

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ **О.Л. Сокольський**

«_____» _____ 2023 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 133 – *галузеве машинобудування*

на тему: 3д-принтер з модернізацією екструзійної головки

Виконав (-ла) студент (-ка) 4-го курсу, групи ЛП-91
(шифр групи)

Сорока Євгеній Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник _____ зав.кафедри Сокольський Олександр Леонідович _____
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультанти з розділів:

МОДЕРНІЗАЦІЇ _____ **Щербина В.Ю.**
ТЕХ. МАШ. _____ **Борщик С.О.**
РЕЦЕНЗЕНТ _____

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

Київ 2023 рік

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

_____ **О.Л. Сокольський**

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« _____ » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

_____ Сорока Євгеній Олександрович

(П.І.Б.)

1. Тема проекту 3д-принтер з модернізацією екструзійної головки

керівник проекту зав.кафедри Сокольський Олександр Леонідович

затверджена наказом по університету від « 26 » травня 2023 р. № 2024-с

2. Строк подання студентом проекту «16 » 06. 2023 р.

3. Вихідні дані до проекту Границя міцності на стиск $\sigma=58$ МН/м²; модуль пружності $E=4\,2,7\,10 \cdot$ МН/м²; густина $\rho=2,4$ т/м³; коефіцієнт розпушування $\mu=0,39$; коефіцієнт тертя $f=0,30$

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Призначення і галузь застосування 3д принтера. 2. Технічні характеристики принтера. 3. Опис конструкції та принципу дії 3д принтера. 4. Літературно-патентний огляд для вибору варіанту модернізації екструзійної головки. 5. Охорона праці. 6. Розрахунки.. 7. Технологія машинобудування.. 8. Загальні висновки. Перелік посилань. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Лінія виробництва за допомогою 3д принтера ЛП91.147247.000-70 ТС

2. 3д принтер з модернізацією екструзійної головки ЛП91.147247.000.05-70СК

3. Екструзійна головка ЛП91.147242.003-20 СБ

4. Черв'як екструзійної головки ЛП91.147242.003.02

5. Плакат в Ансис ЛП91.147242.003.02-70PP

6. Лещата ЛП91.147256.006-70СК

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Модернізація	Щербина В.Ю.		
Тех. маш.	Борщик С.О.		
Охорона праці	Ковтун А.І.		

7. Дата видачі завдання 23.05.23 р.

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ. Призначення і галузь застосування лінії	23.05.23-24.05.23	
2	Розробка креслення каландра. Його технічна характеристика	25.05.23-26.05.23	
3	Літературно-патентний пошук	27.05.23-28.05.23	
4	Розрахунки параметричні, теплові та на міцність основної модернізації	29.05.23-30.05.23	
5	Розробка креслень базового та модернізованого вузла	31.05.23-01.06.23	
6	Розроблення розділу «Охорона праці»	02.06.23-03.06.23	
7	Створення розділу «Монтаж та експлуатація»	04.06.23-05.06.23	
8	Створення розрахункової моделі в Ansys	06.06.23-07.06.23	
9	Створення плакатів з р-тами розрахунку	08.06.23-09.06.23	
10	Загальні висновки. Перелік посилань. Додатки	10.06.23-11.06.23	
11	Оформлення записки і креслень	12.06.23-14.06.23	

Студент

(підпис)

Сорока Є.О.
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Сокольский О.Л.
(ініціали, прізвище)

ЗМІСТ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

РЕФЕРАТ (УКРАЇНСЬКА МОВА).....	5
РЕФЕРАТ (ІНОЗЕМНА МОВА)	6
ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ.....	7
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	8
РОЗДІЛ РОЗРАХУНКІВ.....	32
РОЗДІЛ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ	56
ДОДАТОК А. СПЕЦИЦІКАЦІЇ	87
ДОДАТОК Б. ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ	97

Реферат

Розроблено бакалаврський дипломний проект на тему: «3д принтер з модернізацією головки екструдера »

Метою проекту є модернізація головки екструдера. Дипломний проект вміщує «Пояснювальну записку», «Розрахунок», «Технологію машинобудування» та графічну частину. Загальний обсяг проекту становить: х с., х рис., х табл., х джерел, та х креслень.

Методи розробки і проектування - аналітичні, розрахункові, проектувальні; з використанням відомих методів, комп'ютерних програм, нормативних документів.

При розробці та проектуванні 3д принтера, на основі аналітичного огляду науково-технічної літератури, нормативної та конструкторської документації, патентних досліджень, інженерно-технічних розрахунків, виконано наступне:

- вивчено принципи роботи і конструкцію 3д принтера для розробки прототипів, проаналізовано технічні параметри і характеристики машини;
- проведено низку інженерних розрахунків, потрібних для проектування і розробки принтера, згідно з технічним завданням;
- на основі виконаних патентних досліджень модернізовано головку екструдера за рахунок того, що замість традиційної прямої головки спроектовано черв'ячний пластикатор, який дає змогу підвищити продуктивність і позбутись зайвої стадії виробництва стренги;
- розроблено і спроектовано модернізована головка для підвищення продуктивності друку.

Abstract

Bachelor's degree project on the topic: "3D printer with the modernization of the extruder head".

The purpose of the project is to modernize the extruder head. The diploma project includes an "Explanatory note", "Calculation", "Engineering technology" and a graphic part. The total volume of the project is x pages, x figures, x tables, x sources, x drawings.

Methods of development and design - analytical, calculation, and design; using known methods, computer programs, and regulatory documents.

During the development and design of the 3D printer, based on an analytical review of scientific and technical literature, regulatory and design documentation, patent research, engineering and technical calculations, the following was performed

- the principles of operation and design of the 3D printer for the development of a prototype were studied, the technical parameters and characteristics of the machine were analyzed;
- some engineering calculations were performed to design and develop the printer per the terms of reference;
- based on patent research, the extruder head was modernized;
- developed and designed a modernized head to improve printing performance.

Перелік позначень

Умовні позначення:

h_1 -глибина гвинтового каналу в зоні завантаження,

h_n - глибина гвинтового каналу на початку зони дозування,

h_2 - глибина гвинтового каналу на кінці черв'яка,

L_n -довжина зони дозування,

D -зовнішній діаметр черв'яка,

d_1 -діаметр сердечника в зоні дозування,

d_2 - діаметр сердечника на кінці черв'яка,

e - ширина гребеня витка черв'яка,

δ -зазор між черв'яком і гільзою.

K - коефіцієнт геометричної форми голівки,

μ_e - ефективна в'язкість

t - крок гвинтової нарізки черв'яка,

Δp -перепад тиску в голівці ,

d_1 -діаметр черв'яка в зоні дозування,

d_2 -діаметр сердечника на кінці черв'яка,

a -постійна прямого потоку,

**Пояснювальна записка до дипломного проекту на тему: «Зд
принтер з модернізацією екструзійної головки»**

Київ – 2023 рік

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
ПРИЗНАЧЕННЯ, ОПИС КОНСТРУКЦІЇ І ПРИНЦИП ДІЇ ЗД ПРИНТЕРА	11
ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ПРОТОТИПІВ	12
ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗД ПРИНТЕРА.....	13
ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	14
ПАТЕНТНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ	16
Патент [1].....	16
Патент [2].....	18
Патент [3].....	20
Патент [4].....	22
ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МОДЕРНІЗАЦІЇ	24
ОХОРОНА ПРАЦІ	25
Вступ	25
Аналіз ризиків	26
Мери безпеки та охорони праці:	27
Пожежна безпека:.....	28
Захист від шкідливих речовин:.....	29
Електробезпека:	29
ВИСНОВКИ	31

					<i>ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
7Розроб.		СОрока С.О.					
Перевір.		Сокольський					
Н. Контр.							
Затв.		Сокольський О.Л.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						1	70
					ІХФ НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського»		

ВСТУП

У сучасному авіаційному виробництві процес виготовлення деталей є одним із найскладніших і найвідповідальніших. Помилки у виготовленні можуть призвести до серйозних наслідків, включно з аваріями та втратами людських життів. У зв'язку з цим, впровадження інноваційних технологій у виробництво стає вкрай важливим.

В рамках проєкту були проведені дослідження та аналіз вимог до матеріалів, що використовуються в авіаційному виробництві, а також до якості деталей, виготовлених з використанням 3D принтера. Особливу увагу було приділено розробці та оптимізації технологічних процесів, щоб забезпечити максимально точне і якісне виготовлення деталей.

Крім того, важливою частиною проєкту було тестування прототипу 3D-принтера, щоб переконатися в його здатності виготовляти деталі, що відповідають усім вимогам авіаційної промисловості.

На закінчення, ця робота має велике значення для розвитку авіаційної промисловості, оскільки використання 3D принтерів у виробництві може значно поліпшити процес виготовлення деталей, скоротити витрати і час на виробництво, а також підвищити якість і безпеку авіаційних виробів.

					ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПРИЗНАЧЕННЯ, ОПИС КОНСТРУКЦІЇ І ПРИНЦИП ДІЇ 3Д ПРИНТЕРА

3D-принтер з генеративним проектуванням - це інноваційний тип принтера, який використовується для створення тривимірних об'єктів. Він працює за принципом комбінації передових технологій та генеративного проектування, що дозволяє досягти більш ефективної та точної 3D-друку.

Процес друку на цьому принтері базується на використанні алгоритмів та штучного інтелекту для створення оптимальних геометричних структур та форм. Gen5X має спеціально розроблену конструкцію, яка дозволяє досягти більшої продуктивності та якості друку.

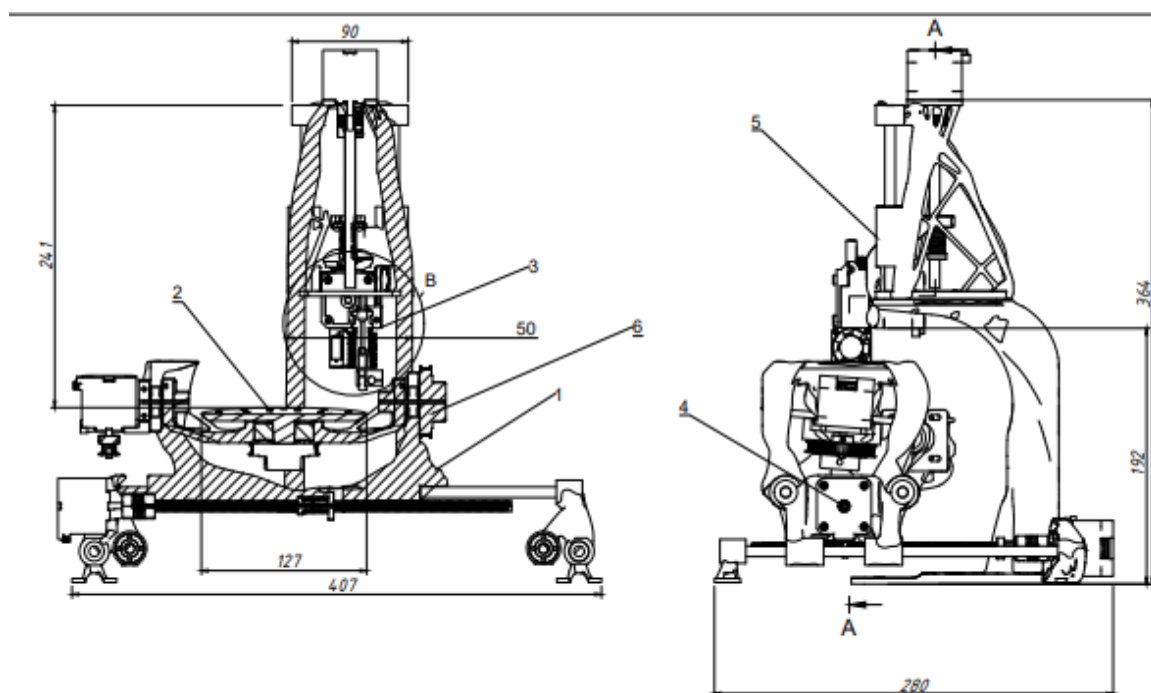


Рис. 1 3д принтер

У центрі механізму розміщена [1] рама, яка служить основою принтера і забезпечує стабільну підтримку для всіх інших компонентів.

На верхній частині рами розташована [2] платформа, яка може рухатися у горизонтальному плані завдяки [7] горизонтальному обертовому механізму. Над

					ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

платформою знаходиться [3] екструзійна головка, яка відповідає за розплавлення матеріалу і нанесення його на платформу.

[4] Кроковий двигун використовується для керування рухом головки екструдера, платформи і інших рухомих елементів принтера.

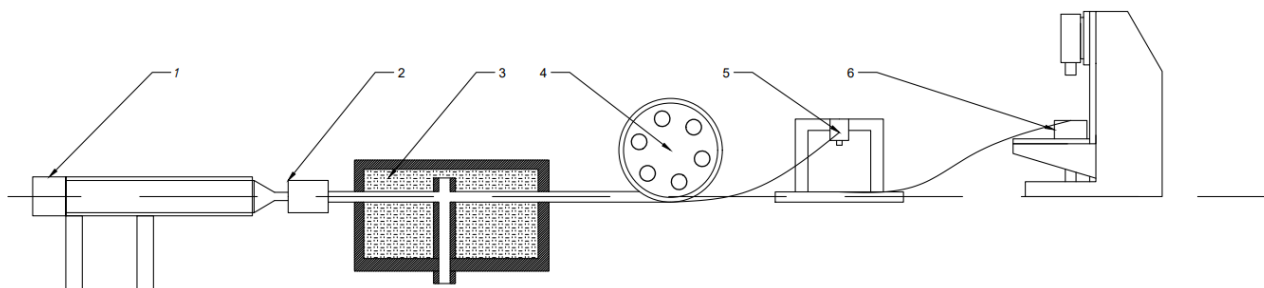
Привід лінійного переміщення [5] контролює висоту шару друку, дозволяючи екструзійній головці рухатися вздовж вертикальної осі (ось Z). [6] Вертикальний обертовий механізм знаходиться внизу принтера і дозволяє обертати об'єкт навколо своєї вертикальної осі.

Цей інтегрований механізм використовує раму як основу, на яку кріпляться платформа, екструзійна головка, крокові двигуни та привід лінійного переміщення. Вертикальний і горизонтальний обертові механізми додають можливість обертати об'єкти. Разом вони створюють повний функціональний механізм 3D-принтера, який забезпечує точність, контроль і якість друку.

ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ПРОТОТИПІВ

Після проходження через екструдер[1] полімер потрапляє у калібруючу головку [2] для скорегування, дотримання форми вихідного матеріалу, після цього проходить етап охолодження у охолоджувальній ванні[3], що сприяє отриманню більш твердого полімеру для подальшої експлуатації у 3д принтері. Для кращого транспортування матеріалу використовують шину натягування[4]. Самий головний етап – це сама робота на 3д принтері[5].

Починаючи з налаштування програми в якій працює фахівець до якості 3д друку. На фінальному етапі для обробки нашого прототипу використовується



					ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЧПУ- верстат[6], який за декілька хвилин спроможний, виправити деякі недоліки які можуть бути при друку прототипа.

Рис. 2 Технологічна схема

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ 3Д ПРИНТЕРА

Технічні характеристики 3д принтера представленні в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Технічні характеристики	Одиниці
Діаметр сопла	0,4мм
Температура екструдера	220°C
Вага	12кг
Розміри	407x280x420мм
Продуктивність	120мм/с
Загальна потужність	350 Вт
Тип екструдера	З прямою подачею
Кількість головок	1 шт
Технологія друку	FDM/FFF
Матеріали для друку	ABS, PP, Nylon и т.д.
Діаметр нитки	1,75
Осі друку	5 осей
Значення	Персональний

					ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

Класифікація 3D-принтерів залежить від кількох важливих ознак, які включають:

1. Принцип друку: 3D-принтери можуть використовувати різні принципи друку, такі як фотополімеризація, фузія порошку, відкладання пластика, фузія віском, відкладання шарів, електронний промінь та багато інших. Кожен принцип має свої особливості та переваги в залежності від конкретних потреб.

2. Тип матеріалу: 3D-принтери можуть працювати з різними типами матеріалів, включаючи пластик, метал, кераміку, композити, гуму та багато інших. Кожен матеріал має свої характеристики та вимоги до друкарського процесу.

3. Область застосування: 3D-принтери використовуються в різних галузях, таких як промислове виробництво, медицина, освіта, дизайн та інші. Вимоги до принтера можуть змінюватися залежно від області застосування.

4. Роздільна здатність: Це показник деталізації та якості друку. Він визначає, наскільки докладно 3D-принтер може відтворити деталі об'єктів. Висока роздільна здатність забезпечує більш точний і деталізований друк.

5. Швидкість друку: Цей параметр вказує на швидкість, з якою 3D-принтер може виготовляти об'єкти. Швидкість друку може варіюватися від принтера до принтера та залежить від різних факторів, таких як складність деталей та вимоги до якості.

6. Розмір друку: Це вказує на максимальні розміри об'єктів, які можуть бути виготовлені на 3D-принтері. Це може бути обмежено розмірами робочої платформи або може бути розширено за допомогою додаткових модулів та конструкцій.

					ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

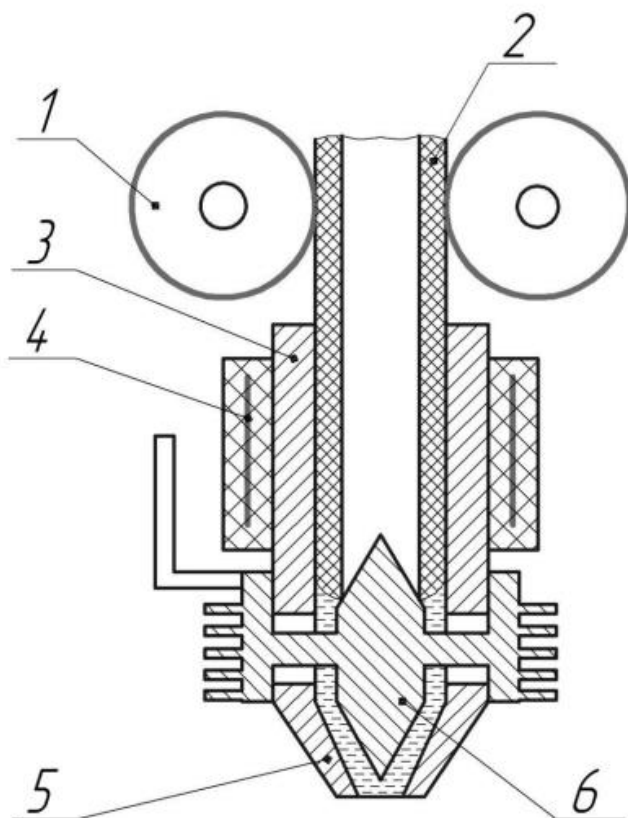
7. Доступні функції: 3D-принтери можуть мати різноманітні функції, такі як двоколірний друк, підтримка мульти-матеріалів, автоматичне переключення інструментів, сканування об'єктів та інші. Ці функції розширюють можливості принтера і надають більше гнучкості в друку.

