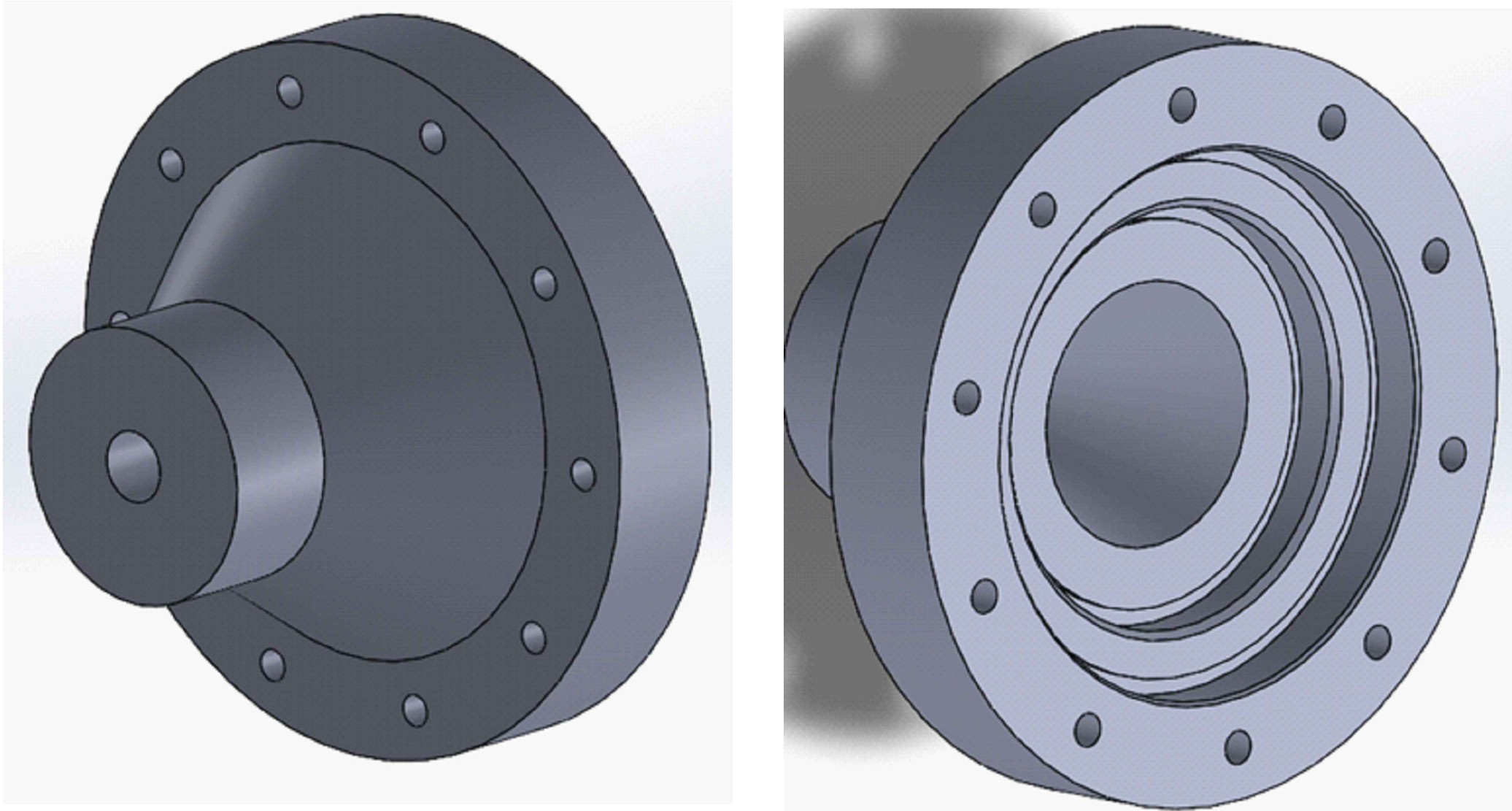
Круговий масив для отворів кріпильних болтів



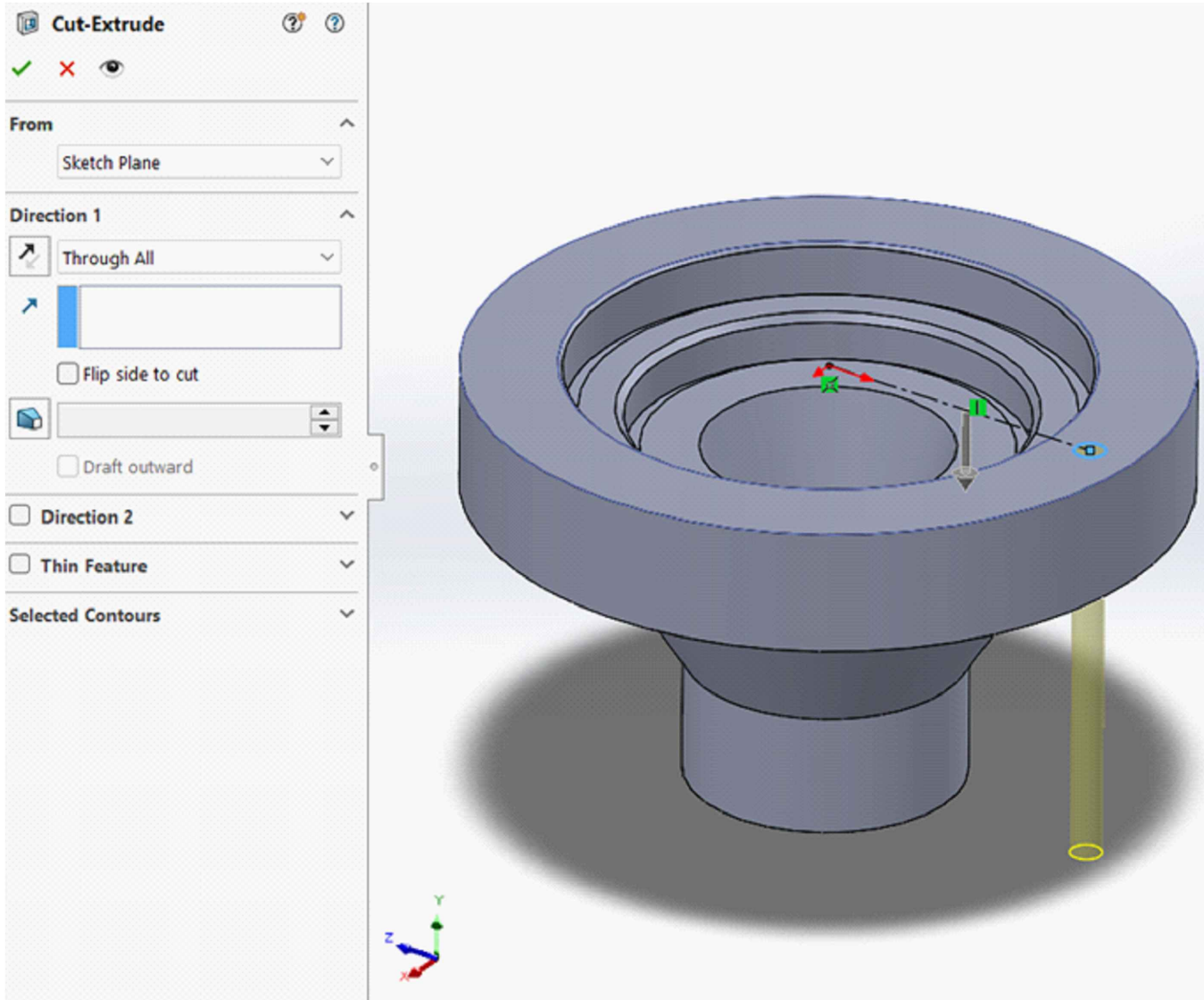
Ескіз отвору для кріпильного болта



Кінцева 3D модель модернізованого фланця формуючої головки



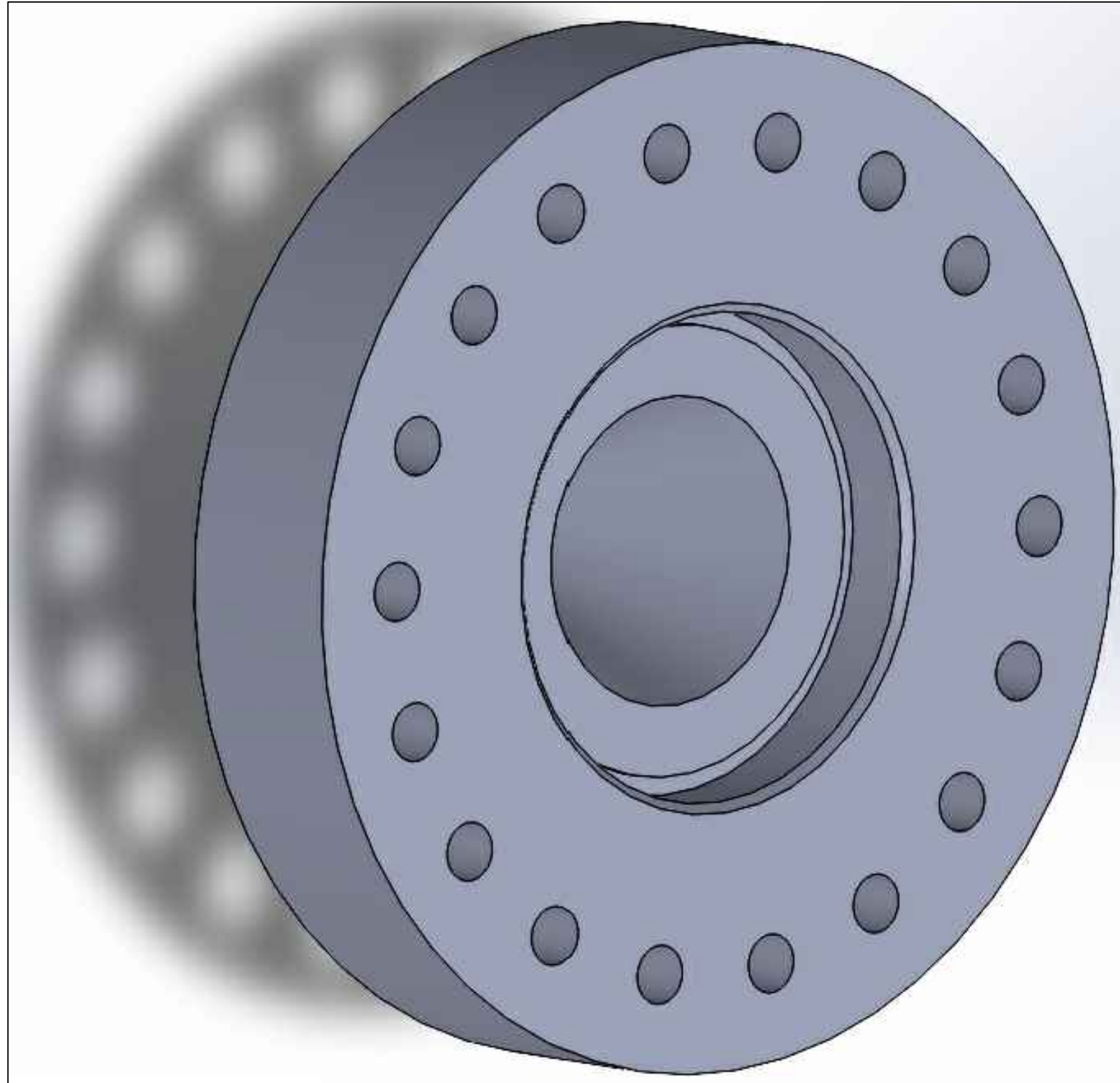
Продавлення ескізу отвору



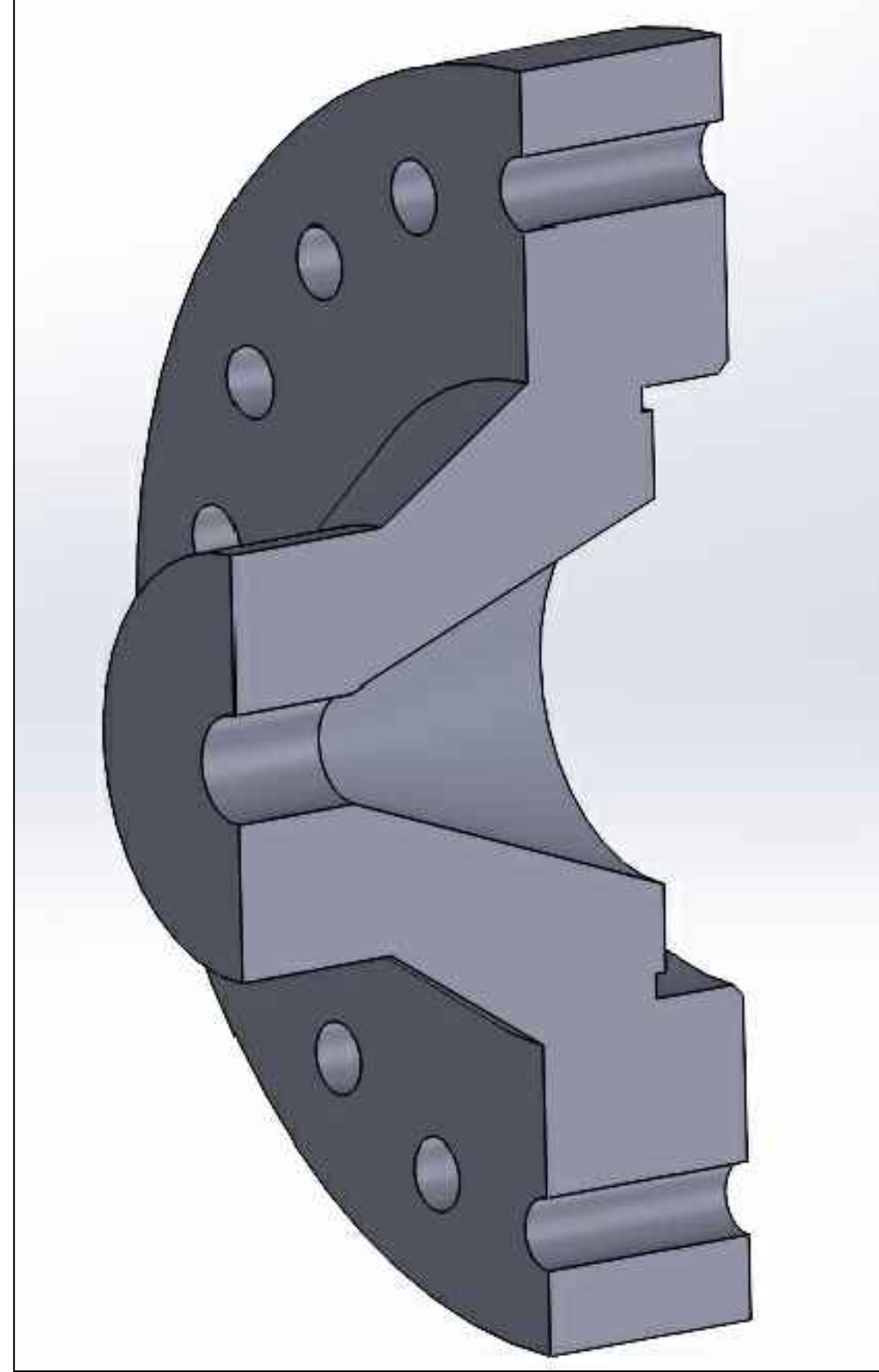
				ЛП01.057240.012-70 ЛЛ		
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	Створення 3D моделі модернізованого фланця формуючої головки	
Розроб.	Невінський					
Літв.	Витвицький					
Т.контр.						
Н.контр.					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ	
Затв.	Соколюський					
					Літера	Маса
					Аркуш	Аркуші
						1