Отже, класифікація 3D-принтерів враховує принцип друку, тип матеріалу, область застосування, роздільну здатність, швидкість друку, розмір друку та доступні функції. Ці характеристики допомагають вибрати найбільш підходящий принтер для конкретних потреб і вимог.

					<i>ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПАТЕНТНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Патент [1]



Запропонована удосконалена модель екструдера для 3D-друку має наступні особливості:

1. Підвищена швидкість плавлення матеріалу: Запропонований екструдер забезпечує ефективне плавлення полімерного матеріалу, що дозволяє збільшити швидкість подачі матеріалу і прискорити процес друку.

2. Регульована товщина плавленої нитки: За допомогою системи штифта в каналі подачі матеріалу, можна змінювати перетин сопла і, отже, регулювати товщину плавленої нитки. Це дозволяє пристосувати екструдер до потреб конкретного друкарського завдання.

					ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Поліпшена якість друку: Завдяки підвищеній швидкості плавлення матеріалу і можливості регулювання товщини нитки, запропонований екструдер забезпечує покращену якість друку. Об'єкти, створені з використанням цього екструдера, мають більшу точність, деталізацію та гладкість поверхні.

4. Широке використання: Запропонований екструдер може бути використаний в різних типах 3D-принтерів із різними матеріалами, включаючи полімери різної в'язкості і хімічного складу. Він є універсальним і гнучким рішенням для тривимірного друку.

5. Економічна та доступна конструкція: Запропонований екструдер розроблений з урахуванням економічних аспектів і має високий ступінь доступності. Це робить його привабливим рішенням для широкого кола користувачів і сприяє поширенню тривимірного друку.

6. Можливість індивідуальної настройки: Запропонована модель екструдера може бути налаштована з урахуванням особистих вимог і потреб користувача. Це дозволяє виконувати різноманітні завдання друку з врахуванням специфічних вимог до швидкості, якості і матеріалу.

Таким чином, запропонована модель екструдера для 3D-друку пропонує покращені можливості щодо швидкості плавлення матеріалу та регулювання товщини нитки, покращує якість друку і має широкі можливості використання. Це сприяє розвитку тривимірного друку і задовольняє потреби різних користувачів.

					ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Патент [2]

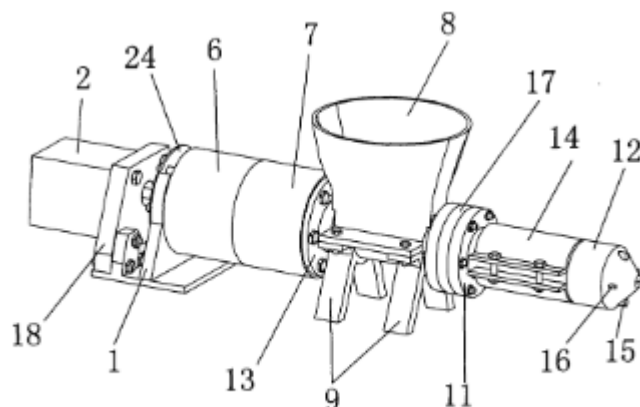


图 1

1. Екструдер для 3D-принтера: цей винахід розкриває екструдер для 3D-принтера, який містить кріпильне гніздо екструдера, двигун, задній підшипник, передній підшипник, втулку шнека, блок заднього підшипника шнека, блок переднього підшипника шнека, завантажувальний бункер, кронштейни завантажувального бункера, шнек, завантажувальний ствол та екструзійну матрицю.

2. Використання: екструдер може бути безпосередньо встановлений на 3D-принтері та використовується для екструзії матеріалів. Він забезпечує плавну операцію екструзії та гарантує необхідну температуру екструзії, що покращує ефективність процесу.

3. Позитивні аспекти: екструдер для 3D-принтера, розкритий винаходом, має кілька позитивних характеристик:

- Економічний: екструдер є вигідним з економічної точки зору, оскільки має низьку вартість.

- Висока вантажопідйомність: екструдер може витягувати велику кількість матеріалу, що дозволяє швидше друкувати моделі.

					ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Розширений асортимент матеріалів: завдяки екструдеру можна використовувати різноманітні матеріали для друку, що розширює можливості принтера.

- Вирішення проблем: екструдер допомагає вирішити проблему друку великогабаритних моделей, уникнути зав'язування ниток в дротяних котушках, а також впоратися з проблемами недостатності ниток та безперервного зав'язування вузлів.

- Вимоги до промислових деталей: екструдер задовольняє вимоги перевірки промислових деталей, що робить його важливим компонентом для виробництва якісних виробів.

4. Негативні аспекти: хоча екструдер має багато позитивних характеристик, варто враховувати такі негативні аспекти:

- Вартість матеріалів: використання різноманітних матеріалів може вимагати додаткових витрат, оскільки деякі матеріали можуть бути дорожчими за інші.

- Складність управління: екструдер може мати складну систему управління, яка вимагає налагодження та регулювання для досягнення оптимальних результатів.

					ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Патент [3]

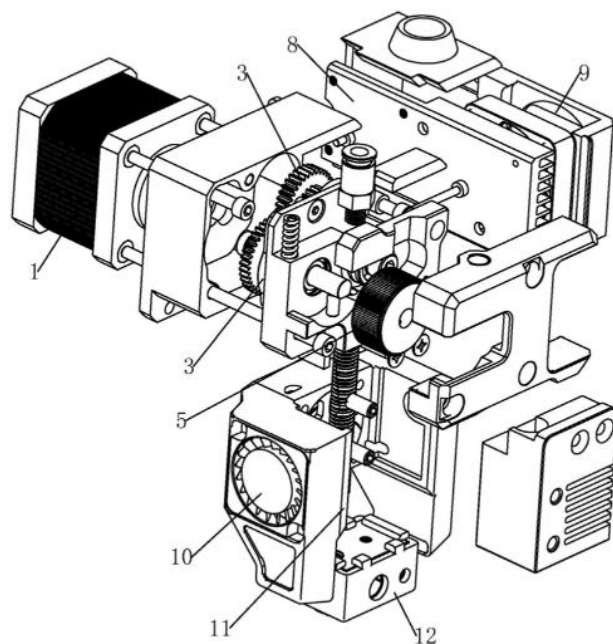


Fig. 1

Корисна модель екструдера для 3D-принтера має такі особливості:

1. Компактна конструкція: Завдяки використанню мотор-редуктора, дуплексних редукторів, кінцевого редуктора та екструзійного редуктора, модель екструдера має компактну конструкцію. Це дозволяє зменшити розмір і масу екструдера, що сприяє зниженню навантаження на 3D-принтер і поліпшенню точності друку.

2. Підвищена точність друку: Завдяки використанню ефективної системи редукції швидкості, корисна модель екструдера забезпечує високу точність друку. Зменшення маси екструдера допомагає уникнути вібрацій та зменшити похибки позиціонування, що впливають на якість виготовленого об'єкта.

3. Покращена швидкість друку: Застосування дуплексних редукторів дозволяє передавати великі зусилля екструзії через невеликий двигун. Це

					ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

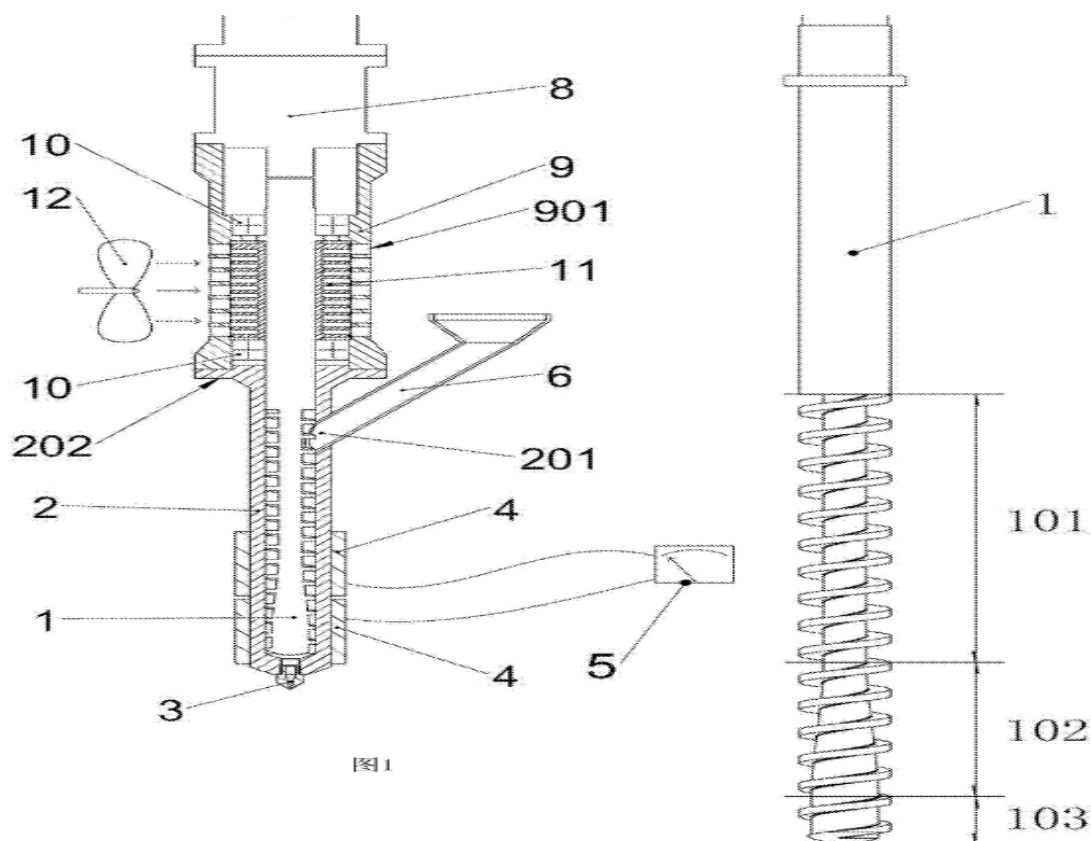
дозволяє збільшити швидкість друку 3D-принтера, зменшуючи час виготовлення об'єктів.

4. Ефективне використання ресурсів: Завдяки оптимізованій конструкції, модель екструдера використовує ресурси, такі як енергія та матеріал, ефективно. Це дозволяє зменшити споживання енергії і забезпечує економічність використання екструдера.

5. Універсальність і сумісність: Запропонована модель екструдера може бути використана з різними типами 3D-принтерів із різними полімерними матеріалами. Вона сумісна з різноманітними друкарськими задачами і задовольняє потреби різних користувачів.

Запропонована корисна модель екструдера для 3D-принтера є покращеним технологічним рішенням, що сприяє підвищенню якості, швидкості та ефективності тривимірного друку. Вона забезпечує зручність в експлуатації і розширює можливості застосування 3D-принтерів в різних сферах.

					ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Переваги пристрою з плавленням екструзії:

1. Компактна конструкція: Принтер має компактну і економічну конструкцію, що дозволяє використовувати його в різних установках і середовищах.
2. Легкість: Принтер є легким, що полегшує його перенесення та установку.
3. Широкий спектр застосування матеріалів: Пристрій сумісний з різними термопластичними гранульованими матеріалами, що дозволяє створювати різноманітні друковані вироби.
4. Зниження вартості друку: Використання термопластичних гранульованих матеріалів дозволяє знизити витрати на матеріали, порівняно з використанням пластикового дроту, що робить друк економічно вигіднішим.
5. Покращена продуктивність друку: Завдяки оптимізованому дизайну та точному контролю температури, пристрій забезпечує ефективну та неперервну

екструзію розплавлених матеріалів, що покращує швидкість друку та продуктивність

6. Здатність виготовлення великогабаритних виробів: Принтер може створювати та виготовляти великогабаритні вироби, що розширює область його застосування та можливості для користувачів.

Додаткові розгляди:

1. Вибір матеріалу: Користувачам слід враховувати конкретні властивості та вимоги до термопластичного гранульованого матеріалу, щоб переконатися в його сумісності з пристроєм з плавленням екструзії. Важливо враховувати такі фактори, як точка плавлення, в'язкість та діаметр нитки.

2. Контроль температури: Належний контроль температури має вирішальне значення для досягнення оптимальної текучості матеріалу та якості друку. Користувачам слід уважно калібрувати та контролювати нагрівальний механізм, щоб підтримувати бажаний діапазон температур протягом всього процесу друку.

3. Обслуговування та чистка: Регулярне обслуговування та чистка пристрою з плавленням екструзії є важливими для забезпечення тривалості його роботи та надійної продуктивності. Це включає видалення залишків матеріалу з друкарської головки, перевірку та заміну зношених компонентів та перевірку належної функціональності механізму розсіювання тепла.

4. Заходи безпеки: Користувачам слід дотримуватися належних протоколів безпеки під час роботи з пристроєм з плавленням екструзії, таких як використання захисного спорядження, робота в добре провітрюваному приміщенні та необхідні заходи, щоб запобігти опікам або іншим травмам, пов'язаним з високотемпературними процесами екструзії.

5. Калібрування та налаштування: Для досягнення точних та якісних результатів друку користувачам може знадобитися калібрування та налаштування різних параметрів пристрою з плавленням екструзії, таких як швидкість екструзії, висота шару та вирівнювання друкарського стола.

					ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Регулярне калібрування та налаштування можуть допомогти оптимізувати якість та надійність друку.

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МОДЕРНІЗАЦІЇ

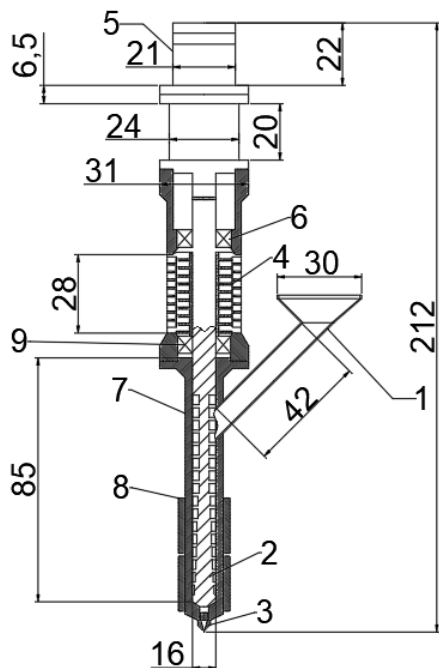
Використання даного пристрою для екструзії розплаву термопластичних матеріалів має переваги перед традиційними методами друку, такими як філаментні або рідкосмольні 3D-принтери.

- Широкий спектр матеріалів: Пристрій для екструзії розплаву дає змогу використовувати різні термопластичні матеріали у вигляді гранул, що відкриває нові можливості для друку. Це включає пластик, гуму, віск, полімерні композити та інші матеріали, які можуть бути екструдовані в розплавлений стан і використані для друку 3D-деталей.

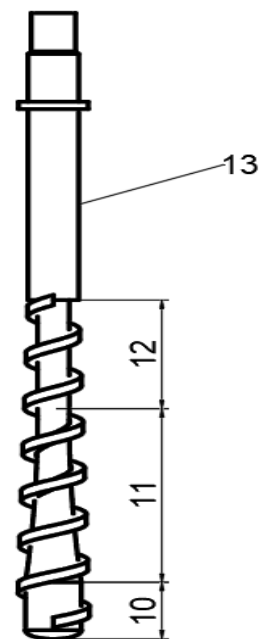
- Зниження вартості друку: Можливість використання гранульованих матеріалів дає змогу скоротити витрати на купівлю дорогих філаментів або рідких смол. Гранули зазвичай доступні за нижчою ціною, що робить процес друку більш економічно вигідним, особливо під час роботи з великими обсягами і серійним виробництвом.

- Підвищена ефективність друку: Пристрій має механізм редукційної передачі, який забезпечує стабільну подачу матеріалу через екструзійну друкувальну головку. Це покращує точність друку і мінімізує можливість виникнення збоїв і перерв у процесі друку.

					ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а



б

Рисунок 1 – Екструзійна головка 3D-принтера:

а – загальний вигляд; б – черв'як: 1 – горловина; 2 – черв'як; 3 – сопло; 4 – радіатор; 5 – привід;

6 – підшипник; 7 – корпус; 8 – нагрівний елемент; 9 – підшипник; 10 – зона дозування; 11- зона стиснення; 12 – зона завантаження; 13 – вал

ОХОРОНА ПРАЦІ

Вступ

З розвитком 3D-друку останніми роками виникає дедалі більша потреба в забезпеченні безпеки та охорони праці під час роботи з 3D-принтерами. Ці пристрої пропонують величезні можливості для проектування та виробництва різних об'єктів, однак, у зв'язку з особливостями їхньої роботи, існують потенційні небезпеки для користувачів.

Метою цього дипломного проекту є розробка системи охорони праці, спрямованої на мінімізацію ризиків і забезпечення безпеки під час роботи з 3D-принтером. У рамках цієї роботи буде розглянуто основні потенційні небезпеки,

					ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пов'язані з експлуатацією 3D-принтера, а також запропоновано відповідні запобіжні заходи та рекомендації.

Важливо зазначити, що ця система охорони праці ґрунтуватиметься на аналізі ризиків, ідентифікації шкідливих факторів і застосуванні відповідних заходів безпеки. Правильне застосування цих заходів і дотримання правил поведінки під час роботи з 3D-принтером дасть змогу зменшити можливість виникнення нещасних випадків і забезпечити безпечне робоче середовище.