Кріпильний фланець формуючої головки

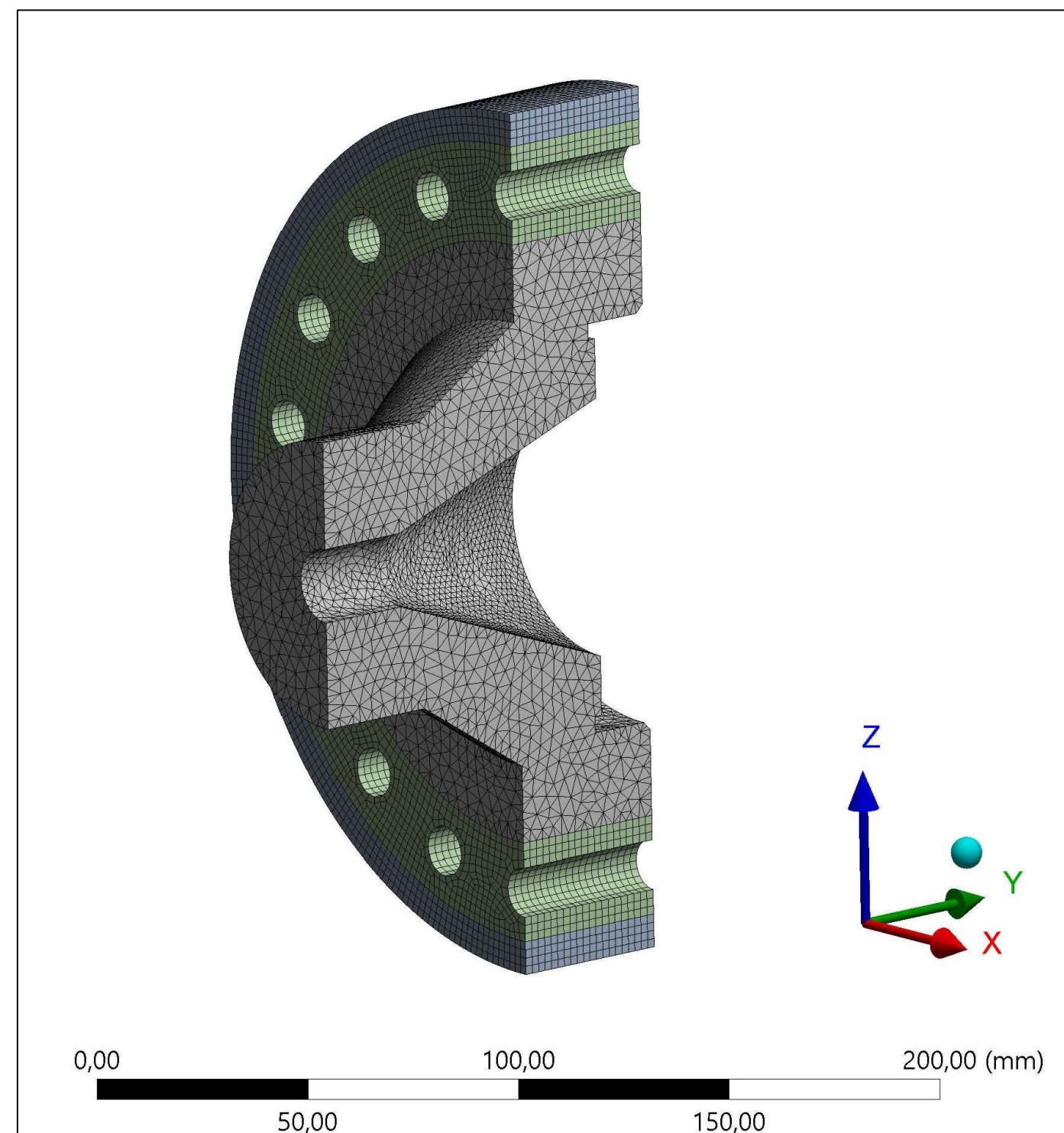
3D модель фланца



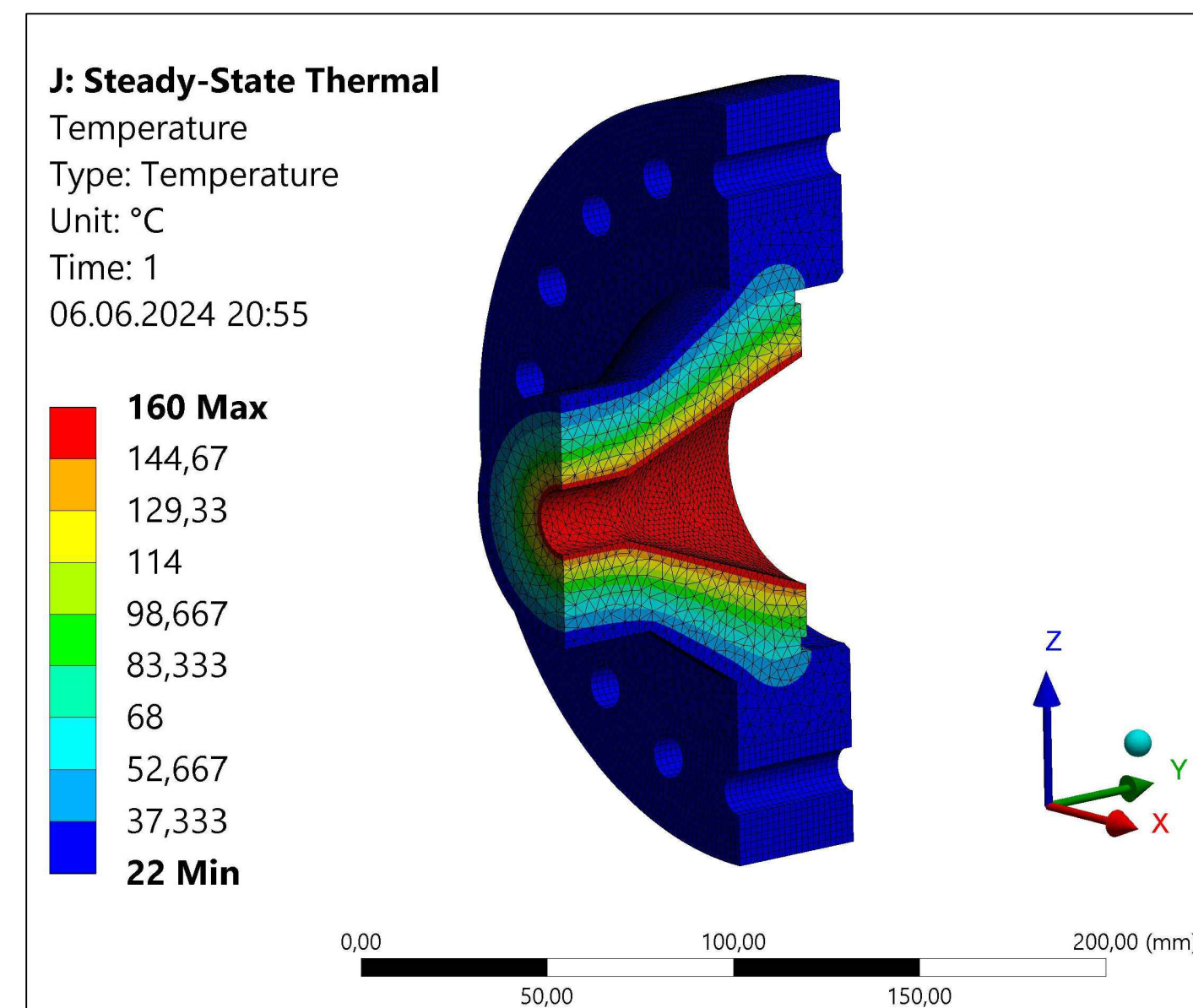
3D модель половинки фланца



Сітка скінченних елементів

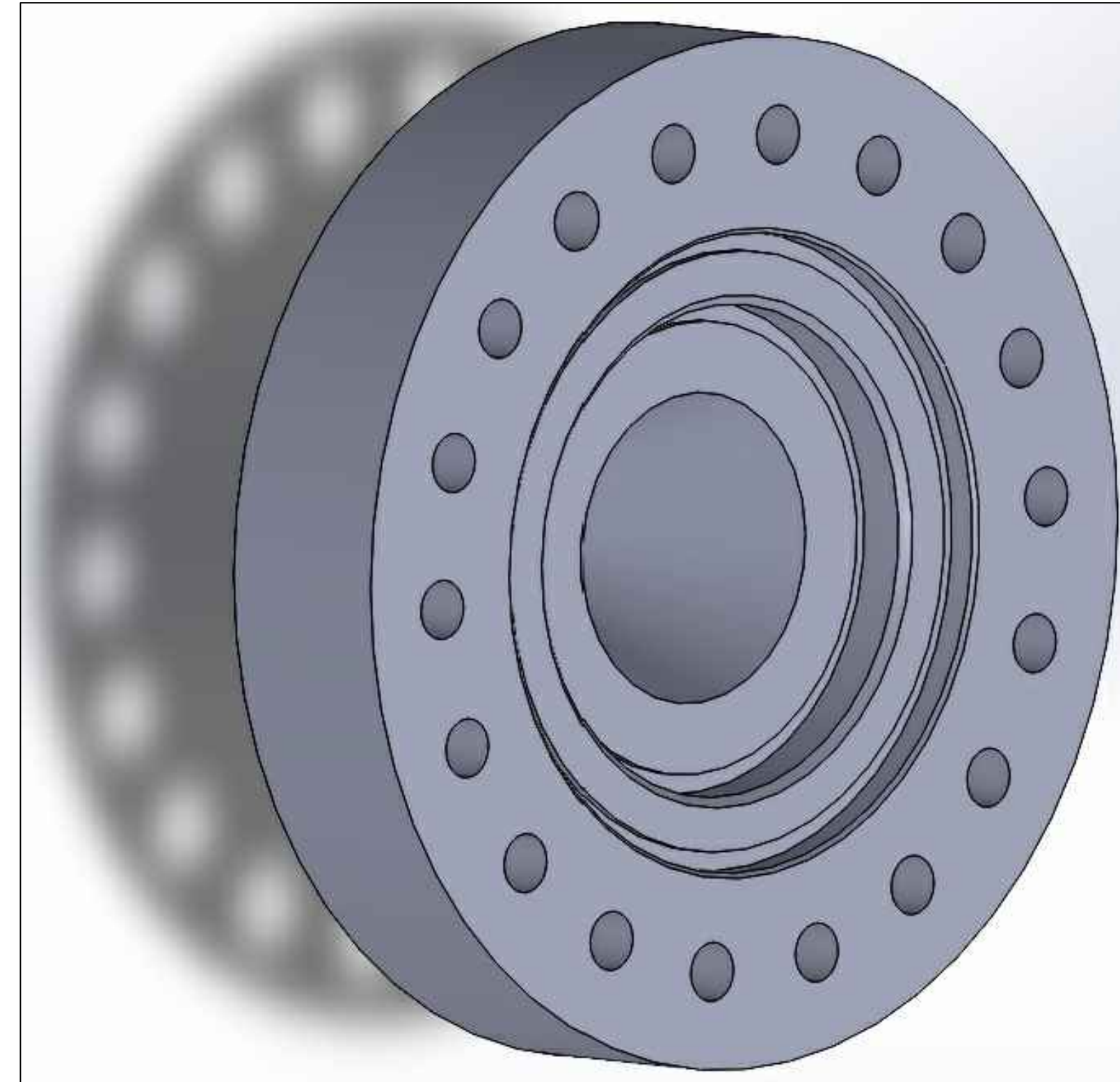


Розподіл температур

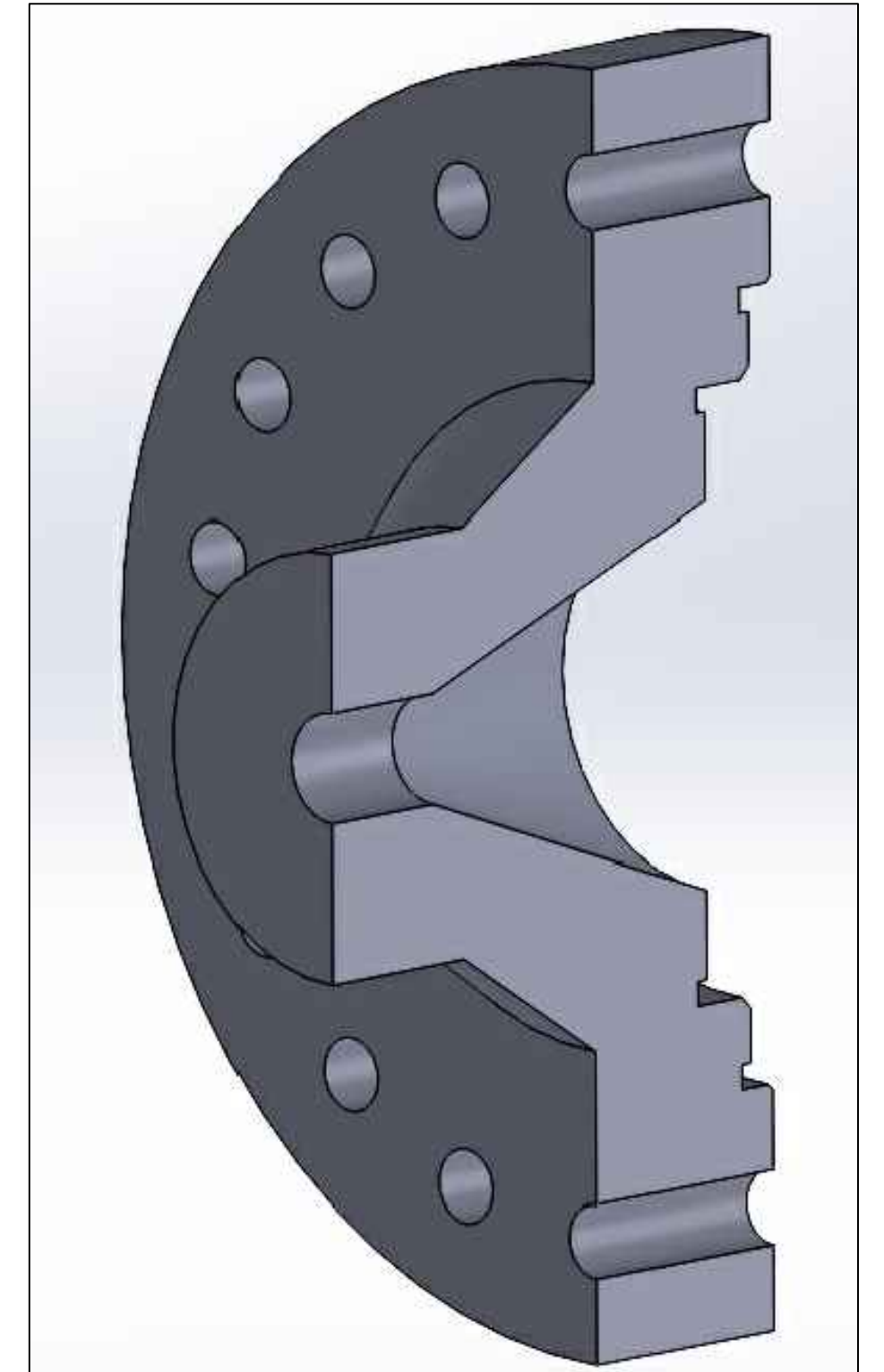


Модернізований кріпильний фланець формуючої головки

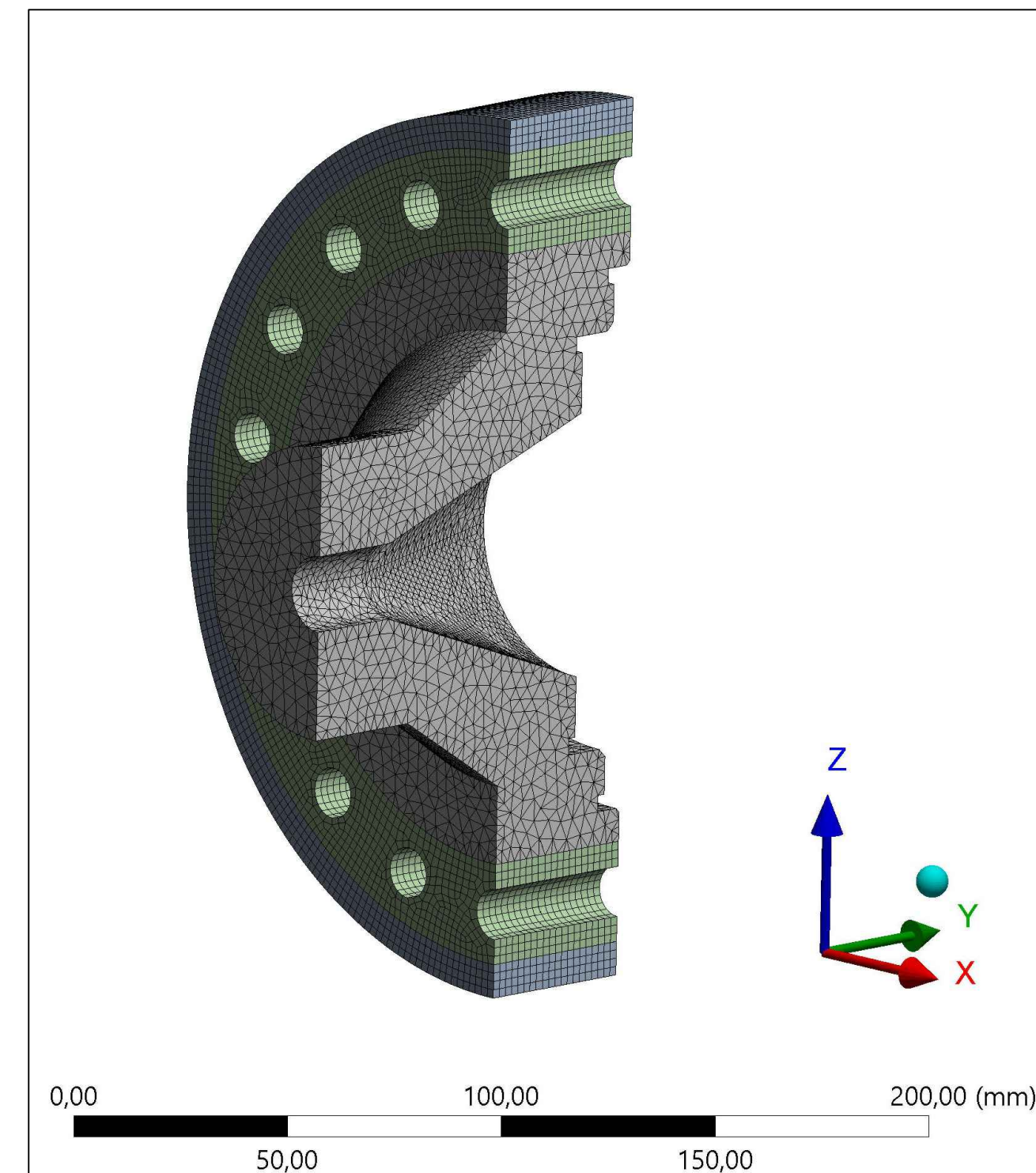
3D модель модернізованого фланця