Ця робота має велике значення для розвитку та використання 3D-друку в різних сферах, включно з промисловістю, медициною та дизайном. Забезпечення безпеки та охорони праці під час роботи з 3D-принтерами є невід'ємною частиною їхнього успішного впровадження та використання.

У наступних розділах буде проведено аналіз ризиків, представлено заходи безпеки та охорони праці, а також розглянуто питання пожежної безпеки, захисту від шкідливих речовин та електробезпеки під час роботи з 3D-принтером."

Аналіз ризиків

Цей розділ присвячений аналізу можливих ризиків, що виникають при використанні 3D-принтера, і розгляду заходів безпеки, спрямованих на їх мінімізацію. У процесі використання 3D-принтера існує декілька потенційних небезпек, які варто враховувати з метою забезпечення безпеки користувачів.

Перш за все, однією з основних небезпек є можливість опіків. Під час роботи з 3D-принтером використовуються високотемпературні матеріали, що може призвести до опіків шкіри. Крім того, під час змішування матеріалів для друку можуть виділятися шкідливі пари, які потрібно уникати вдихання.

Другою потенційною небезпекою є ризик інгаляції пилу. При друку на 3D-принтері можуть утворюватися дрібні частки та пил, які можуть бути небезпечними для дихальних шляхів. Це особливо важливо враховувати при використанні матеріалів, які містять токсичні компоненти.

					<i>ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Третім аспектом є електричні ризики. Робота з 3D-принтером включає підключення до джерела живлення та використання електричного обладнання. Неправильне підключення або неякісний кабель може призвести до короткого замикання або ураження електричним струмом.

Для зниження цих ризиків необхідно вживати заходів безпеки. До таких заходів можуть входити:

- Носіння спеціальних рукавиць та захисних окулярів для запобігання опічкам і контакту зі шкідливими речовинами.
- Використання вентиляційних систем або робота в добре провітрюваних приміщеннях для запобігання інгаляції пилу та шкідливих парів.
- Перевірка якості кабелів та використання надійних джерел живлення для запобігання електричним ризикам.

Аналіз ризиків та прийняття відповідних заходів безпеки є важливою складовою ефективної системи охорони праці при роботі з 3D-принтерами. В наступних розділах будуть розглянуті конкретні мери безпеки та рекомендації, спрямовані на забезпечення безпечної робочої середовища при використанні 3D-принтера.

Мери безпеки та охорони праці:

У цьому розділі будуть розглянуті основні мери безпеки та охорони праці, які слід вживати для забезпечення безпечної роботи з 3D-принтером. Вони спрямовані на захист персоналу від потенційних небезпек та мінімізацію ризиків.

Перш за все, важливо навчити персонал правильному використанню та обслуговуванню 3D-принтера. Це включає ознайомлення з інструкціями виробника, правильним установам матеріалів для друку, калібруванням принтера та контролем якості вироблених деталей. Регулярне навчання персоналу допоможе уникнути неправильного використання та потенційних небезпек.

					ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, необхідно розробити та впровадити процедури роботи з принтером. Це може включати правила поведінки під час роботи з принтером, порядок використання ЗІЗ (наприклад, захисні окуляри, рукавиці) та процедуру зберігання матеріалів безпеки. Ці процедури повинні бути доступні для всього персоналу та суворо дотримуватися.

Також важливо регулярно перевіряти та технічно обслуговувати принтер. Це включає перевірку стану кабелів та з'єднань, регулярну очистку принтера від забруднень, перевірку роботи систем охолодження та заміну деталей за потреби. Такі заходи допоможуть уникнути несправності та забезпечити безпеку під час роботи з принтером.

Виконання цих мір безпеки та охорони праці сприятиме створенню безпечної робочої середовища для користувачів 3D-принтера. Наступні розділи розглянуть питання пожежної безпеки, захисту від шкідливих речовин та електробезпеки, які також важливі при роботі з 3D-принтером.

Пожежна безпека:

Відповідно до документу НАПБ. А. 01.001-2004 "Правила пожежної безпеки", для 3D-принтера рекомендується дотримуватись таких заходів з пожежної безпеки:

1. Розташування принтера: 3D-принтер повинен знаходитись у приміщеннях категорії В з класом зони Р-Іа. Це означає, що зона може стати потенційно небезпечною у разі аварії або несправності обладнання.

2. Пожежогасіння: Рекомендується передбачити перші засоби пожежогасіння для запобігання або мінімізації збитків у надзвичайній ситуації. Це обладнання включає вогнегасники, пожежний інвентар (бочки з водою, пожежні відра, ящики з піском, лопати та пожежні покривала), а також пожежні інструменти, такі як гаки, ломы та сокири. Також слід передбачити систему зв'язку та оповіщення, системи порошкового пожежогасіння та пінного пожежогасіння.

					ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Операторська область: Операторську зону слід обладнати двома вогнегасниками типу ВП-3(3) для використання у разі надзвичайної ситуації.

Захист від шкідливих речовин:

При роботі з 3D-принтером можуть утворюватися шкідливі пари та пил, що можуть бути небезпечними для здоров'я. Деякі матеріали, які використовуються в процесі друку, можуть виділяти токсичні речовини або пилинку, яка може вдихатися та потрапляти в організм.

Для забезпечення захисту від шкідливих речовин необхідно вживати відповідні заходи безпеки. Це може включати використання вентиляційних систем з місцевим витяжним всмоктуванням, які забезпечують ефективне видалення шкідливих парів та пилу з робочої зони. Також важливо регулярно очищати та обслуговувати фільтри вентиляційних систем, щоб забезпечити їх ефективну роботу.

Працівники повинні мати доступ до засобів індивідуального захисту, таких як захисні маски та респіратори, які допомагають зменшити вдихання шкідливих речовин. Інструктаж персоналу з правильного використання цих засобів та їх регулярне оновлення є також важливим.

Впровадження заходів безпеки щодо захисту від шкідливих речовин допоможе забезпечити безпеку та здоров'я персоналу, який працює з 3D-принтером.

Електробезпека:

Відповідно до документу ДСТУ Б В.2.5-82:2016 "Електробезпека. Правила охорони", для 3D-принтера слід дотримуватись таких заходів з електробезпеки:

					<i>ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Заземлення: 3D-принтер повинен бути заземлений відповідно до вимог електротехнічних норм і правил. Це допомагає уникнути накопичення статичної електрики та захищає від можливих викидів струму.

2. Ізоляція: Всі електричні компоненти принтера, які можуть бути доступні користувачеві, повинні бути належним чином ізольовані. Це включає кабелі, роз'єми, контакти та інші деталі, що мають електричний потенціал.

3. Перевірка обладнання: Регулярно перевіряти електричне обладнання 3D-принтера на наявність пошкоджень, зносу або потенційних проблем. Якщо виявляється будь-яке несправне обладнання, слід негайно припинити його використання та вжити необхідні заходи для ремонту або заміни.

4. Перешкоди для доступу: Забезпечте, щоб некваліфіковані особи не мали доступ до внутрішніх електричних компонентів принтера. Застосуйте заходи, такі як обмеження доступу, захисні кришки та огороження, щоб запобігти можливості отримання ураження електричним струмом.

5. Інструкції та навчання: Забезпечте, щоб користувачі принтера були належним чином навчені щодо електробезпеки, включаючи правила користування електричним обладнанням, процедури розрядки статичної електрики та надання допомоги у разі аварійних ситуацій.

					ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У даному дипломному проекті було розглянуто процес 3D-друку з використанням пристрою для екструзії розплаву термопластичних матеріалів. Були визначені переваги цього методу порівняно з традиційними філаментними або рідкосмольними 3D-принтерами, такі як широкий спектр матеріалів, зниження вартості друку та підвищена ефективність.

Також була встановлена потреба у забезпеченні безпеки та охорони праці під час роботи з 3D-принтерами. В рамках проекту була розроблена система охорони праці, яка базується на аналізі ризиків та ідентифікації шкідливих факторів. Запропоновані запобіжні заходи та рекомендації спрямовані на мінімізацію ризиків та забезпечення безпеки під час роботи з 3D-принтером.

Розвиток та використання 3D-друку має велике значення для різних сфер, і важливо забезпечити безпеку та охорону праці під час його впровадження. Дотримання запропонованих заходів безпеки та правил поведінки може зменшити ризик нещасних випадків та створити безпечне робоче середовище.

					ЛП-91.14.7242.01 – 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Розрахунки До дипломного проекту на тему: «3д принтер з
модернізацією екструзійної головки»**

Київ 2023

ЗМІСТ

ПАРАМЕТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА	34
ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ ГОЛІВКИ	37
ПРОДУКТИВНІСТЬ МАШИНИ ПО ЗОНІ ДОЗУВАННЯ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ГОЛІВКИ.	40
ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕПАДУ ТИСКУ В ГОЛОВІ	42
РОЗРАХУНОК ПОТУЖНІСТЬ ПРИВОДУ	46
РОЗРАХУНОК ВИБРАНІ МОДЕРНІЗАЦІЇ В СИСТЕМІ ANSYS	49
ВИСНОВКИ	55

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. 1. Параметричний розрахунок черв'яка.

Головка екструдера у 3D-принтері містить черв'як як основний компонент і відповідає за транспортування полімерного матеріалу зі спеціального контейнера до друкарського блоку, а також за ретельне перемішування і видавлювання з блоку.

Основним параметром, що визначає продуктивність головки екструдера, є діаметр черв'яка. В даному випадку використовується черв'як з зовнішнім діаметром $D=16$ мм. Відношення довжини робочої частини черв'яка до його діаметра для друку пластмас приймається $25D$.

Інші параметри черв'яка обираються залежно від типу матеріалу, який буде друкований. У даному випадку, як матеріал для друку використовується поліетилен, і базові параметри черв'яка обчислюються на основі наведених нижче залежностей. На малюнку зображена схема черв'яка.

Крок профілю – відстань між однойменними сторонами двох сусідніх витків, обмірювана в напрямку осі черв'яка:

$$t = (0,7 \div 0,8) \cdot D = 0,75 \cdot 16 = 12 \text{ мм.}$$

Для переробки поліетилену вибираємо черв'яка однозахідний.

Кут підйому гвинтової лінії обумовлює продуктивність і тиск у середині корпуса:

$$\phi = \arctg \frac{t}{\pi \cdot D} = \arctg \frac{12}{3,14 \cdot 16} = 13,427^\circ.$$

Товщина гребеня черв'яка для одночерв'ячних машин:

$$e = (0,08 \div 0,12) \cdot D = 0,1 \cdot 16 = 16 \text{ мм.}$$

Зазор між черв'яком і гільзою складає:

$$\delta = (0,002 \div 0,003) \cdot D = 0,003 \cdot 16 = 0,048 \text{ мм.}$$

Найбільш часто застосовують профіль нарізки, що характеризується наявністю радіусозакруглення:

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R = (0,12 \cdot 0,18) \cdot D = 0,15 \cdot 16 = 2,4 \text{ мм.}$$

$$r = (0,06 \cdot 0,12) \cdot D = 0,08 \cdot 16 = 1,28 \text{ мм.}$$

Глибина гвинтового каналу під завантажувальною лійкою складає:

$$h_1 = (0,12 \div 0,016) \cdot D = 0,14 \cdot 16 = 2,24 \text{ мм.}$$

Глибина гвинтового каналу в зоні дозування складає :

$$h_2 = 0,5 \cdot \left[D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i} \cdot (D - h)} \right],$$

$$h_2 = 0,5 \cdot \left[16 - \sqrt{256 - \frac{4 \cdot 2,24}{2,1} \cdot (16 - 2,24)} \right] = 0,977 \text{ мм,}$$

де $i = 2,1$ –ступінь стиску поліетилену.

Діаметр стержня під завантажувальною воронкою:

$$d_1 = D - 2 \cdot h_1 = 16 - 2 \cdot 2,24 = 12 \text{ мм;}$$

Діаметр стержня в зоні дозування:

$$d_2 = D - 2 \cdot h_2 = 16 - 2 \cdot 0,977 = 19 \text{ мм.}$$

Довжина торпеди;

$$L_{\text{торп}} = (0,6 \div 0,8) \cdot D = 0,7 \cdot 16 = 11 \text{ мм;}$$

Довжина робочої частини черв'яка приймається:

$$L_{\text{раб}} = (20 \div 30) \cdot D = 20 \cdot 16 = 320 \text{ мм.}$$

Довжина зони завантаження приймається:

$$L_{\text{загр}} = (1,5 \div 3) \cdot D = 2,5 \cdot 16 = 40 \text{ мм.}$$

Довжина зони дозування приймається:

$$L_{\text{доз}} = (3 \div 6) \cdot D = 6 \cdot 16 = 96 \text{ мм.}$$

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довжина зони стиску приймається:

$$L_{сж} = L_{раб} - L_{доз} - L_{загр} = 320 - 96 - 4 = 184 \text{ мм}$$

Довжина евольвентного зачеплення приймається: $L_{ев} = 30 \text{ мм}$;

Довжина відбійної частини приймається:

$$L_{отб} = (0.1 \div 0.5) \times D = 0.3 \times 16 = 4,8 \text{ мм}$$

Загальна довжина черв'яка:

$$L = L_{раб} + L_{ев} + L_{отб} + L_{торн} = 320 + 30 + 4,8 + 11 = 366 \text{ мм}$$

					<i>ЛП-91.14.7242.02 – 70PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ ГОЛІВКИ.

Розглянемо аналітичний метод визначення коефіцієнта геометричної форми головки екструзійної для отримання плівки рукавною з поліетилену.

Цей метод виходить з пропозиції, що коефіцієнт Δ_0 є величиною постійною і цим виключаються тимчасові або місцеві зміни температури, а також зміни в'язкості залежно від напруги зрушення, одночасно передполагается, що перебіг розплаву є стаціонарним і ламінарним; швидкість перебігу розплаву низька і інерційні сили в протилежність силам в'язкості не приймаються до уваги. Потік характеризується числом Рейнолдса 2000. Далі приймаємо, що розплав «змочує» внутрішні стінки корпусу головки, таким чином, зовнішня оболонка потоку маси прилипає до стінок і швидкість течії на стінці рівна нулю.

Формули засновані на спрощеному аналітичному методі розрахунку коефіцієнта геометричної форми головки, дозволяють визначити характеристики каналів простих форм з достатньою для практичних розрахунків точністю.

Важ шлях проходження розплаву через канал головки розіб'ємо на декілька простіших складових і проведемо розрахунок.

Вхідні дані:

$$L_1 = 10 \text{ мм}$$

$$L_2 = L_4 = 6 \text{ мм}$$

$$L_3 = 15 \text{ мм}$$

$$L_5 = 3 \text{ мм}$$

$$d_1 = 8 \text{ мм}$$

$$d_2 = 0,8 \text{ мм}$$

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Круглий циліндровий канал:

$$K_{\text{ц}} = \frac{\pi \cdot D \cdot d}{128 \cdot L_1}$$

де d-діаметр круглого циліндрового каналу,

L-довжина круглого циліндрового каналу

$$K_1 = \frac{3,14 \cdot 16}{128 \cdot 10} = 160,85 \text{ мм}^3$$

2. Конічний круглий з великим діаметром на вході маси:

$$K_2 = \frac{3 \cdot \pi \cdot D^3 \cdot d_1^3}{128 \cdot L_2 \cdot (D^2 + D \cdot d_1 + d_1^2)}$$

де D -діаметр конуса на вході маси,

d-діаметр вершини конуса на виході маси,

$$K_2 = \frac{3,14 \cdot 16^3 \cdot 8^3}{128 \cdot 6 \cdot (16^2 + 16 \cdot 8 + 8^2)} = 19,149 \text{ мм}^3$$

3. Круглий циліндровий канал

$$K_3 = \frac{\pi \cdot d \cdot L_3}{128 \cdot L_3}$$

де d-діаметр круглого циліндрового каналу,

L-довжина круглого циліндрового каналу

$$K_3 = \frac{3,14 \cdot 8}{128 \cdot 3} = 6,7 \text{ мм}^3$$

4. Конічний круглий з великим діаметром на вході маси:

$$K_4 = \frac{3 \cdot \pi \cdot d_1^3 \cdot d_2^3}{128 \cdot L_4 \cdot (d_1^2 + d_1 \cdot d_2 + d_2^2)}$$

де D -діаметр конуса на вході маси,

d-діаметр вершини конуса на виході маси,

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_4 = \frac{3,14 \cdot 8^3 \cdot 0,8^3}{128 \cdot 6 \cdot (8^2 + 8 \cdot 0,8 + 0,8^2)} = 0,015 \text{ мм}^3$$

5. Круглий циліндровий канал

$$K_5 = \frac{\pi \cdot D \cdot L}{128 \cdot L}$$

де d-діаметр круглого циліндрового каналу,

L-довжина круглого циліндрового каналу

$$K_5 = \frac{3,14 \cdot 0,8}{128 \cdot 3} = 3,351 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^3$$

Загальний коефіцієнт геометричної форми для всієї голівки можна поррахувати, як суму опорів окремих ділянок голівки :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4} + \frac{1}{K_5}}$$

$$K = \frac{1}{160,85} + \frac{1}{19,149} + \frac{1}{6,7} + \frac{1}{0,015} + \frac{1}{3,351 \cdot 10^{-3}} = 2.741 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^3$$

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3. ПРОДУКТИВНІСТЬ МАШИНИ ПО ЗОНІ ДОЗУВАННЯ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ГОЛІВКИ.

Робочий процес 3д принтера в цілому залежить не тільки від геометричних розмірів черв'яка і процесів, що протікають у його каналах, але також від геометрії, конфігурації голівки 3д принтера, і її профільюючих елементів.