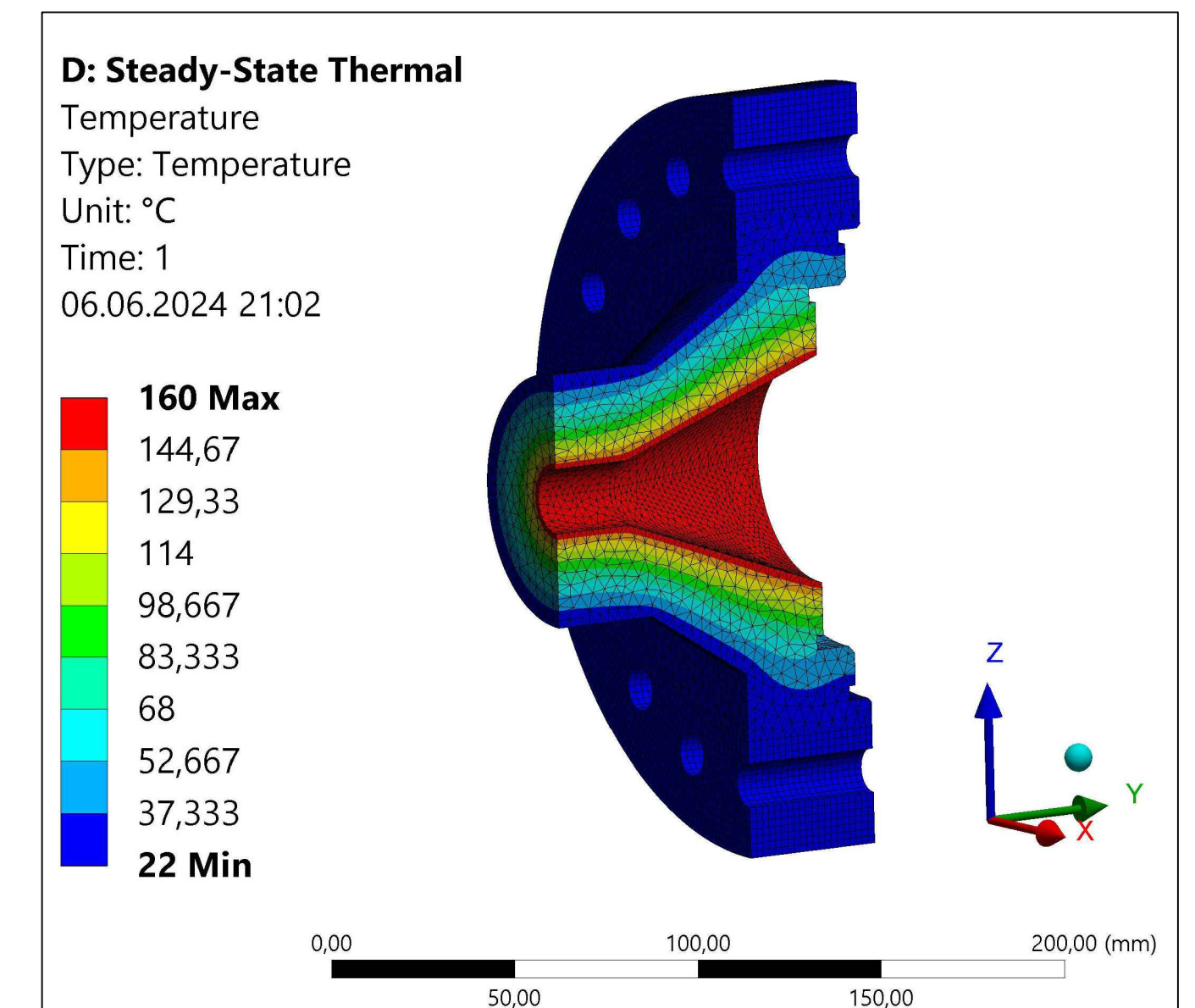
3D модель половинки модернізованого фланця



Сітка скінченних елементів

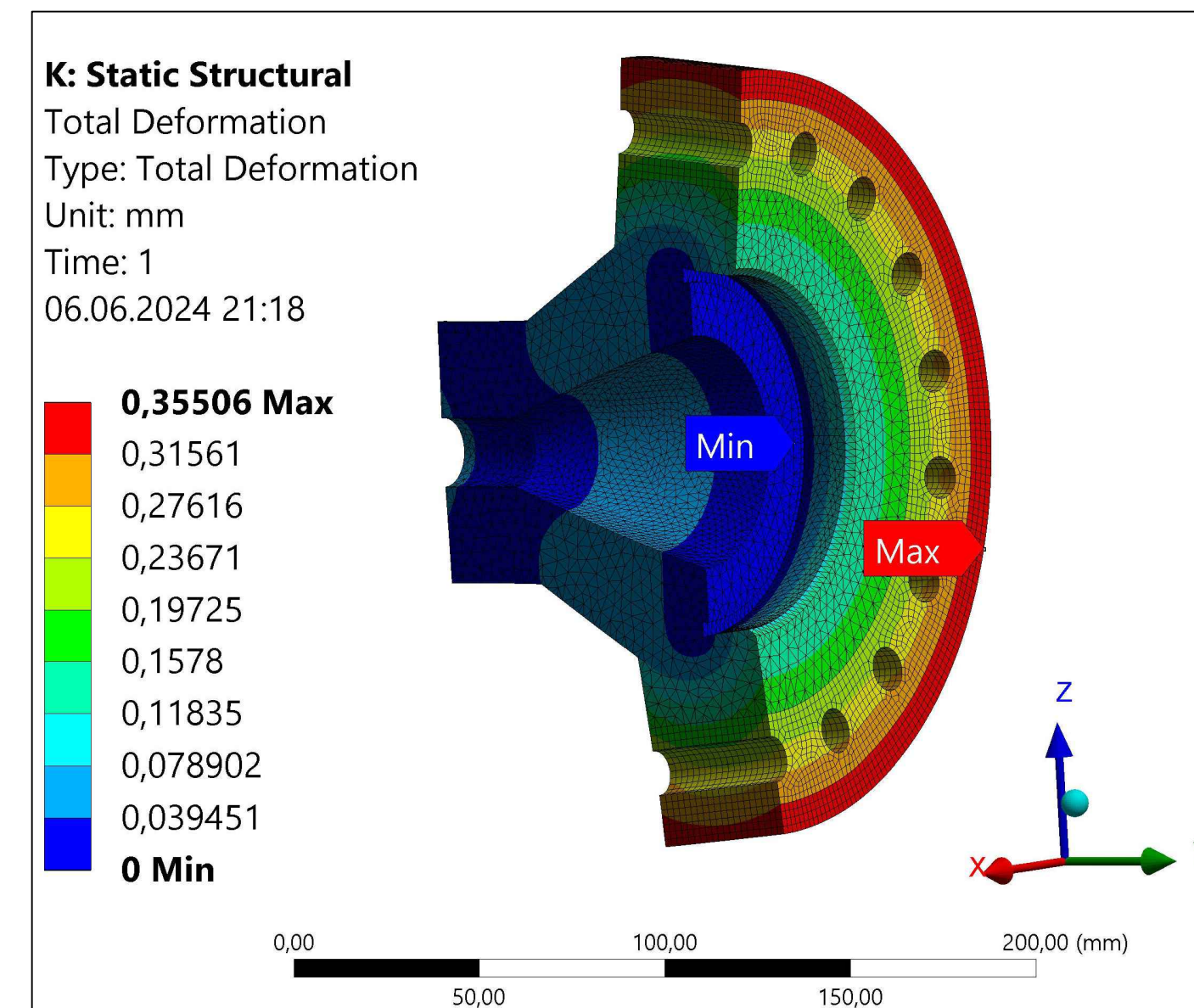
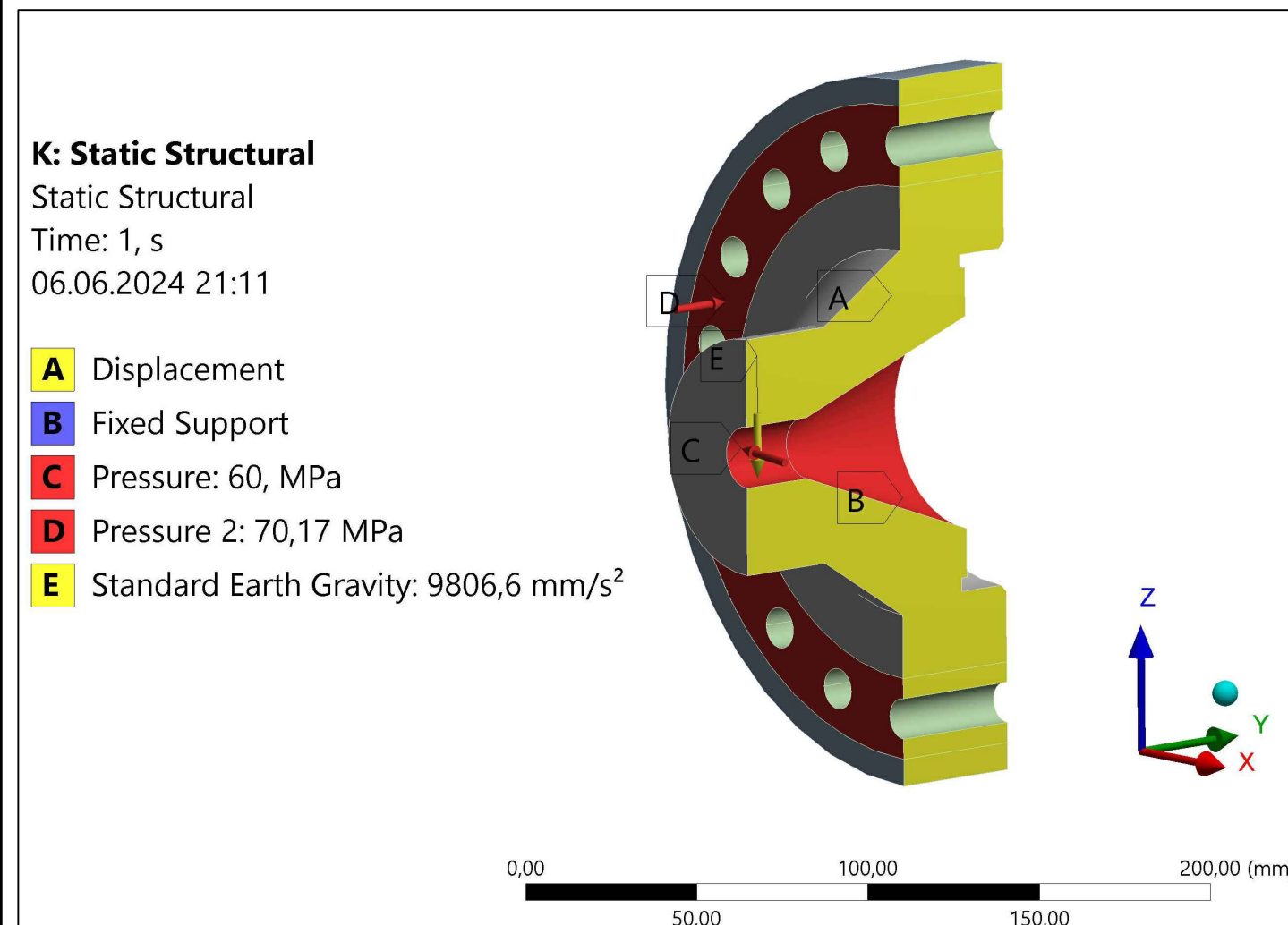