Об'ємна продуктивність потоку грузлих рідин через голівку прямо пропорційно падінню тиску ΔP і назад пропорційно в'язкості маси μ :

$$Q = K \cdot \frac{\Delta P}{\mu}$$

Також рівняння продуктивності можна представити у виді рівняння:

$$Q = \frac{a \cdot K}{K + \beta + \gamma} \cdot n$$

де K - коефіцієнт пропорційності, що залежить від геометричної голівки - коефіцієнт геометричної форми голівки; n - число оборотів черв'яка в хвилину;

a - постійна прямого потоку для черв'яка з перемінною глибиною гвинтового каналу:

$$a = \frac{\pi \cdot D \cdot h^2 \cdot (t - \lambda \cdot e) \cdot \cos^2 \varphi}{2}$$

β -постоянная зворотного потоку для черв'яка з перемінною глибиною гвинтового каналу:

$$\beta = \frac{h^2 \cdot (t - \lambda \cdot e) \cdot \sin^2 \varphi}{L_{\text{доз}} \cdot 24}$$

γ -постійна потоку витоків для черв'яка з перемінною глибиною гвинтового каналу:

$$\gamma = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot \delta^3 \cdot \tan \varphi \cdot \sin \varphi}{10 \cdot e \cdot L_{\text{доз}}}$$

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де h_1 -глибина гвинтового каналу в зоні завантаження,

h_n - глибина гвинтового каналу на початку зони дозування,

h_2 - глибина гвинтового каналу на кінці черв'яка,

L_n -довжина зони дозування,

D -зовнішній діаметр черв'яка,

d_1 -діаметр сердечника в зоні дозування,

d_2 - діаметр сердечника на кінці черв'яка,

e - ширина гребеня витка черв'яка,

δ -зазор між черв'яком і гільзою.

Підставивши у вище приведені рівняння значення величин , обчислимо значення продуктивності черв'ячної машини по зоні дозування з урахуванням впливу голівки :

$$\alpha = \frac{3,14 * 16 * 0,977 * (12 - 1 * 1,6) * \cos (0,004)}{2} = 255 \text{ мм}^3$$

$$\beta = \frac{0,977^3 * (12 - 1 * 1,6) * \sin 2(0,004)}{96 * 24} = 3,443 * 10^{-5} \text{ мм}^3$$

$$\gamma = \frac{3.14^2 * 16^2 * 0,048 * \tan(0,004) * \sin (0,004)}{10 * 1,6 * 96} = 3,043 * 10^{-9} \text{ мм}^3$$

$$Q = \frac{255,362 * 2.741 * 10^{-3}}{2.741 * 10^{-3} + 3,443 * 10^{-5} + 3,043 * 10^{-9}} * 0.381 = 96 \text{ мм}^3/\text{с}$$

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4. Визначення перепаду тиску в голівці.

Перепад тиску в голівці при відомих значеннях продуктивності і коефіцієнта геометричної форми голівки визначають по формулі:

$$\Delta P = \frac{Q \cdot \mu_e}{K}$$

де Q-продуктивність черв'ячної машини,

K - коефіцієнт геометричної форми голівки,

μ_e - ефективна в'язкість (визначається з графічної залежності).

Падіння тиску в голівці складається з приватних утрат тиску на окремих ділянках .

При визначенні коефіцієнта геометричної форми голівки були обрані окремі ділянки , що в основному створюють опір проходові маси розплаву в голівці і сума яких дає загальний перепад тиску в голівці .

1. Для циліндричного круглого каналу швидкість зрушення визначається по формулі:

$$S = \frac{32 \cdot Q}{\pi \cdot D^3}$$

де Q - продуктивність черв'ячної машини, d-діаметр циліндричного круглого каналу,

$$S_1 = \frac{32 \cdot 96}{3,14 \cdot 16^3} = 0,239 \text{ c}^{-1}$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліпропилен при температурі розплаву 190°C и швидкості зрушення з 0,239c⁻¹

$$\mu_{e1} = 1216 \text{ Па} \cdot \text{с},$$

Перепад тиску в круглому циліндричному каналі складає :

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta P_1 = \frac{96 \cdot 1216}{160.85} = 725,747 \text{ Па}$$

2. Для конічного, круглого каналу, з великим діаметром на вході матеріалу, швидкість зрушення визначається по формулі:

$$S = \frac{256 \cdot Q}{\pi \cdot (D + d)^3}$$

де D-діаметр підстави конуса на вході маси,

d-діаметр вершини конуса на виході маси

$$S_2 = 256 \cdot 963,14 \cdot 16 + 143 = 0,288 \text{ с}^{-1}$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліпропилен при температурі розплаву 190°C и швидкості зрушення з $0,288 \text{ с}^{-1}$

$$\mu_{e2} = 1216 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Перепад тиску в круглому циліндричному каналі складає :

$$\Delta P_2 = \frac{96 \cdot 1216}{19.149} = 6.096 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

3. Для циліндричного круглого каналу швидкість зрушення визначається по формулі:

$$S = \frac{32 \cdot Q}{\pi \cdot d^3}$$

де Q - продуктивність черв'ячної машини, d-діаметр циліндричного круглого каналу,

$$S_3 = \frac{32 \cdot 96}{3,14 \cdot 14^3} = 0,353 \text{ с}^{-1}$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліпропилен при температурі розплаву 190°C и швидкості зрушення з $0,353 \text{ с}^{-1}$

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\mu_{\text{эз}} = 1216 \text{ Па}\cdot\text{с},$$

Перепад тиску в круглому циліндричному каналі складає :

$$\Delta P_3 =, \frac{96 * 1216}{6.702} = 1.742 * 10^4 \text{ Па}$$

4. Для конічного, круглого каналу, з великим діаметром на вході матеріалу, швидкість зрушення визначається по формулі:

$$S = \frac{256 \cdot Q}{\pi \cdot (d_2 + d_1)^3}$$

де D-діаметр підстави конуса на вході маси,

d-діаметр вершини конуса на виході маси

$$S_4 = \frac{256 \cdot 96}{3,14 \cdot (14 + 12)^3} = 0,468 \text{ с}^{-1}$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліпропилен при температурі розплаву 190°C и швидкості зрушення з 0,468 с⁻¹

$$\mu_{\text{е4}} = 1216 \text{ Па}\cdot\text{с}$$

Перепад тиску в круглому циліндричному каналі складає :

$$\Delta P_4 =, \frac{96 * 1216}{0.015} = 7.734 * 10^6 \text{ Па}$$

5. Для циліндричного круглого каналу швидкість зрушення визначається по формулі:

$$S = \frac{32 \cdot Q}{\pi \cdot d_1^3}$$

де Q - продуктивність черв'ячної машини, d-діаметр циліндричного круглого каналу,

$$S_3 = \frac{32 * 96}{3,14 \cdot 12^3} = 0,64 \text{ с}^{-1}$$

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліпропилен при температурі розплаву 190°C и швидкості зрушення з 0,64 с⁻¹

$$\mu_{\text{эз}} = 1216 \text{ Па}\cdot\text{с},$$

Перепад тиску в круглому циліндричному каналі складає :

$$\Delta P_3 = \frac{96 * 1216}{3.351 * 10^{-3}} = 1.742 * 10^4 \text{ Па}$$

Загальний тиск у голівці составляет:

$$\sum \Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5$$

$$\begin{aligned} \sum \Delta P &= 725.747 + 6.096 * 10^3 + 1.742 * 10^4 + 7.734 * 10^6 + 0,25 \\ &+ 3.484 * 10^7 = 42 \text{ МПа} \end{aligned}$$

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5. Розрахунок потужність приводу .

Потужність витрата черв'ячною машиною для переробки пластичних мас йде на переміщення матеріалу в гвинтовому каналі черв'яка і на зрушення матеріалу в зазорі між гребенем і внутрішньою стінкою циліндра або гільзи.

Потужність черв'ячної машини:

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta}$$

де N_1 -потужність, що витрачається на примусове проштовхування маси по гвинтовому каналі черв'яка:

$$N_1 = \frac{\pi^3 \cdot (t - e) \cdot L \cdot j \cdot \mu_{\text{еф}}}{t} \cdot n^2 + a_2 \cdot \Delta P \cdot n$$

N_2 -потужність, що витрачається на зріз матеріалу і зазорі між вершиною витка і стінкою циліндрах:

$$N_2 = \frac{\pi^3 \cdot D^3 \cdot e \cdot L \cdot \mu_{\text{еф}} \cdot n^2}{\delta \cdot t}$$

η -коефіцієнт корисної дії і неучтенніх утрат равній 0,5

де J -коефіцієнт, обумовлений по формулі:

$$j = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot 4t^2}{\pi^2} + \frac{(D - d_2)^3 \cdot (D + d_1)^3}{3 \cdot (d_2 - d_1)} + \frac{2.3 \cdot \pi^2 \cdot D^5}{(t^2 + \pi^2 \cdot D^2) \cdot (h3 - h2)} \cdot \lg \frac{h3}{h2}$$

$$h3 = h1 - \frac{h1 - h2}{L} * L0$$

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де t - крок гвинтової нарізки черв'яка,

D - зовнішній діаметра-черв'яка,

Δp -перепад тиску в голівці ,

d_1 -діаметр черв'яка в зоні дозування,

d_2 -діаметр сердечника на кінці черв'яка,

a_2 -постійна прямого потоку,

h_n -глибина нарізки на початку зони дозування,

h_k -глибина нарізки на кінці черв'яка,

L -довжина зони дозування, e -ширина гребеня витка черв'яка,

δ -радіальний зазор.

$$j = \frac{3,14^2 \cdot 16^2 - 4 \cdot 12^2}{3,14^2} + \frac{(16 + 14)^3 \cdot (16 + 12)^3}{3 \cdot (14 - 12)} + \\ + \frac{2,3 \cdot 3,14^2 \cdot 16^5}{(12^2 + 3,14^2 \cdot 16^2) \cdot (2,239 - 0,977)} \times \lg \frac{2,239}{0,977} = 3.57 * 10^3 * mm^2$$

Швидкість зрушення в гвинтовій нарізці черв'яка для визначення ефективної динамічної в'язкості можна визначити по формулі:

$$S_{21} = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot n}{60 \cdot \delta \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + t^2}}$$
$$S_{21} = \frac{3,14^2 * 16^2 * 0,381}{0,048 * \sqrt{3,14^2 * 16^2 + 12^2}} = 387,17 \text{ c}^{-1}$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 190C^0 і швидкості зрушення $387,17 \text{ c}^{-1}$:
 $\mu_{\text{ef}} = 975 \text{ Па} \cdot \text{с}$

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_2 = \frac{3,14^3 * 16^3 * 0,381^2 * 1,6 * 366}{12 * 0,048} = 18,2$$

Ефективна динамічна в'язкість визначається з графічної залежності при температурі розплаву $190C^0$ і швидкості зрушення розплаву, обумовленої по формулі:

$$S_{12} = \frac{\pi^2 \cdot (D - h_{cp}) \cdot (D - 2 \cdot h_{cp}) \cdot n}{60 \cdot h_{cp} \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot (D - 2h_{cp})^2 - t^2}}$$

$$S_{12} = \frac{3,14^2 * (16 - 1,6) * (16 - 2 * 1,6) * 0,381}{1,6 \sqrt{3,14^2 * (16 - 2 * 1,6)^2 - 12^2}} = 11,216 \text{ c}^{-1}$$

де h_{cp} -середня глибина гвинтового черв'яка:

$$h_{ch} = \frac{h_n + h_k}{2} = \frac{2,239 + 0,977}{2} = 1.608 \text{ mm}$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву і швидкості зрушення $11,216 \text{ c}^{-1}$,

$$\mu_{ef} = 1985 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$N_1 = \frac{3,14^3 * (12 - 1,6) * 366 * 3.57 * 10^3 * 1985}{12} * 0,381^2 + 42.5 * 10^6 * 0,381 * 255 = 14,24 \text{ Вт}$$

Загальна потужність буде дорівнює:

$$N = N_1 + N_2 = 14,2 + 18,2 = 32,4$$

З огляду на КПД машини, потужність що споживається нею буде складати :

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{32,4}{0,5} = 65 \text{ Вт}$$

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.6. РОЗРАХУНОК ВИБРАНІ МОДЕРНІЗАЦІЇ В СИСТЕМІ ANSYS

Метод скінченних елементів (МСЕ) є потужним та надійним інструментом для дослідження поведінки конструкцій під різними навантаженнями та умовами закріплення. На ринку програмного забезпечення існує широкий вибір комплексів МСЕ, таких як ANSYS.

Для розрахунків було використано модель черв'яка з головкою екструдера. Метою цього було проаналізувати напруження, що діють на деталь, і переконатися, що вона витримає задані навантаження. Розрахунки проводилися в середовищі ANSYS з використанням попередньо створеної 3D моделі з програмного комплексу FUSION 360.

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА

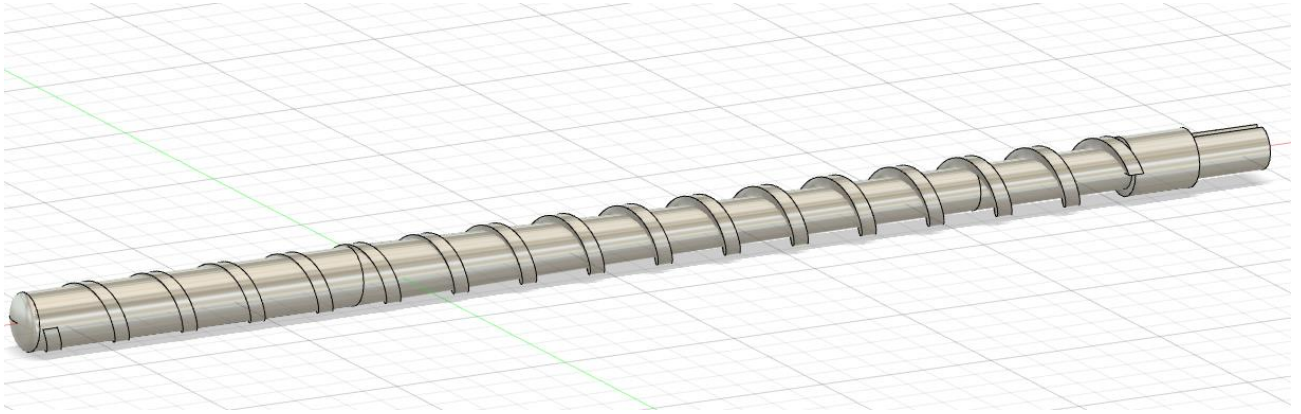


Рис. 2.1 - 3Д модель черв'яка

На побудованій 3д моделі будуюмо сітку 3 мм для більш точного розрахунку на міцність (рис. 2.2).

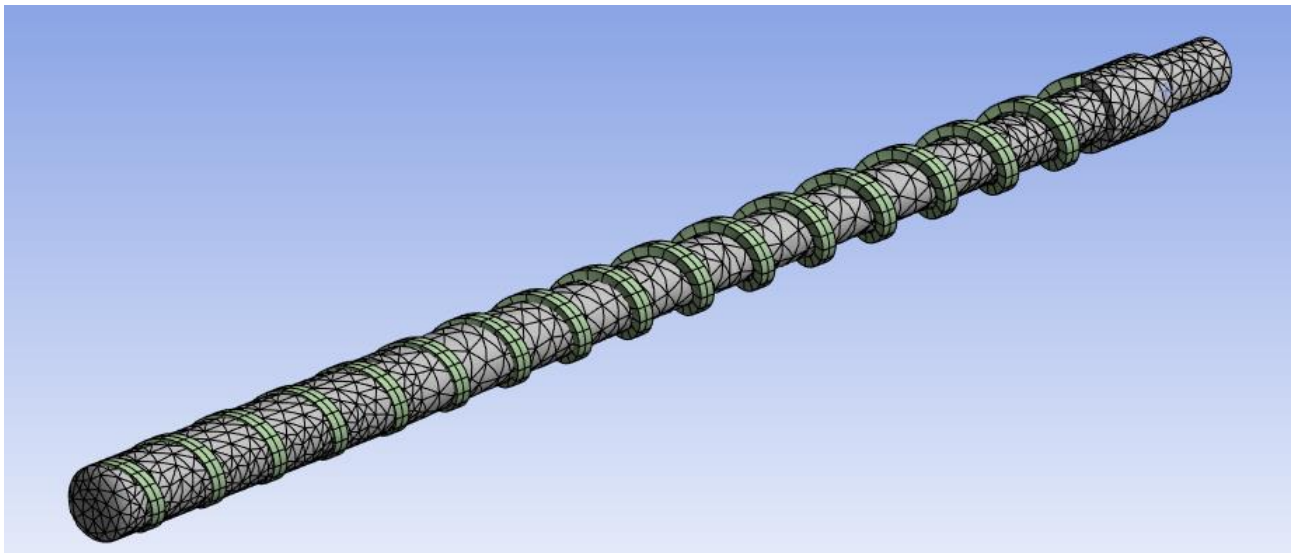


Рис. 2.2 – Сітка скінченних елементів деталі

За для розрахунку на міцність було прикладено силу обертового моменту на кінець черв'яка та закріплення які вказанні конкретними символами [Рис. 2.3 А, В, С].

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

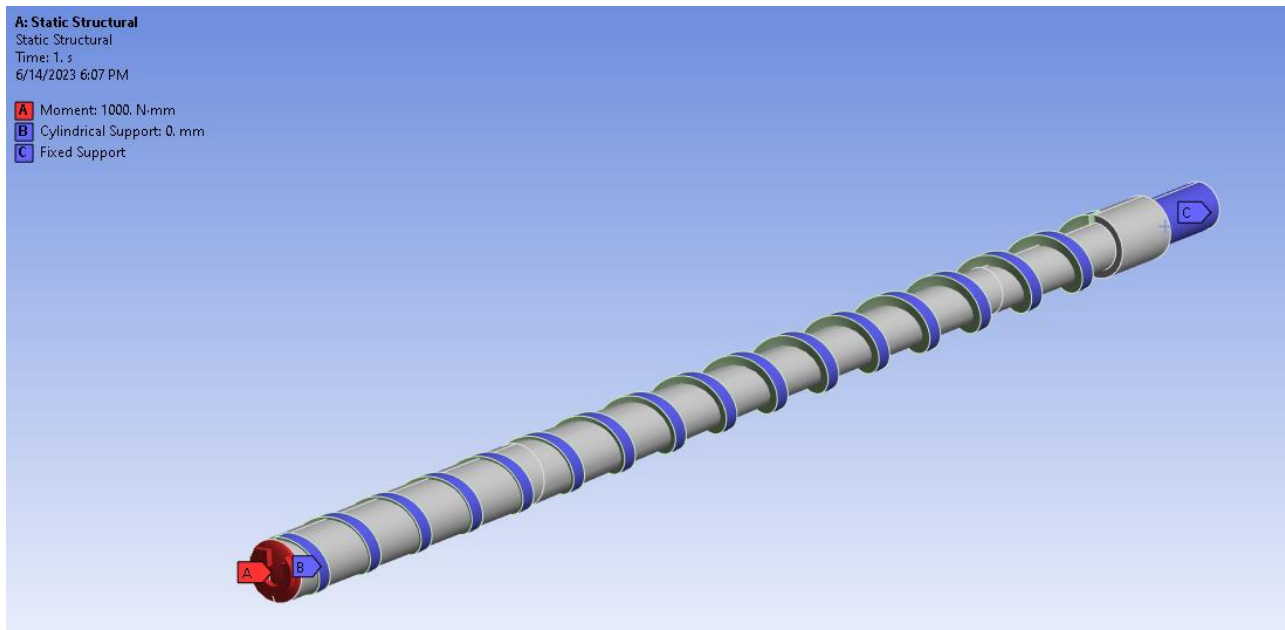


Рис. 2.3 – Схема закріплень та крутного моменту черв'яка

Проводимо аналіз еквівалентні напружень, деформації та коефіцієнту міцності.

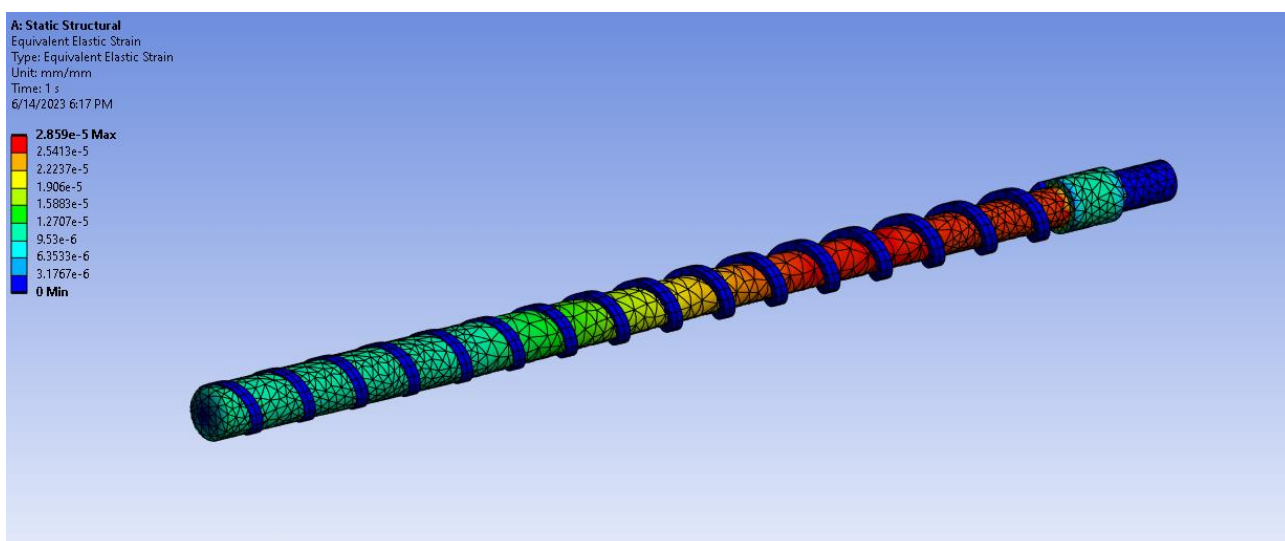


Рис. 2.4. – Еквівалентні напруження

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

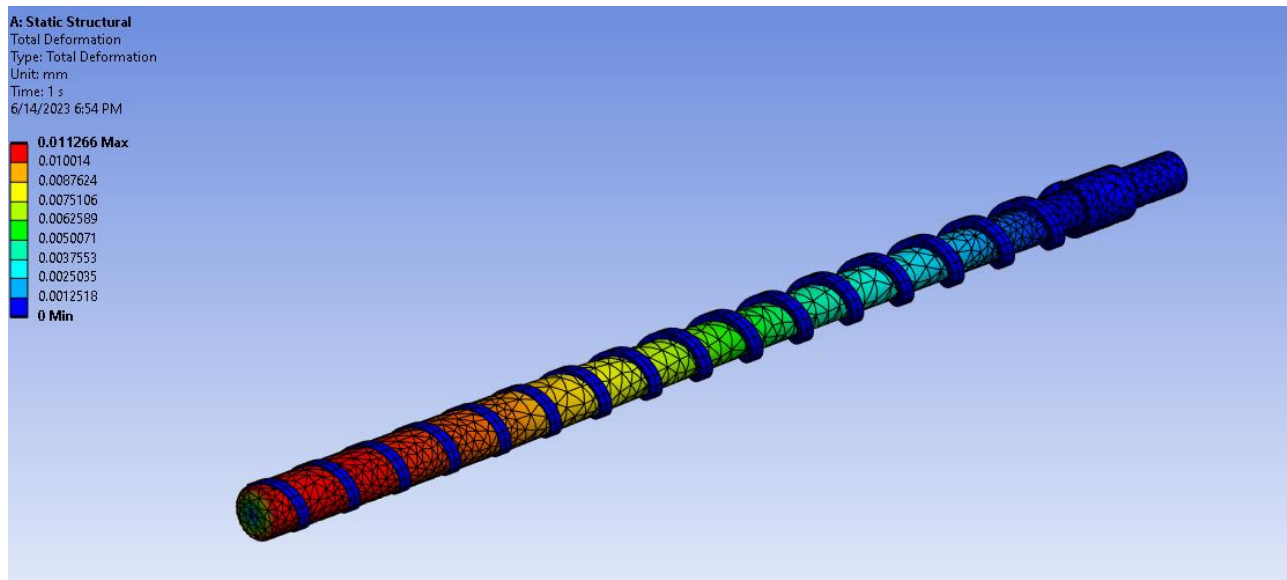


Рис. 2.5. – Сумарні переміщення

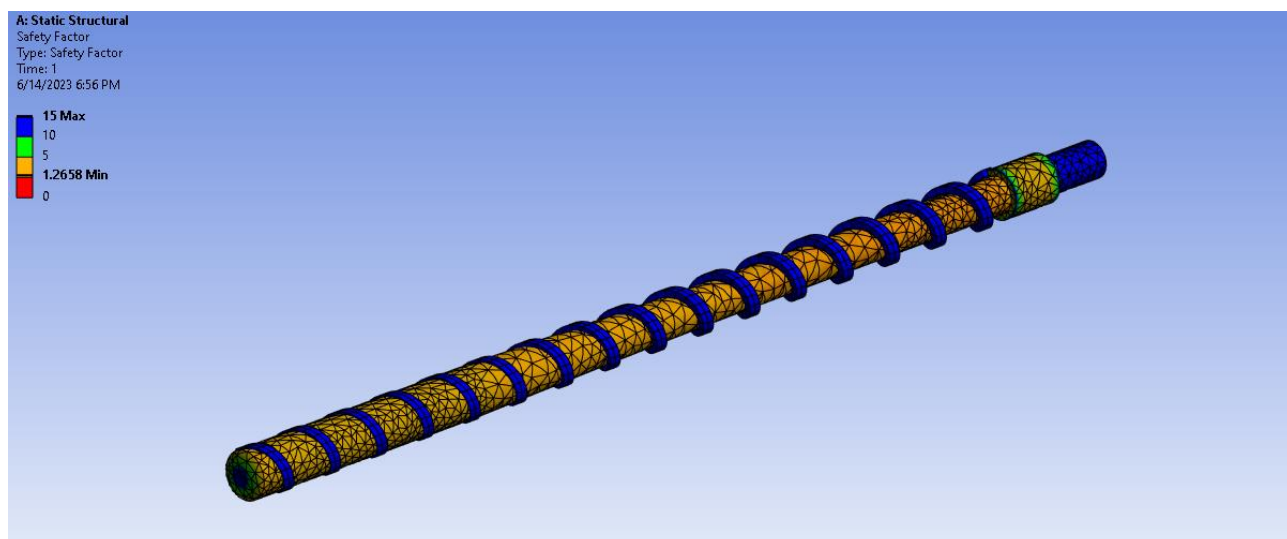


Рис. 2.6. – Коефіцієнт запасу міцності

Виконаний розрахунок показав, що спроектований черв'як витримує прикладені навантаження від попередньо розрахованого крутного моменту за встановленою швидкістю обертання.

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК

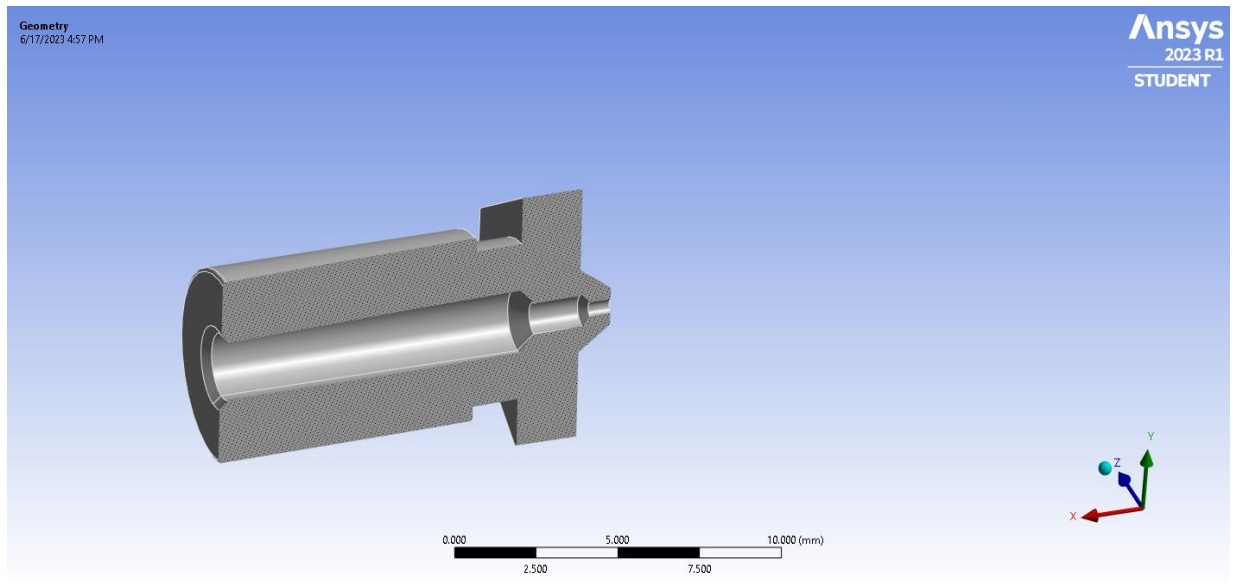


Рис. 2.1 - 3Д модель Сопла

По методиці з черв'яком розбиваємо модель на сітку

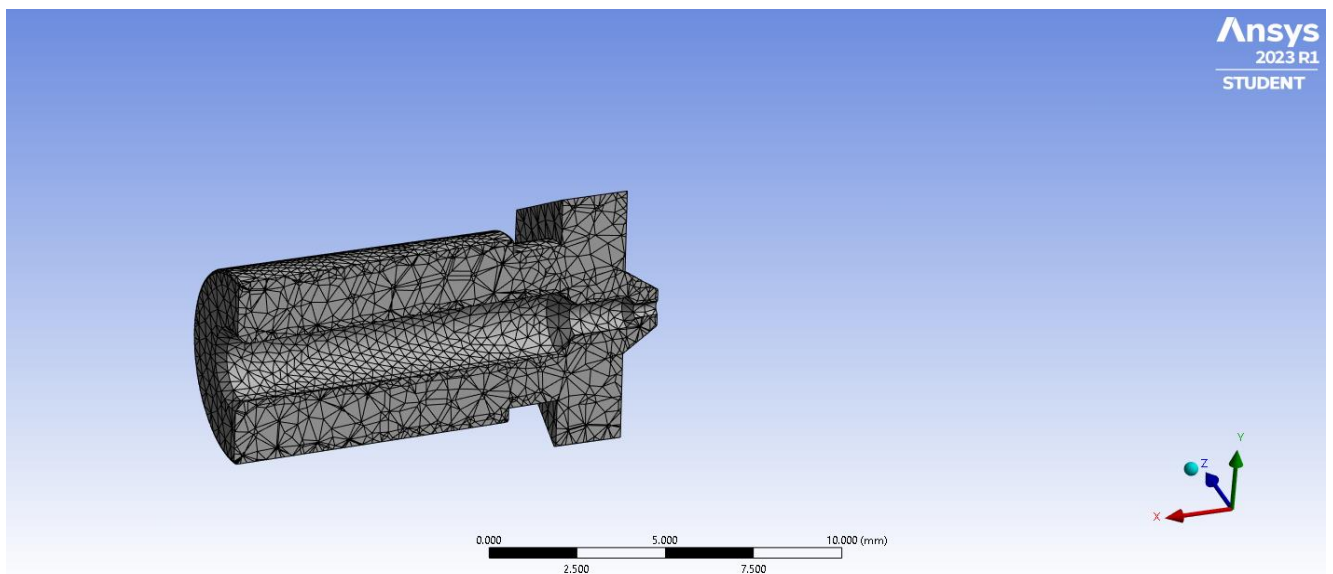


Рис. 2.2 – Сітка Скінченних елементів деталей

Вводимо термічні умови на внутрішню поверхню: температура $t_1 = 250^\circ\text{C}$,
коефіцієнт теплопровідності $\lambda_1 = 200 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}^\circ\text{C}$, так само на зовнішню поверхню
 $t_2 = 20^\circ\text{C}$, коефіцієнт тепловіддачі $\alpha_2 = 33 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}^\circ\text{C}$,

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

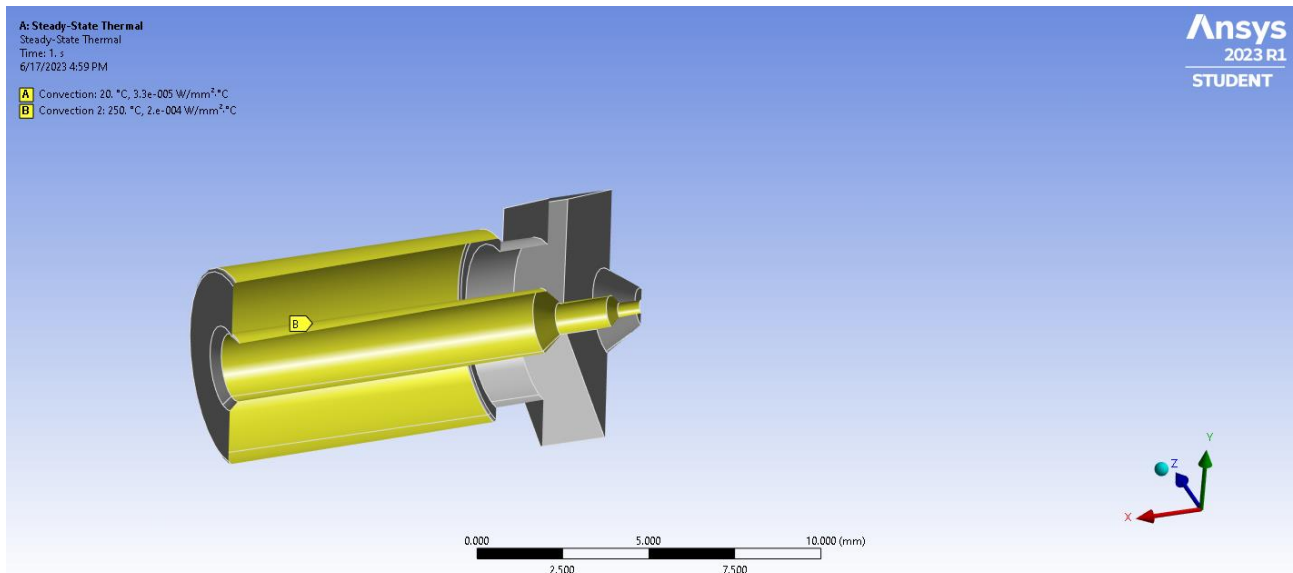


Рис. 2.3 – Термічні умови

Після проведення термічного аналізу бачимо, як розподіляються температури в середині сопла.

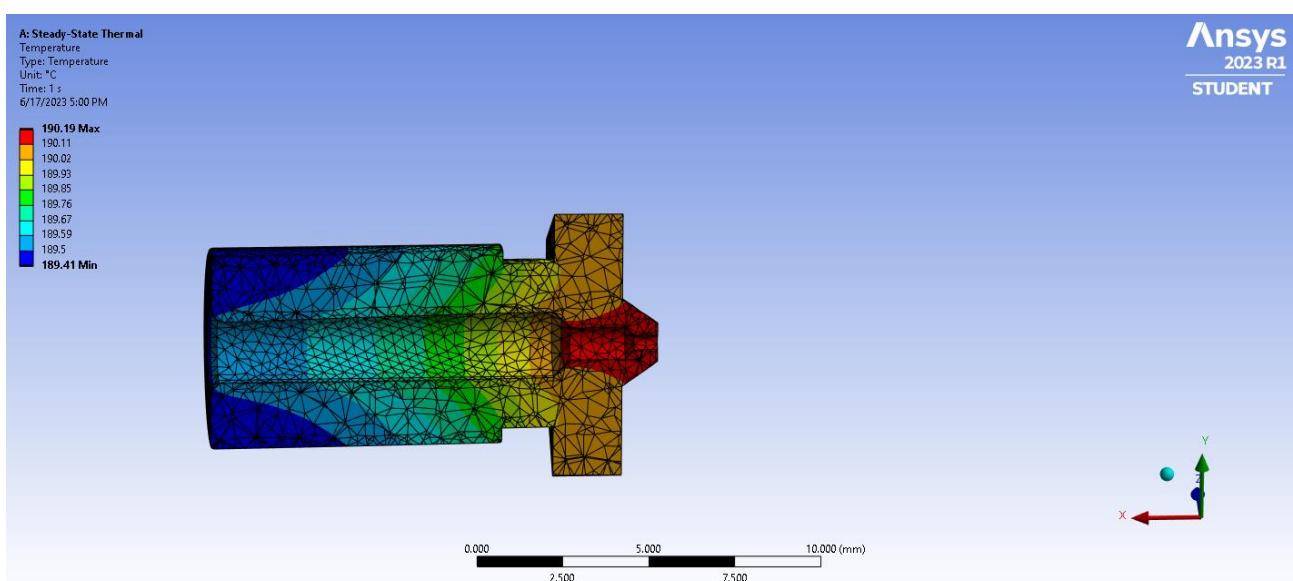


Рис. 2.3 – Розподілення температур

Коефіцієнт тепловіддачі на зовнішній поверхні було підібрано послідовними розрахунками до досягнення заданої температури сопла.