Розподіл температур

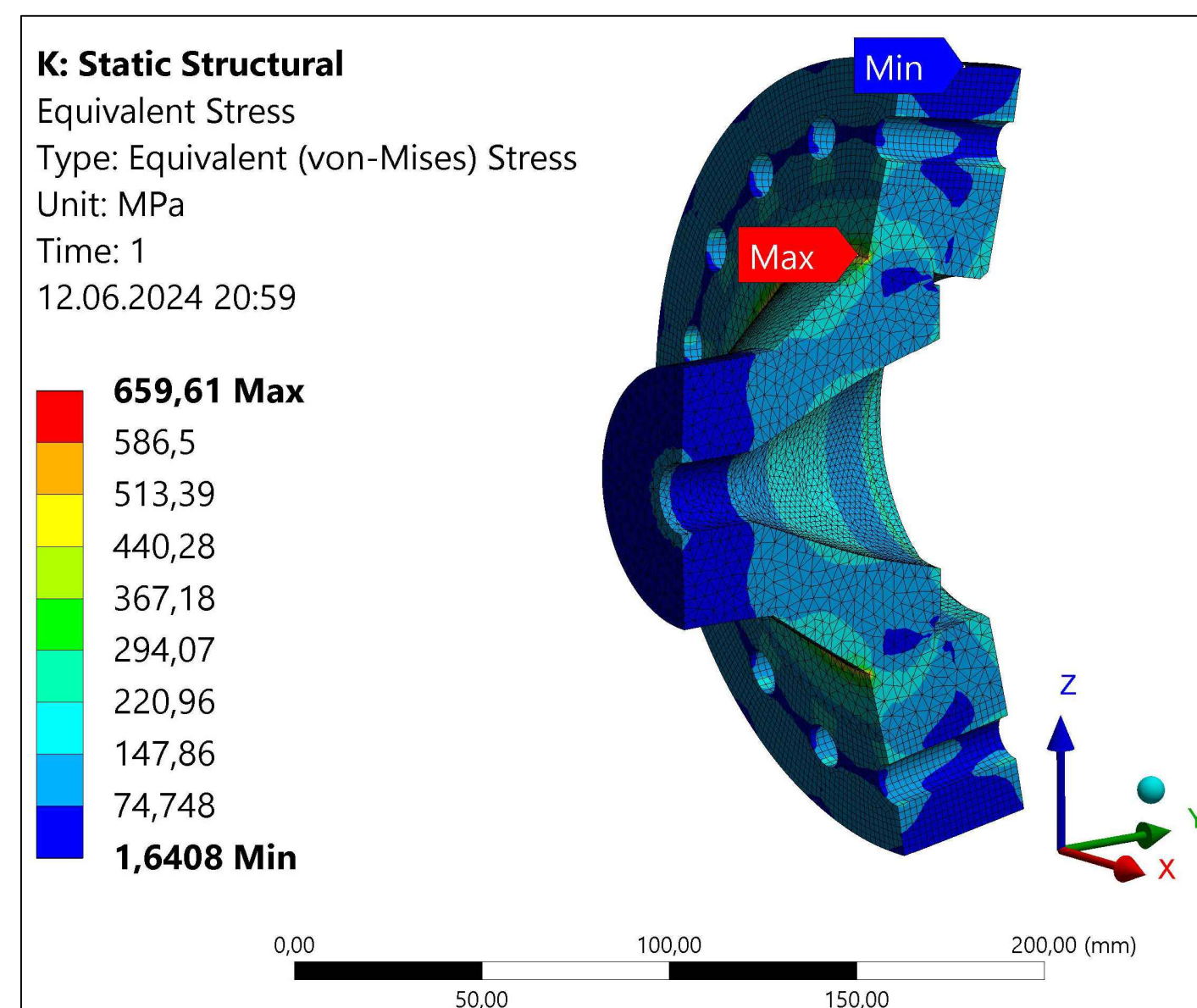


					ЛП01.057240.013-70 ПЛ				
					3D модель, сітка скінченних елементів та розподіл температур				
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Літера	Маса	Масштаб		
Розроб.	Невіський								
Перев.	Витвицький								
Т. контр.					Аркуш	Аркушів	1		
Н. контр.					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ				
Затв.	Сокольський								