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

При перевірці на деформацію, запас міцності та еквівалентні напруження, було виявлено, що при крутному моменті в 1000 Н*мм, черв'як зроблений з конструктивної сталі, витримує навантаження яке передається на черв'як. Також враховуючи коефіцієнт запасу міцності – 1,26, можна зробити висновок, що деталь є працездатною. Також при проведенні термічного аналізу сопла, можна зробити висновок, при яких значеннях коефіцієнта тепловіддачі буде достатньо охолоджуватись сопло для коректної роботи 3д принтера, оскільки для роботи з даним перероблюваним матеріалом (ПЕТ) за рекомендаціями температура сопла має становити 190 °C.

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Технологія машинобудування до дипломного проекту на
тему: «3д принтер з модернізацією екструзійної головки»**

ЗМІСТ

ОПИС І ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ.....	58
АНАЛІЗ ОБРАННЯ ЗАГОТОВКИ.....	59
РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	60
РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ РОЗРАХУНКОВОЇ СХЕМИ І КОМПОНУВАННЯ ПРИСТОСУВАННЯ.....	61
ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА РОБОТИ ПРИСТОСУВАННЯ	63
ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ СИЛИ ЗАТИСКУ	63
ВИСНОВОК	65

					ЛП-91.14.7242.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ОПИС І ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ

Деталь - сопло виготовлено з латуні ЛС59-1 ГОСТ 15527-70, яка легко піддається механічній обробці. Деталь має досить просту конструкцію, тому механічну обробку можна виконувати на універсальних верстатах і використовувати простий інструмент. Забезпечується вільний доступ інструменту до всіх оброблюваних поверхонь, деталь є досить жорсткою. Деталь складається з елементів, що мають стандартні розміри, високу точність та шорсткість поверхні. Це дозволяє використовувати ефективне обладнання та стандартні інструменти при наявності надійних технологічних основ.

A-A (5:1)

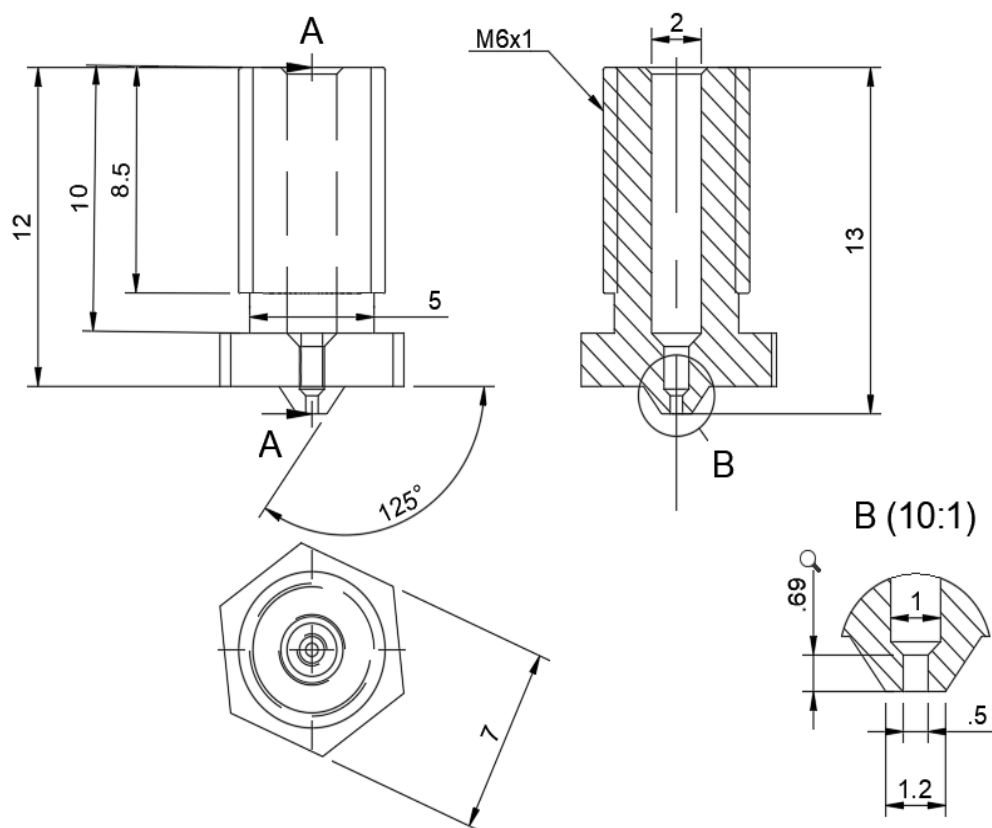


Рис. 1 Креслення сопла

					ЛП-91.14.7242.03 – 70ТМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У результаті технологічного контролю креслення деталі виявлено наступне:

- на кресленні вказані всі розміри, необхідні для виготовлення деталі;
- шорсткість усіх поверхонь деталі вказана відповідно до ГОСТ 2789-73;
- допуски і відхилення розмірів наведені відповідно до ГОСТ 25346-89 та ГОСТ 25347-82;
- допуски форми та розташування поверхонь вказані відповідно до ГОСТ 24643-81;
- вимоги до точності виготовлення поверхонь деталі відповідають вимогам, які пред'явлені до шорсткості цих поверхонь

АНАЛІЗ ОБРАННЯ ЗАГОТОВКИ

Заготовку обираємо циліндричної форми, що дозволяє обробляти її на токарному верстаті.

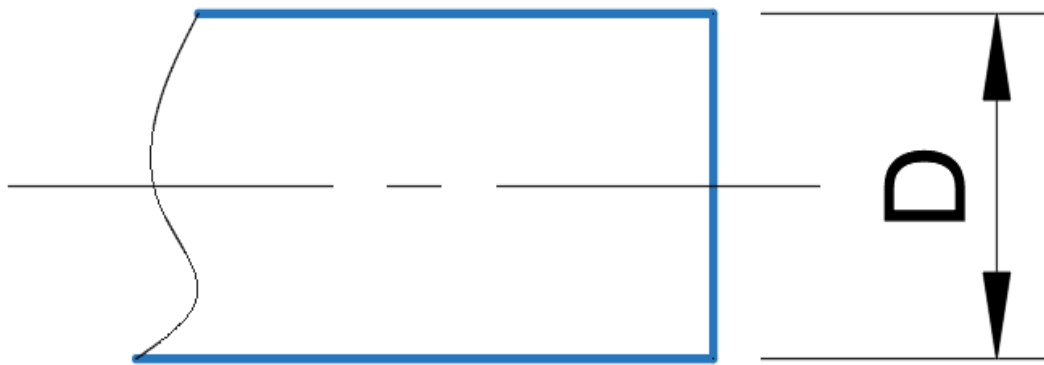


Рис. 2 Заготовка деталі сопло

Для досягнення високої якості та підвищення продуктивності при виготовленні деталі "Сопло" використовуються спеціалізовані пристрої зі швидкозатисканням заготовок на кожному етапі обробки. Для обробки використовуються стандартні інструменти. Ріжучі елементи різців виготовлені з твердосплавного матеріалу Т15К6, а свердла та розвертки - з високошвидкісної сталі Р6М5.

					ЛП-91.14.7242.03 – 70ТМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Технологічний процес виготовлення деталі "Сопло", що був розроблений у процесі виконання дипломного проекту, представлений у маршрутній карті картах ескізів та операційних картах.

					ЛП-91.14.7242.03 – 70ТМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ РОЗРАХУНКОВОЇ СХЕМИ І КОМПОНУВАННЯ ПРИСТОСУВАННЯ.

Маючи технічні рішення і вихідні дані, представлені в технічному завданні, приступаємо до проектування пристосування.

Мета цього розділу - створити працездатну, економічну у виготовленні конструкцію пристосування, що відповідає всім вимогам конструкцію пристосування.

Перед розробкою принципової схеми і перед компонованням пристосування, необхідно визначити щодо яких поверхонь заготовки буде відбуватиметься її фіксація під час обробки на верстаті. Зобразимо принципову схему затиску заготовки в пристосуванні із зазначенням місць прикладання сили затиску (рис. 3).

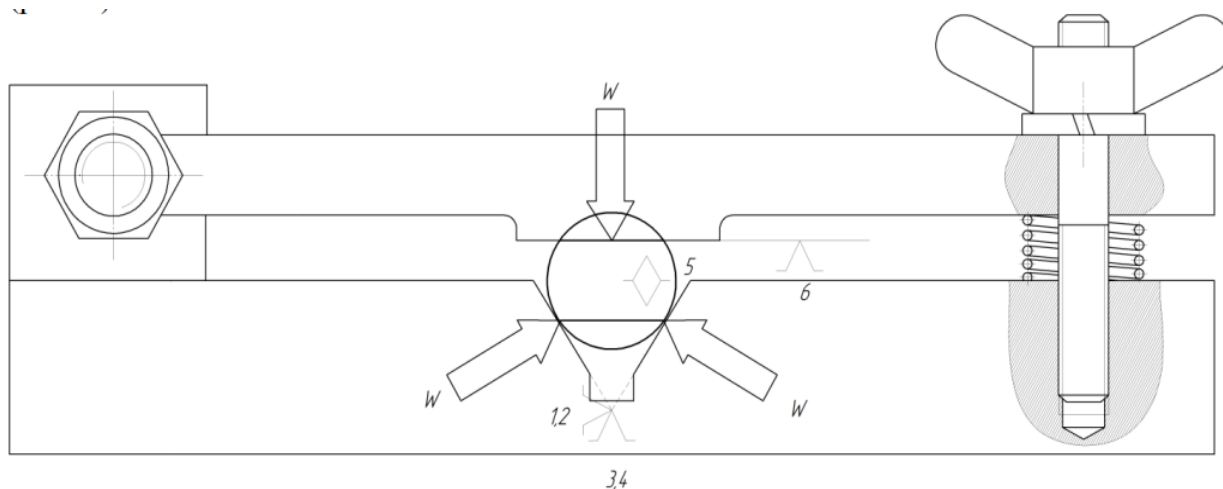


Рис. 3. Принципова схема затискання заготовки в пристосуванні із зазначенням місць прикладання сили затиску

					ЛП-91.14.7242.03 – 70ТМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

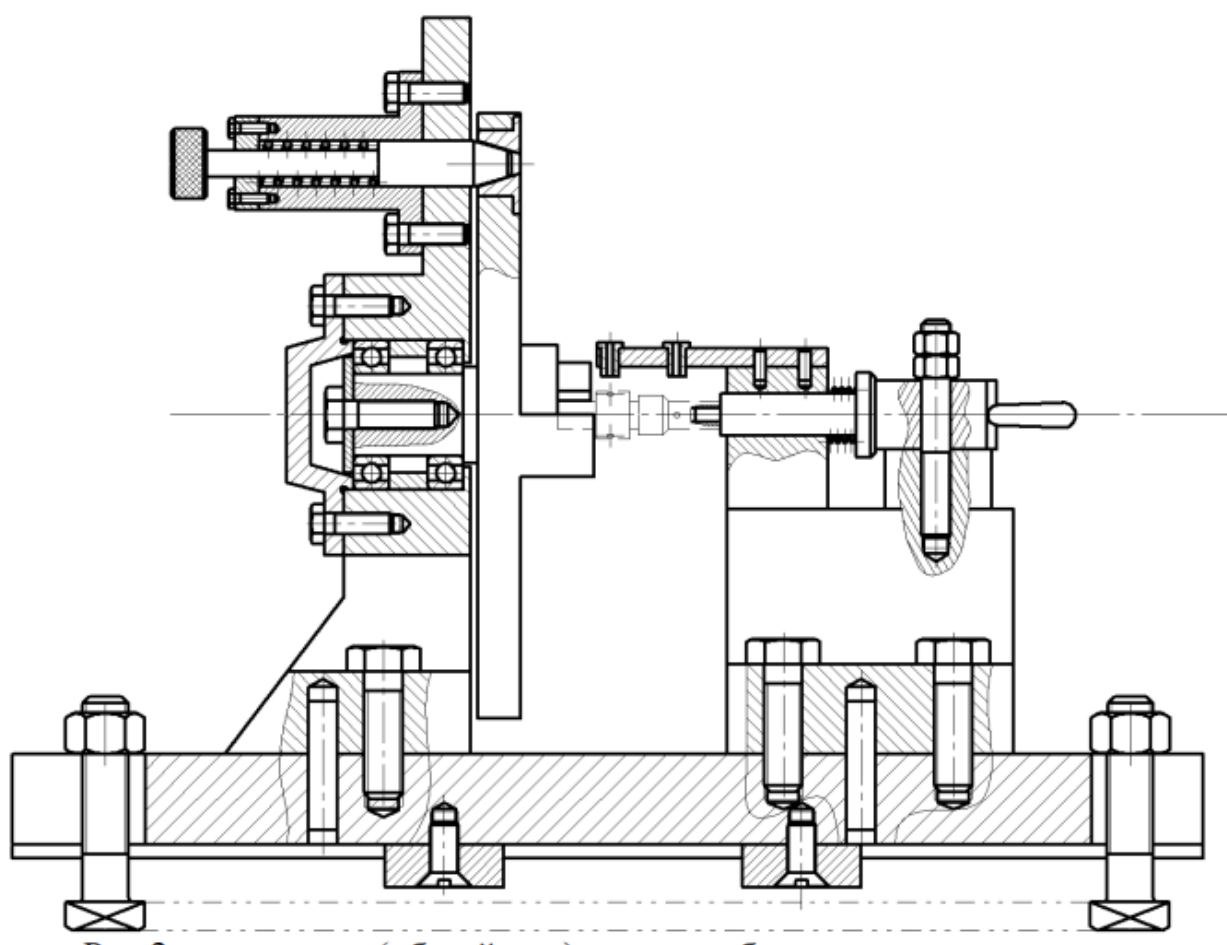


Рис 4. компонування (загальний вигляд) пристосування показано на кресленні

					ЛП-91.14.7242.03 – 70ТМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА РОБОТИ ПРИСТОСУВАННЯ

Дане пристосування призначене для точної установки та надійного закріплення заготовки "сопло" під час її обробки на вертикально-свердлильному верстаті Модель 2Н118.

Складові пристосування розташовані на форматі. Основою пристосування є основа 1, до якої кріпляться інші елементи. Частина (22 23 23 24) використовується для фіксації деталі і базується на диску 9. Кондукторна втулка 7 використовується для направлення свердла під час свердління отворів. Поверхні лисок заготовки контактують з установочними поверхнями пристосування. Конструкція та розміри елементів пристосування повинні відповідати вимогам ГОСТ і нормативам машинобудування.

ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ СИЛИ ЗАТИСКУ

На основі прийнятої схеми компоновки розробляємо принципову схему розрахунку пристосування (рис.5), що враховує тип, кількість і розміри настановних і затискних пристроїв

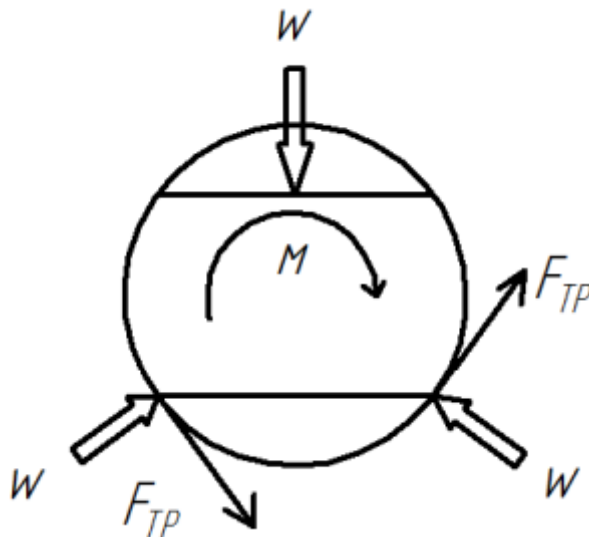


Рис 5. Розрахункова схема.

					ЛП-91.14.7242.03 – 70ТМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запишемо значення окружної сили різання і моменту різання.

Крутний момент $M_{\text{різ}} = 0,1 \text{ Н} * \text{м}$

$$F_{\text{тертя}} = W * f_{\text{тертя}}$$

$$M = F_{\text{тертя}} * R$$

$$M = M_{\text{тертя}} * R$$

К: коефіцієнт зусилля закріплення, приймаємо $K=1,5$

$$F_{\text{тертя}} = \frac{M_{\text{тертя}} * K}{R}$$

$$W = \frac{F_{\text{тертя}}}{f_{\text{тертя}}} = \frac{M_{\text{тертя}} * K}{R * f_{\text{тертя}}}$$

					<i>ЛП-91.14.7242.03 – 70ТМ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

Процес виготовлення деталі - сопла з латуні ЛС59-1 за допомогою механічної обробки. Деталь має просту конструкцію і складається з елементів стандартних розмірів з високою точністю та шорсткістю поверхні. Це дозволяє використовувати універсальні верстати та стандартний інструмент для виготовлення деталі.

З метою досягнення високої якості та підвищення продуктивності виготовлення сопла були застосовані спеціалізовані пристрої зі швидкозатисканням заготовок на кожному етапі обробки. Для різання використовувалися ріжучі елементи різців з твердосплавного матеріалу Т15К6, а свердла та розвертки - з високошвидкісної сталі Р6М5.

Використання механічної обробки дозволяє забезпечити високу якість і точність виготовлення деталі сопла з латуні. Застосування стандартних інструментів і заготовок стандартних розмірів сприяє ефективній технології виробництва. Отримані результати свідчать про можливість використання даної методики для виготовлення подібних деталей з метою забезпечення надійної роботи і високої якості виробу.