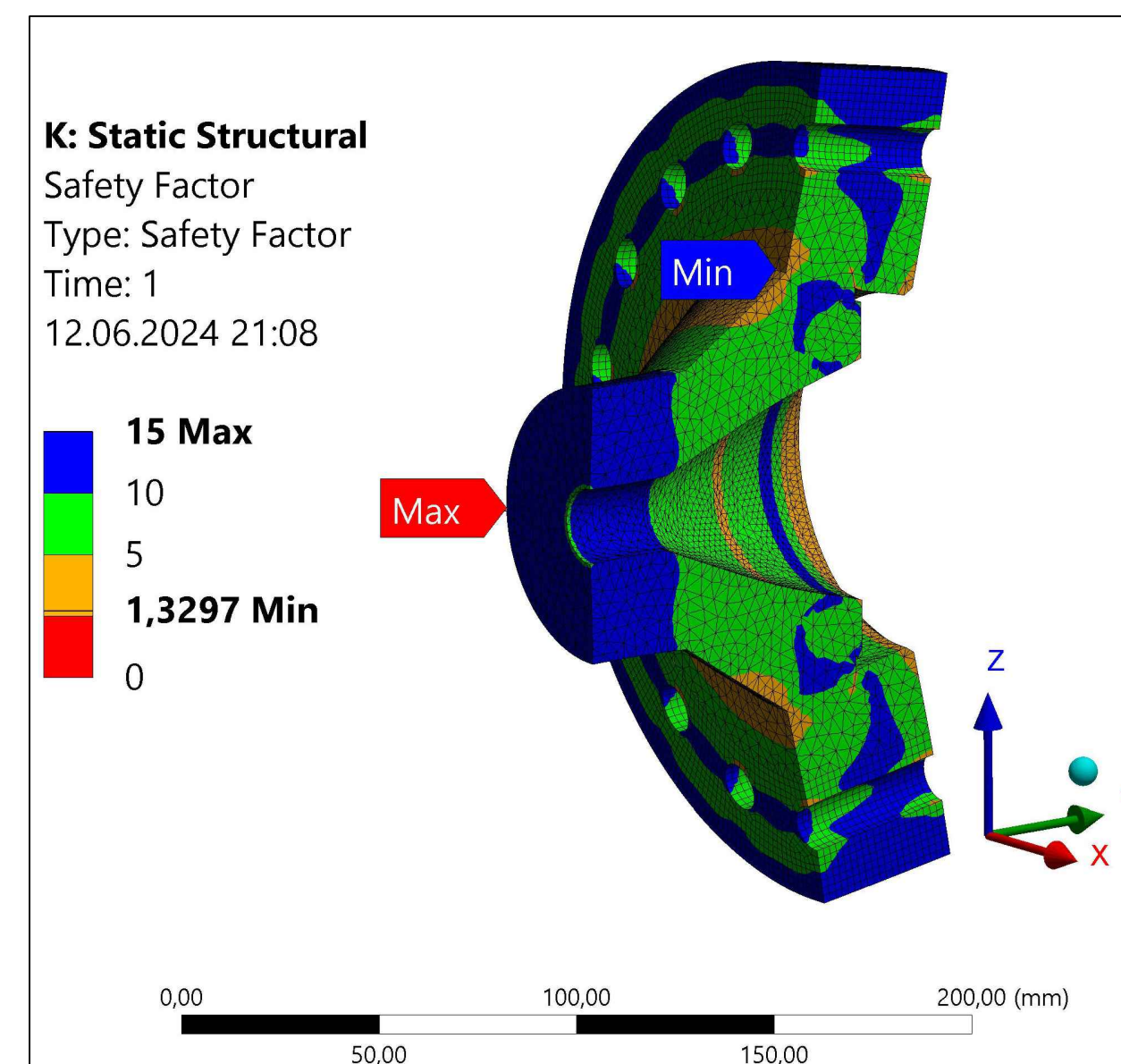
Загальні деформації



Еквівалентні напруження

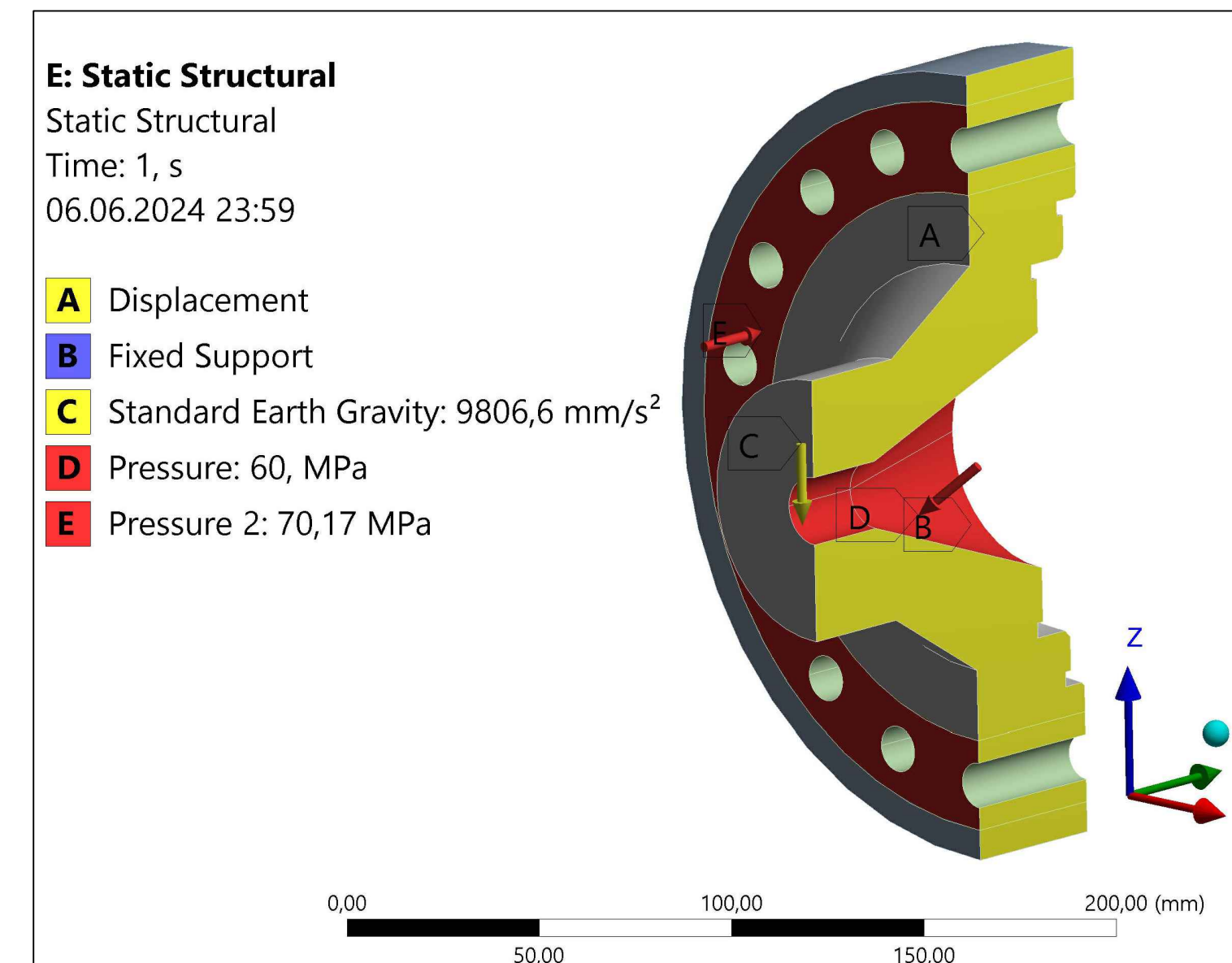


Коефіцієнт запасу міцності

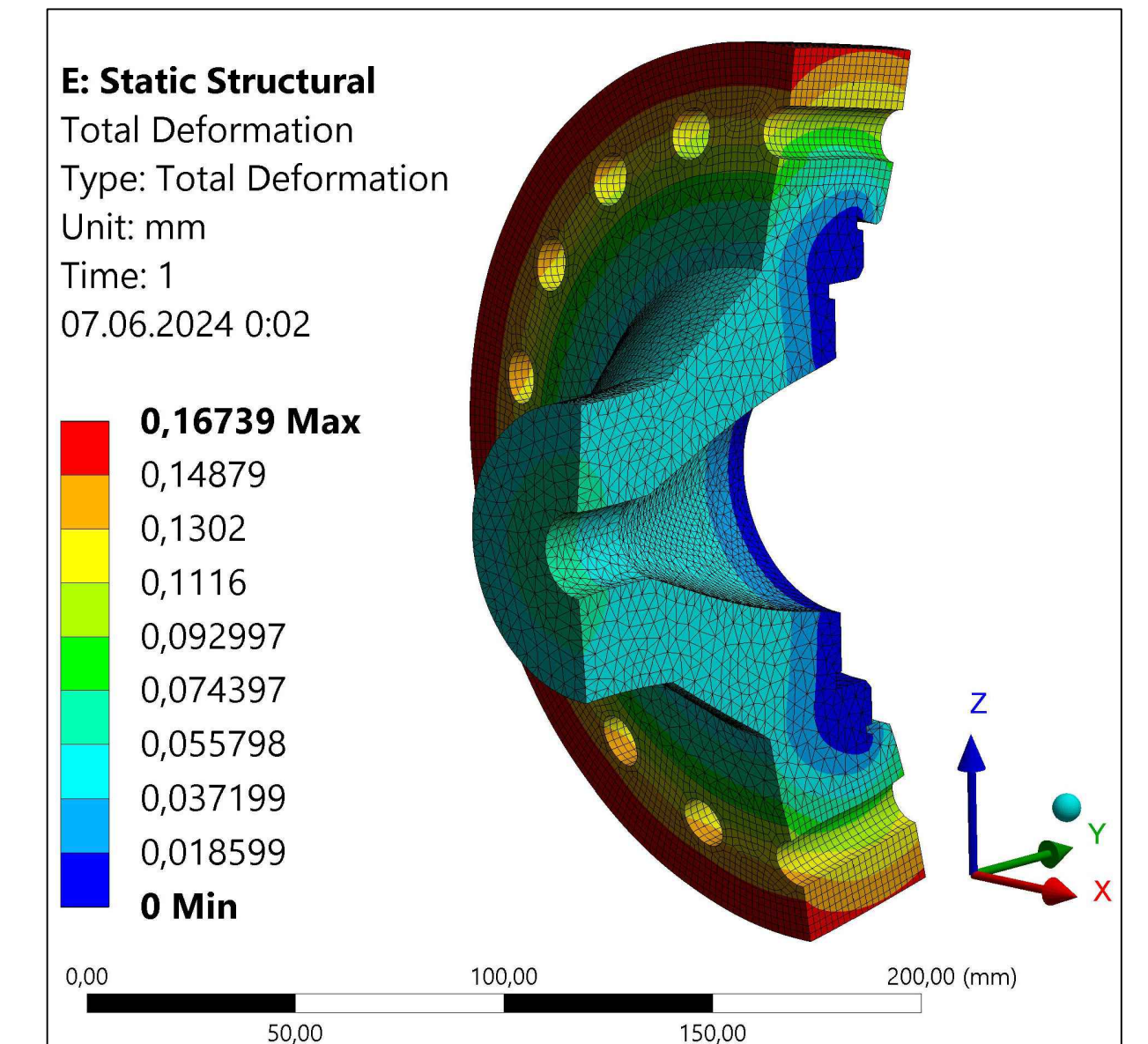


Модернізований кріпильний фланець формуючої головки