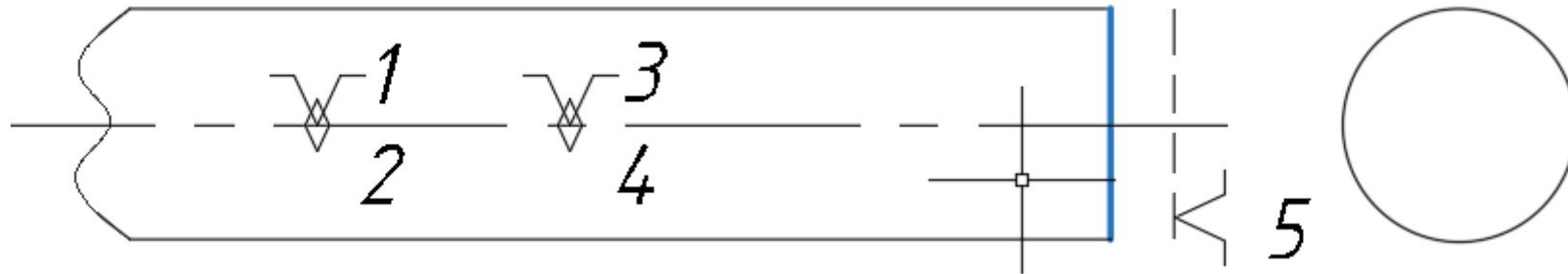
					<i>ЛП-91.14.7242.03 – 70ТМ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]

[illegible]

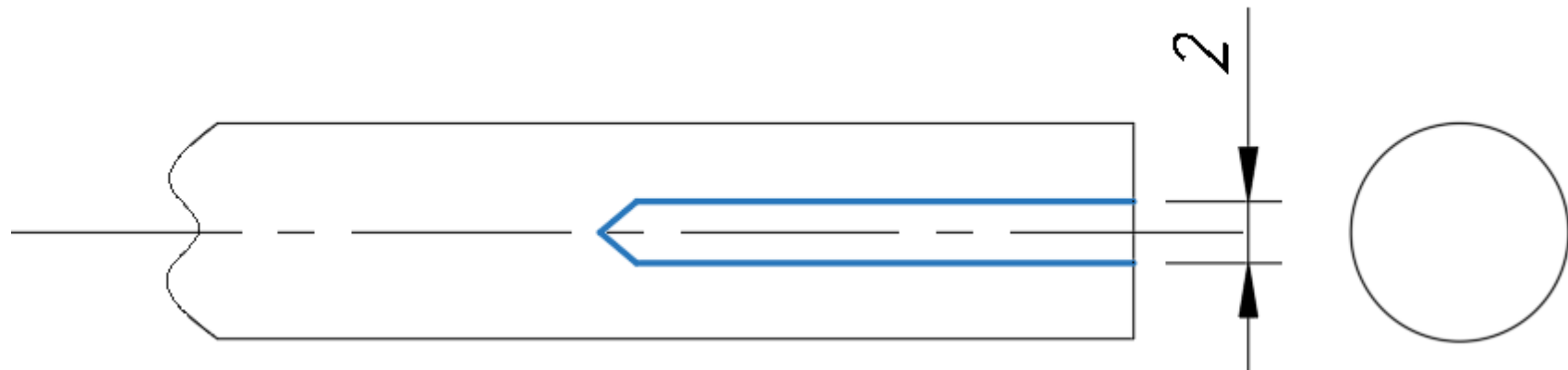
Дубл.										
Взамін.										
Підпис							Зм	Ар	№ док.	Підпис

Розробив	Сорока Є.О..			НТУУ "КПІ", ІХФ						
Перевірів	Борщук С.О.								005	
Н. контр.									СОПЛО	Н



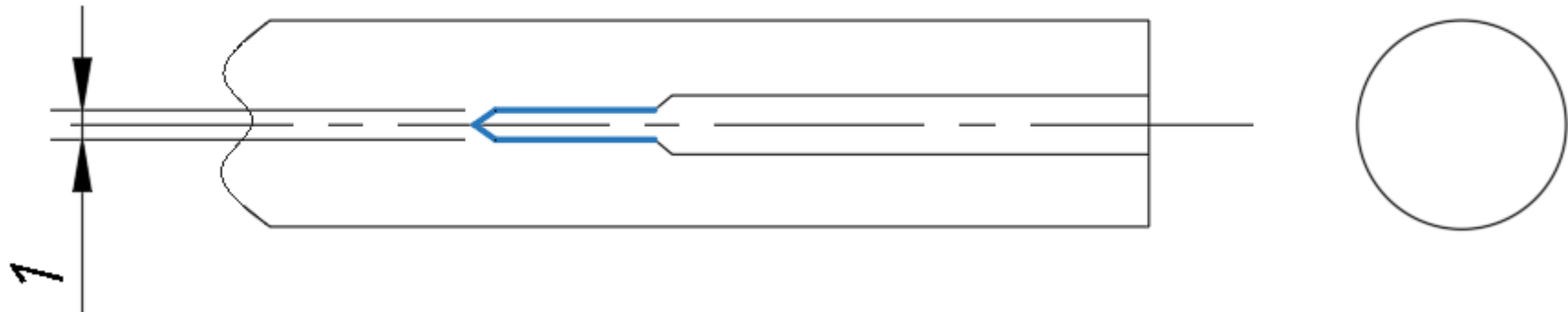
Дубл.										
Взамін.										
Підпис							Зм	Ар	№ док.	Підпис Дата

Розробив	Сорока Є.О.			НТУУ "КПІ", ІХФ						010		
Перевірів	Борщук С.О.											
					СОПЛО					Н		
Н. контр.												



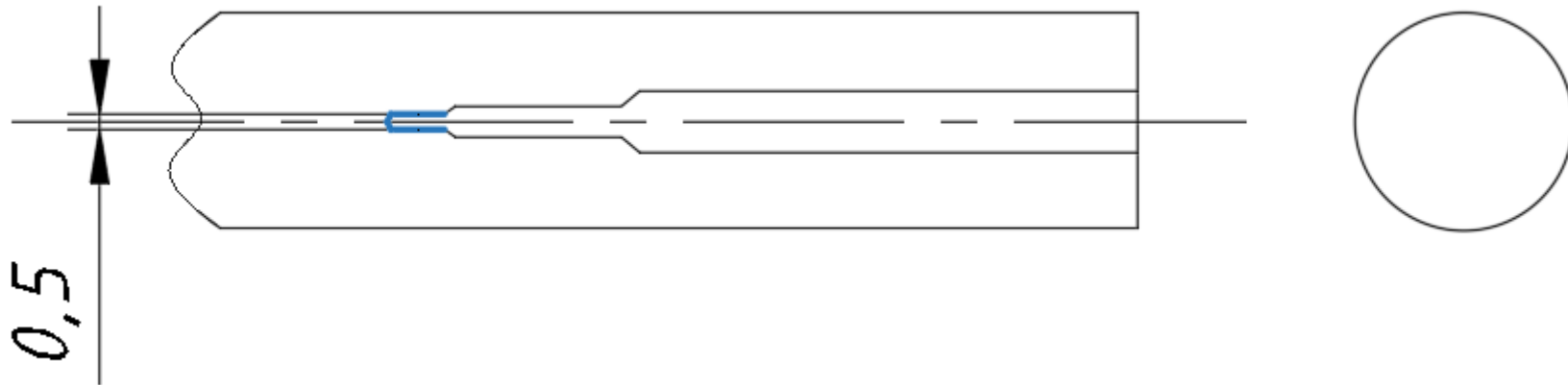
Дубл.										
Взамін.										
Підпис										

Розробив	Сорока Є.О.			НТУУ "КПІ", ІХФ				015			
Перевірів	Борщук С.О.										
				СОПЛО					Н		
Н. контр.											



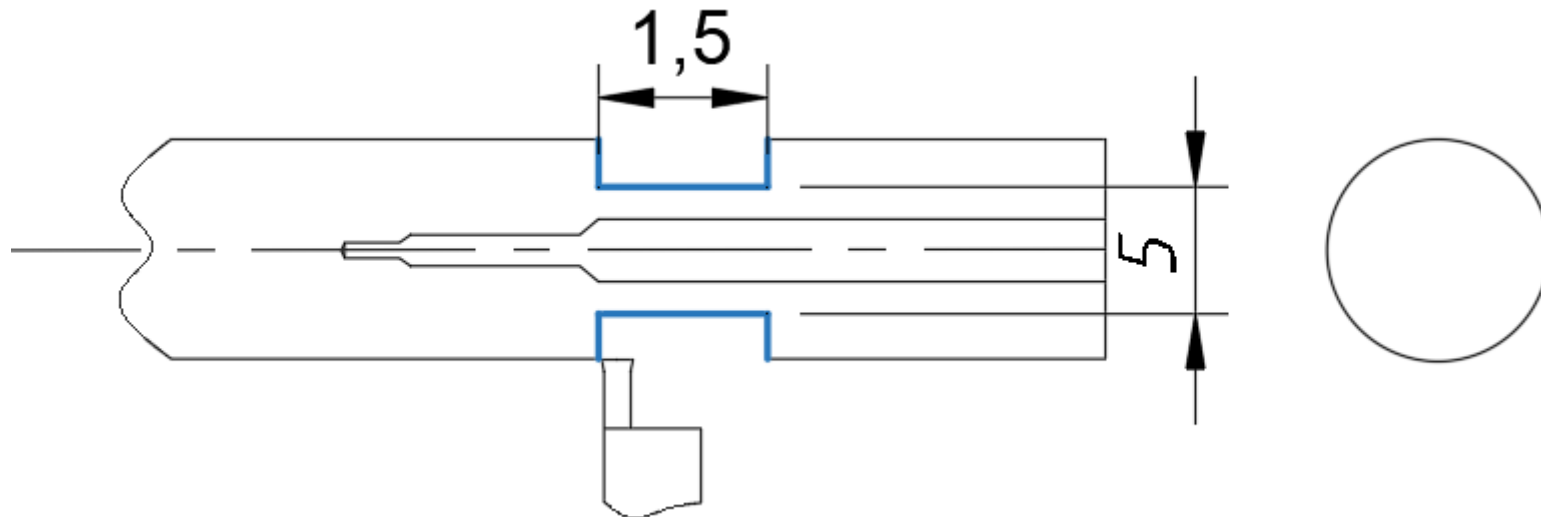
Дубл.										
Взамін.										
Підпис							Зм	Ар	№ док.	Підпис Дата

Розробив	Сорока Є.О.			НТУУ "КПІ", ІХФ			020
Перевірів	Борщук С.О.						
Н. контр.				СОПЛО			Н



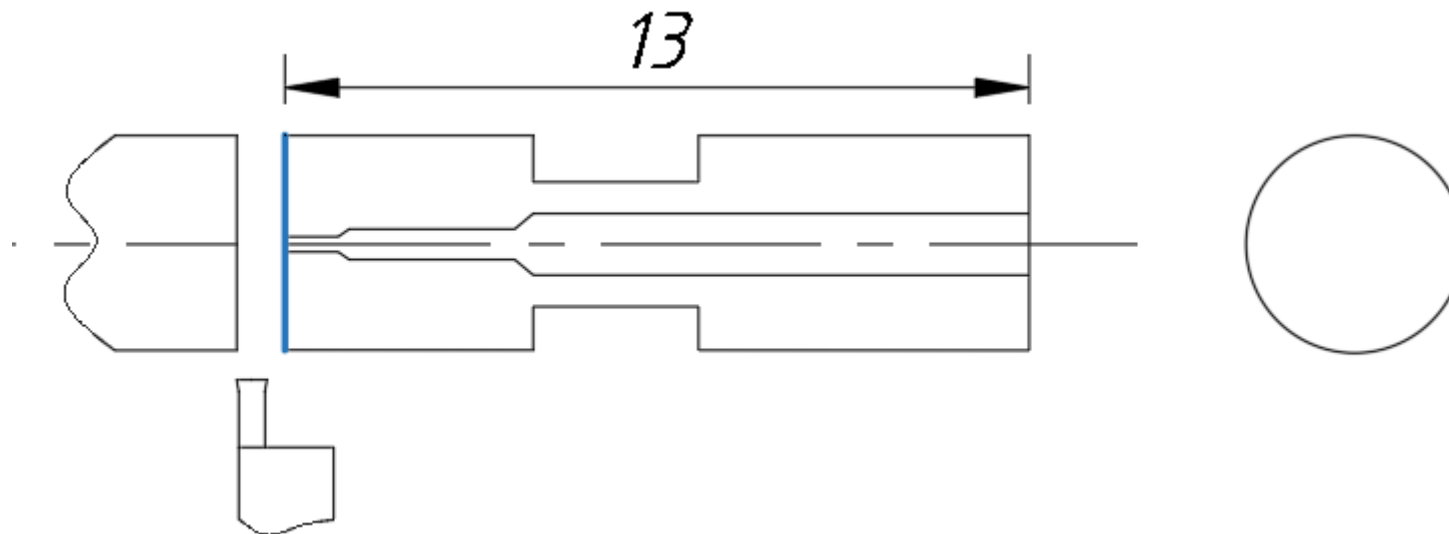
Дубл.										
Взамін.										
Підпис							Зм	Ар	№ док.	Підпис Дата

Розробив	Сорока Є.О.			НТУУ "КПІ", ІХФ		025			
Перевірів	Борщук С.О.								
				СОПЛО			Н		
Н. контр.									



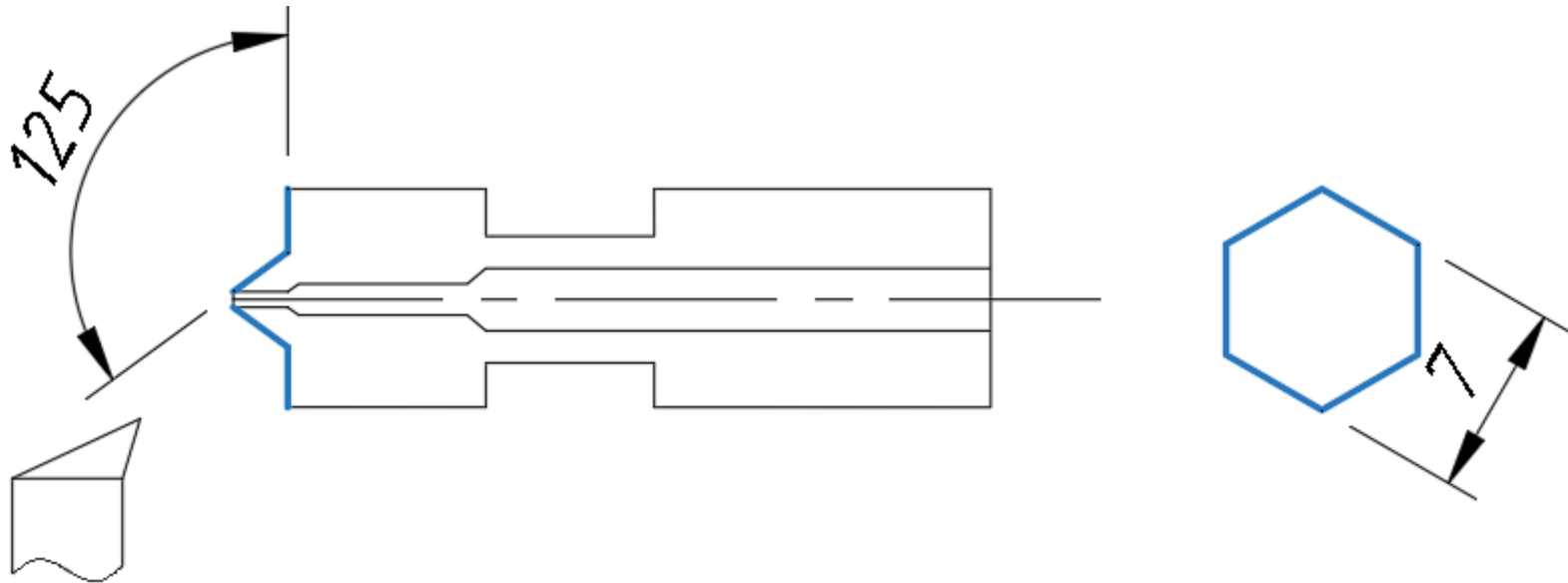
Дубл.										
Взамін.										
Підпис							Зм	Ар	№ док.	Підпис Дата

Розробив	Сорока Є.О.			НТУУ "КПІ", ІХФ						030		
Перевірів	Борщук С.О.											
					СОПЛО					Н		
Н. контр.												