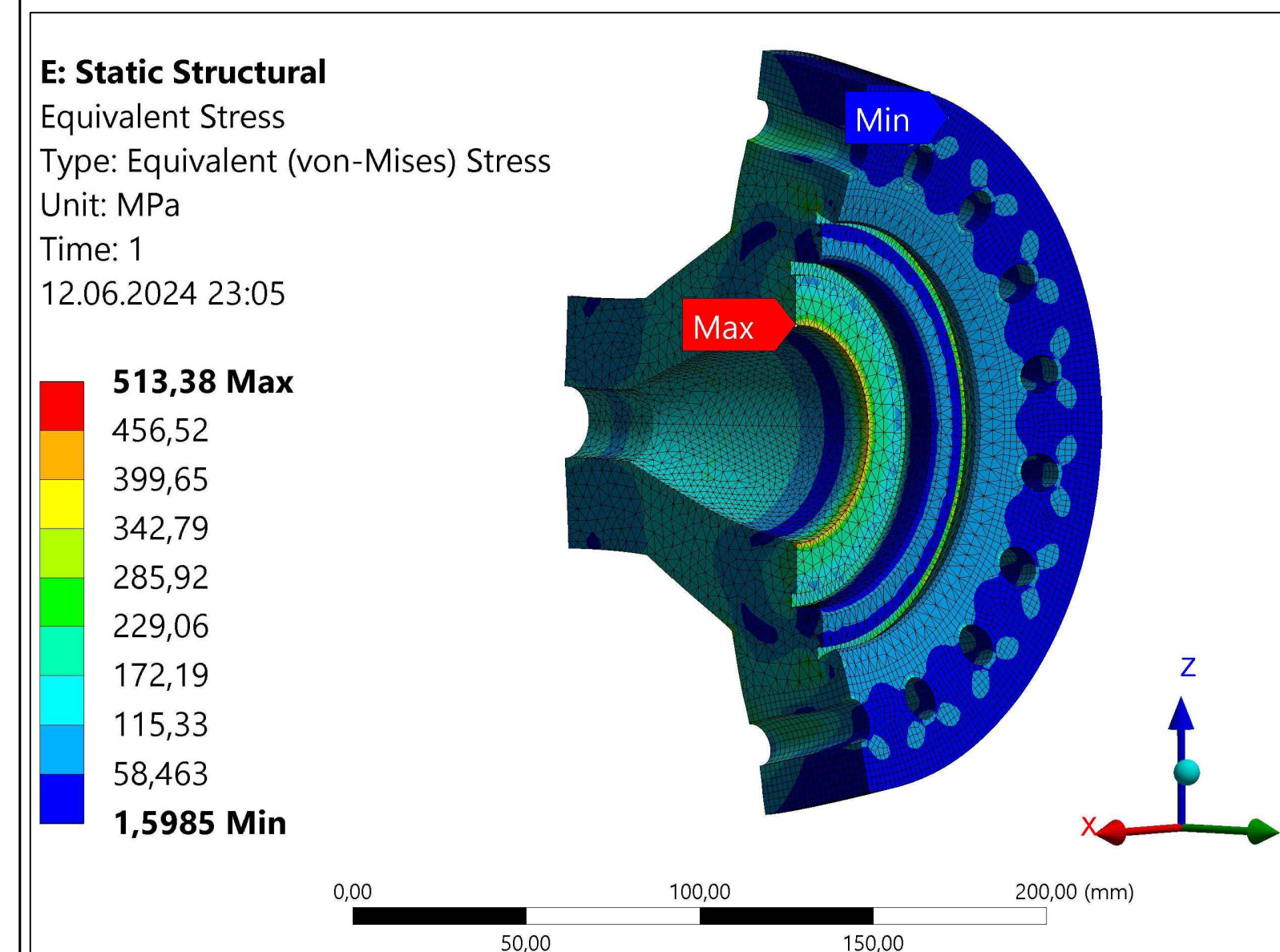
Закріплення та розподіл навантажень



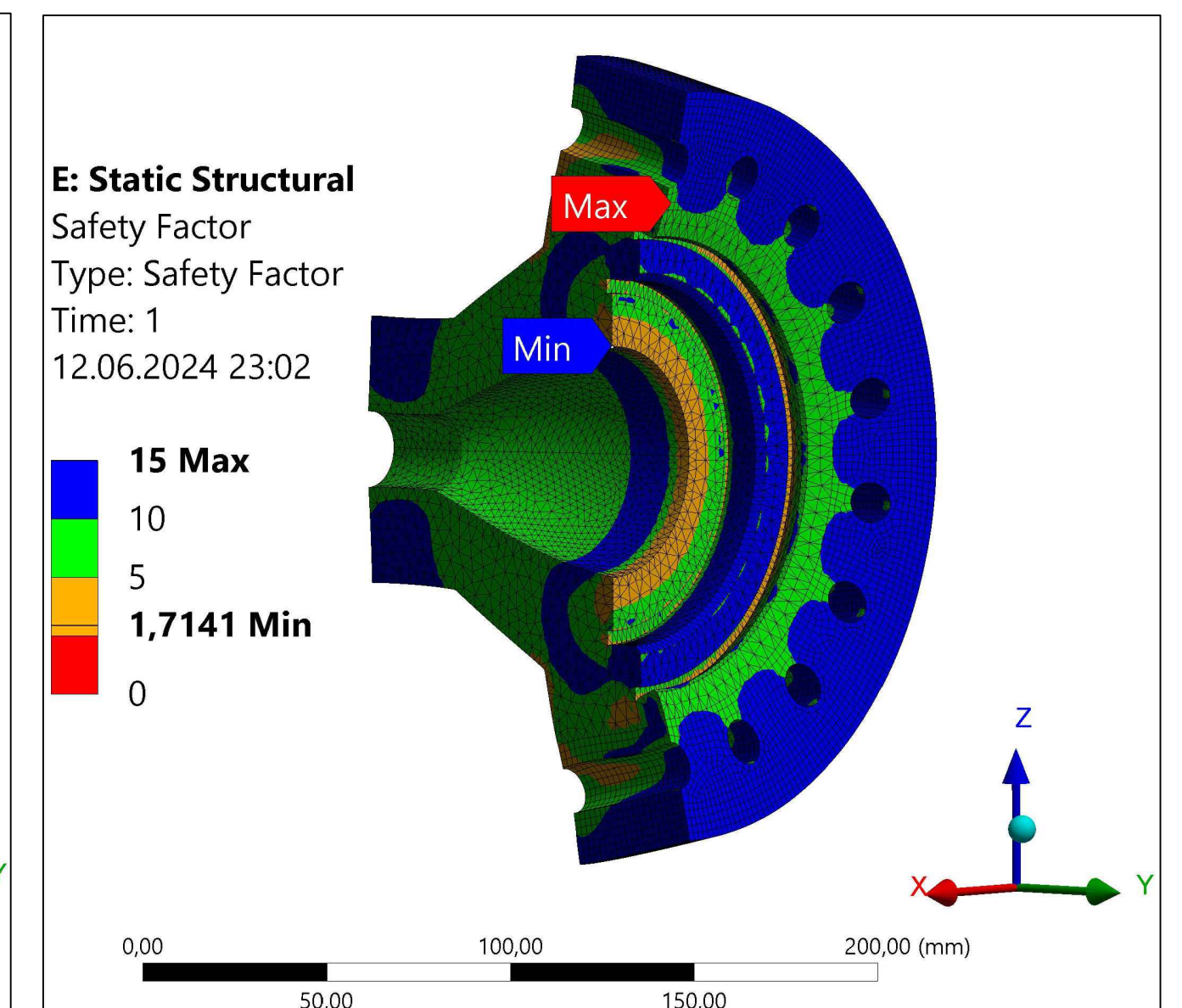
Загальні деформації



Еквівалентні напруження



Коефіцієнт запасу міцності

[illegible]