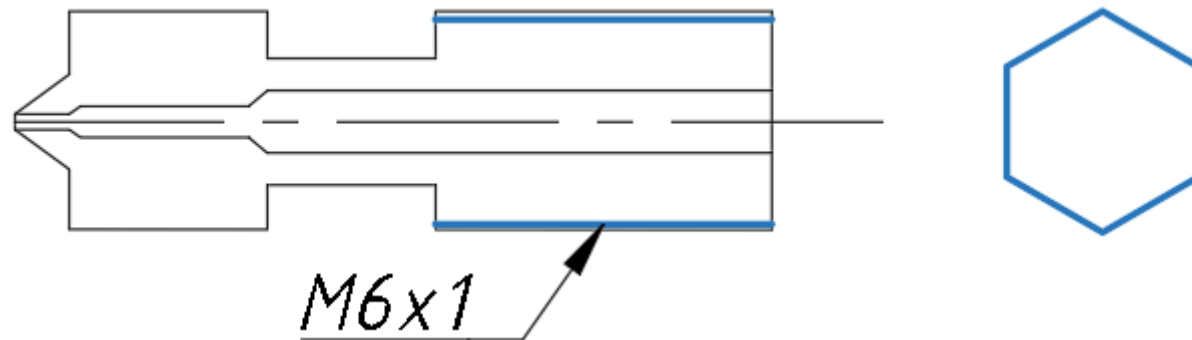
Дубл.										
Взамін.										
Підпис							Зм	Ар	№ док.	Підпис

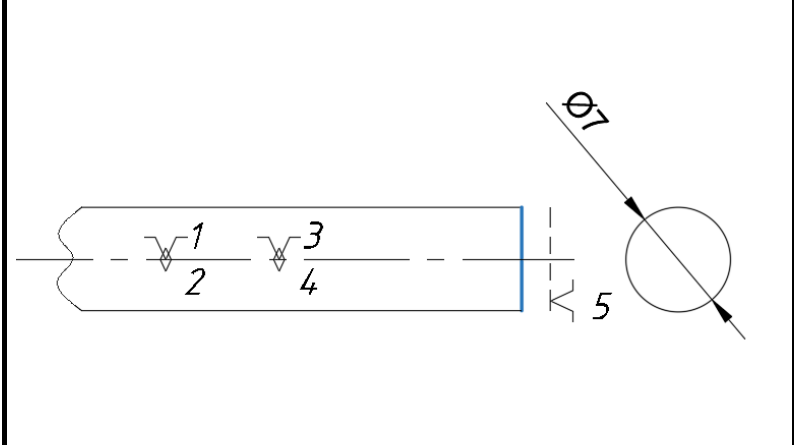
Розробив	Сорока Є.О.			НТУУ "КПІ", ІХФ			035
Перевірів	Борщук С.О.						
Н. контр.					СОПЛО	Н	



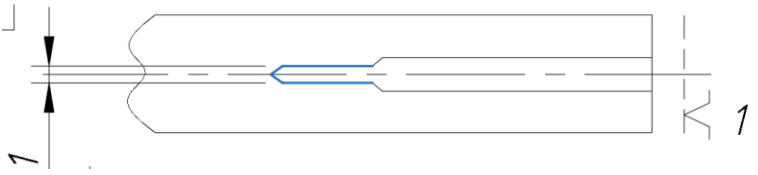
Дубл.										
Взамін.										
Підпис							Зм	Ар	№ док.	Підпис

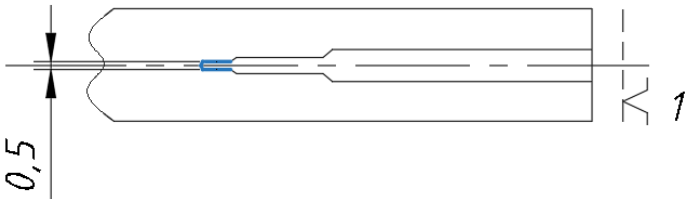
Розробив	Сорока Є.О.			НТУУ "КПІ", ІХФ						
Перевірів	Борщук С.О.								040	
Н. контр.									СОПЛО	Н



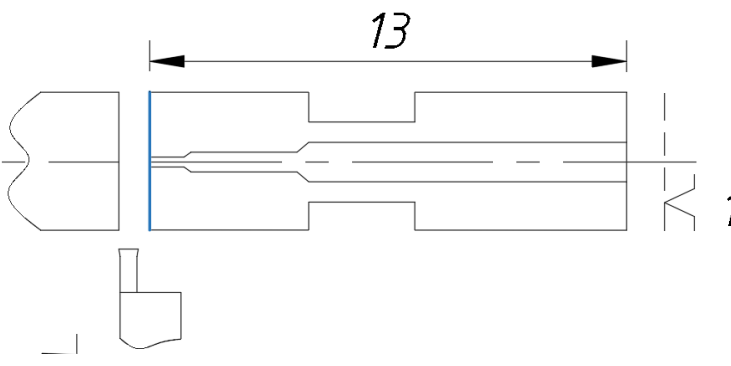
										ГОСТ 3.1404-86			Форма 2							
										Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата						
Розробив		Сорока Є.О.			НТУУ "КПІ", ІХФ															
Перевірів		Борщук С.О.																		
					СОПЛО					Н		005								
Н. контр.																				
					Назва операції				Матеріал											
					Токарна				Латунь ЛС59-1 ГОСТ 15527-70											
					Твердість		ОВ	МД	Профіль і розміри			МЗ		Коод						
							кг							1						
					Обладнання, пристрій ЧПК						Позначення програми									
					Універсальний токарний верстат CDE6140A															
					То		Тд		Тп.з		Тшт.		МОР							
								Емульсія												
Р					ПН		Дабо В		L		t		i		s		n		v	
P01					1. Точити Ø7 начорно, начисто.															
T02																				
O3																				
O04																				
T05																				
T06																				
P07																				
O8																				
O9																				
O10																				
OK					Обробка різанням															

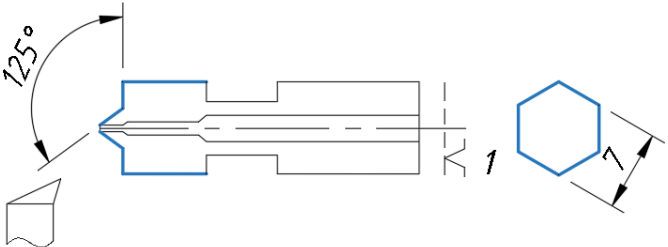
[illegible]

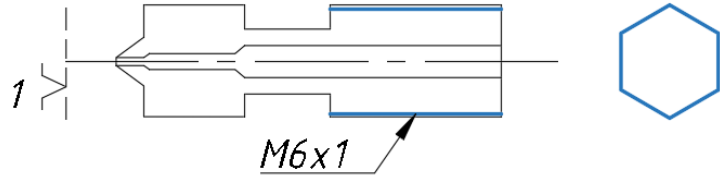
										ГОСТ 3.1404-86			Форма 2							
										Зм	Ар	Нєдок.	Підпис	Дата						
Розробив		Сорока Є.О.			НТУУ "КПІ", ІХФ															
Перевірів		Борщик С.О.																		
Н. контр.					СОПЛО								Н		015					
					Назва операції				Матеріал											
					Свердлильна				Латунь ЛС59-1 ГОСТ 15527-70											
					Твердість		ОВ	МД	Профіль і розміри				МЗ		Коод					
							кг								1					
					Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми											
					Вертикально-свердильний верстат 2Н118															
					То		Тд	Тп.з	Тшт.		МОР									
											Емульсія									
Р					ПН		Дабо В		L		t		i		s		n		v	
P01					1. Розсвердлити 1 отвор Ø1															
T02																				
03																				
O04																				
T05																				
T06																				
P07																				
08																				
09																				
O10																				
OK					Свердління															

										ГОСТ 3.1404-86			Форма 2		
										Зм	Ар	Нєдок.	Підпис	Дата	
Розробив		Сорока Є.О.							НТУУ "КПІ", ІХФ						
Перевірів		Борщук С.О.													
Н. контр.									СОПЛО			Н		020	
					Назва операції				Матеріал						
					Свердлильна				Латунь ЛС59-1 ГОСТ 15527-70						
					Твердість		ОВ	МД	Профіль і розміри			МЗ		Коод	
							кг							1	
					Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми						
					Вертикально-свердильний верстат 2Н118										
					То		Тд	Тп.з	Тшт.	МОР					
					Емульсія										
P					ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v			
P01	1. Розсвердлити 1 отвор Ø0,5														
T02															
03															
O04															
T05															
T06															
P07															
08															
09															
O10															
OK		Свердління													

										ГОСТ 3.1404-86			Форма 2			
										Зм	Ар	Нєдок.	Підпис	Дата		
Розробив		Сорока Є.О.			НТУУ "КПІ", ІХФ		СОПЛО				Н		025			
Перевірів		Борщик С.О.														
Н. контр.																
					Назва операції				Матеріал							
					Токарна				Латунь ЛС59-1 ГОСТ 15527-70							
					Твердість		ОВ	МД	Профіль і розміри			МЗ		Коод		
							кг							1		
					Обладнання, пристрій ЧПК						Позначення програми					
					Універсальний токарний верстат CDE6140A											
					То		Тд	Тп.з	Тшт.	МОР						
					Емульсія											
Р					ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v				
P01	1. Точити проточки Ø5 довжиною 1,5 мм															
T02																
O3																
O04																
T05																
T06																
P07																
O8																
O9																
O10																
OK	Обробка різанням															

										ГОСТ 3.1404-86			Форма 2					
										Зм	Ар	Нєдок.	Підпис	Дата				
Розробив		Сорока Є.О.			НТУУ "КПІ", ІХФ													
Перевірів		Борщук С.О.																
Н. контр.					СОПЛО								Н		030			
					Назва операції				Матеріал									
					Відрізальна				Латунь ЛС59-1 ГОСТ 15527-70									
					Твердість		ОВ	МД	Профіль і розміри				МЗ		Коод			
							кг								1			
					Обладнання, пристрій ЧПК						Позначення програми							
					Універсальний токарний верстат CDE6140A													
					То		Тд		Тп.з		Тшт.		МОР					
													Емульсія					
P					ПН	Дабо В		L	t	i	s	n	v					
P01	1 Відрізати заготовку, у відповідності з розміром 13 мм																	
T02																		
O03																		
O04																		
T05																		
T06																		
P07																		
O08																		
O09																		
O10																		
OK		Обробка різанням																

										ГОСТ 3.1404-86			Форма 2	
										Зм	Ар	Нєдок.	Підпис	Дата
Розробив		Сорока Є.О.							НТУУ "КПІ", ІХФ					
Перевірів		Борщик С.О.												
Н. контр.									СОПЛО			Н		035
					Назва операції				Матеріал					
					Токарна				Латунь ЛС59-1 ГОСТ 15527-70					
					Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри			МЗ		Коод	
						кг							1	
					Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми					
					Універсальний токарний верстат CDE6140A									
					То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР					
									Емульсія					
Р					ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v		
P01	1. Точити заготовку під кутом 125													
T02	2. Точити повертаючи заготовку на 60 ° для отримання шестикутника розміром 7 мм													
03														
O04														
T05														
T06														
P07														
08														
09														
O10														
OK		Обробка різанням												

										ГОСТ 3.1404-86			Форма 2				
										Зм	Ар	Нєдок.	Підпис	Дата			
Розробив		Сорока Є.О.			НТУУ "КПІ", ІХФ												
Перевірів		Борщук С.О.															
					СОПЛО								Н		040		
Н. контр.																	
					Назва операції				Матеріал								
					Різьбова				Латунь ЛС59-1 ГОСТ 15527-70								
					Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри			МЗ		Коод				
						кг							1				
					Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми								
					Універсальний токарний верстат CDE6140A												
					То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР								
				Емульсія													
Р					ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v					
P01	1. Нарізати різьбу M6x1.																
T02																	
O03																	
O04																	
T05																	
T06																	
P07																	
O08																	
O09																	
O10																	
OK		Нарізання різьби															

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Загалом, результати дипломного проєкту підтверджують ефективність модернізації екструзійної головки 3D-принтера. Впровадження запропонованих поліпшень дає змогу підвищити якість і продуктивність друку, а також забезпечити безпеку під час роботи з пристроєм. Розроблена система охорони праці, що базується на аналізі ризиків та ідентифікації шкідливих факторів, сприяє зменшенню можливості нещасних випадків і створенню безпечного робочого середовища. Дотримання запропонованих заходів безпеки та правил поведінки є важливим кроком для забезпечення безпеки персоналу, що працює з 3D-принтером.

Крім того, поліпшення екструзійної головки дає змогу підвищити продуктивність і точність виготовлення деталей. Застосування механічної обробки та стандартних інструментів сприяє ефективній технології виробництва, забезпечуючи високу якість продукту. Поліпшення процесу виготовлення сопла з латуні ЛС59-1 також може знайти застосування в інших галузях, де необхідна надійна робота і висока якість виробів.

Висновки проєкту підкреслюють значущість модернізації екструзійної головки 3D-принтера для поліпшення якості, продуктивності та безпеки друкованого процесу. Ці поліпшення сприяють прогресу в галузі 3D-друку і мають широкі перспективи в різних промислових секторах.

Перелік посилань

1. https://www.researchgate.net/publication/344569757_Features_and_Functions_of_Filament_operated_3D_printer_Nozzles_a_review
2. <https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/project-result-content/63ac7959-8efb-4189-80d9-9aefd59fe13c/O1A3%20%E2%80%93%20Identification3DPmostSuitTechsInEducation.pdf>
3. <https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/39727/1/TPU390951.pdf>.
4. <https://www.hackster-io.cdn.ampproject.org/c/s/www.hackster.io/news/generative-design-brings-five-axis-3d-printer-to-life-b30e3f39c6f7.amp>
5. <https://github.com/GenerativeMachine/Gen5X/blob/main/Parts%20List%20and%20Assembly/Gen5X%20V1%20Parts%20list.pdf>
6. <https://www.generativemachine.com/products/gen5x-a-generatively-designed-5-axis-3d-printer/>
7. https://docs.duet3d.com/User_manual/Machine_configuration/robot_5_axis_CNC
8. <https://xyzdims.com/2021/02/08/3d-printing-penta-axis-pax-5-axis-printing-option/>
9. https://www.researchgate.net/publication/344569757_Features_and_Functions_of_Filament_operated_3D_printer_Nozzles_a_review
10. https://www.synventive.com/uploadedfiles/products/machine_nozzles/machine_nozzle_global.pdf
11. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/055513366/publication/CN205097556U?q=CN205097556U>
12. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/059321433/publication/CN206344462U?q=3d%20printer%20extruder>
13. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/071077560/publication/WO2020123721A1?q=pn%3DWO2020123721A1>

14. [https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/052077060/publication/
CN104191618A?q=pn%3DCN104191618A](https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/052077060/publication/CN104191618A?q=pn%3DCN104191618A)
15. [https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/064561224/publication/
KR101952352B1?q=pn%3DKR101952352B1](https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/064561224/publication/KR101952352B1?q=pn%3DKR101952352B1)
16. [https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/073810082/publication/
CN212194228U?q=3d%20printer%20extruder](https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/073810082/publication/CN212194228U?q=3d%20printer%20extruder)

Додаток А

№	Предмет пошуку	№ свідоцтва МПК, країна, Організація, автор	Сенс заявленого технологічного рішення та ціль його створення
	Головка екструдера	CN № CN205097556U МПК B29C47/00; B29C67/00; B33Y30/00; Автори: YAO SHAN; ZHAO SHUMING; ZHANG XUE; YAO PINGKUN; YANG TONG	З метою подолання недоліків рівня техніки в даному винаході запропоновано пристрій для екструзії розплаву на основі термопластичних частинок матеріалу, і одночасно запропоновано спосіб 3D-друку на основі пристрою для екструзії розплаву. Корисна модель реалізується наступними технічними рішеннями: Пристрій для екструзії розплаву на основі термопластичного гранульованого матеріалу містить гвинтовий екструзійний механізм, нагрівальний механізм, механізм подачі, редуційний передавальний механізм та механізм відведення тепла. Ціль: Збільшення продуктивності принтера за допомогою використання гранульованого пластику

	Головка екструдера	CN № CN104191618A МПК B29C31/00; B29C67/00; Автори: ZHANG WENYI	Винахід розкриває екструдер для 3D-принтера, який містить кріпильне гніздо екструдера, двигун, задній підшипник, передній підшипник, втулку шнека, блок заднього підшипника шнека, блок переднього підшипника шнека, завантажувальний бункер, кронштейни завантажувального бункера, шнек, завантажувальний ствол та екструзійну матрицю, де втулка шнека відповідно з'єднана з блоком заднього підшипника шнека та блоком переднього підшипника шнека через задній підшипник та передній підшипник і закріплена на кріпильному гнізді екструдера; втулка шнекового стрижня відповідно з'єднана з двигуном і шнековим стрижнем; Ціль: Екструдер для 3D-принтера, розкритий винаходом, є економічним, низьким за вартістю та високою вантажопідйомністю і може бути безпосередньо встановлений
--	--------------------	--	---

	Насадка	CN № KR101952352B1 МПК B29C67/00 ; B33Y30/00 Автори: 권현진; 권성진; 홍현덕; 김동욱	Відповідно до аспекту цього винаходу для досягнення вищевказаної мети, цей винахід забезпечує спосіб виготовлення напівпровідникового пристрою, який містить: корпус, що має в собі місце для установки; і захисний кожух, що закриває сопло та ізолює зовні від сопла, при цьому край засобу теплоізоляції утворений захисним внутрішнім простором, утвореним корпусом та захисним кожухом, який виступає у бік внутрішньої поверхні кожуха, а корпус соплового сопла форсунки розташований під внутрішнім простором. Ціль: винахід було зроблено для вирішення проблем відомого рівня техніки, як описано вище, і метою цього винаходу є ізоляція живильної частини основного матеріалу і сопла без окремого охолодження склад.
--	----------------	---	---

Привід	CN №CN212194228U МПК B29C64/20; B33Y30/00; Автори: ZHANG SHUYONG	Корисна модель являє собою екструдер 3D-принтера для вирішення хоча б однієї з перерахованих вище технічних проблем. Для вирішення вищевказаних проблем як один з аспектів цього винаходу запропоновано екструдер для 3D-принтера, який містить у собі: двигун, мотор-редуктор, безліч подвійних редукторів, редуктор на вихідному кінці, екструзійний редуктор і вихідний вал, тому редуктор двигуна встановлений на валу двигуна, редуктор двигуна з'єднаний із редуктором вихідного кінця через безліч подвійних редукторів, що зачіпляються один з одним, редуктор вихідного кінця та штангопресована шестерня встановлюється на вихідний вал. Ціль: Однією з можливих модернізацій може бути заміна крокового двигуна на більш компактний і легший привод, як, наприклад, безщіточний двигун (BLDC). Безщіточні двигуни мають менші розміри і масу, що зменшує інерцію системи.
--------	--	--

	Головка екструдера	CN № WO2020123721A1 МПК B29C64/118; B29C64/209; B29C64/245; B29C64/295; B33Y10/00; B33Y30/00; B33Y30/00; Автори: BIOMEDICAN, INC.	3D-принтер, що містить екструдер, який містить нагріте сопло для нанесення шару розплавленого матеріалу на підкладку, та засіб нагрівання, сконфігурований для нагрівання підкладки в ділянці під нагрітим соплом екструдера. Незважаючи на те, що в описаних варіантах здійснення нагрівальний засіб мав форму електричного елемента, вентилятора та сопла, зрозуміло, що можна використовувати будь-який інший відповідний нагрівальний засіб, здатний нагрівати ділянку під соплом. Наприклад, засіб нагрівання може бути виконаний у вигляді лазера або інфрачервоного випромінювача, призначеного для нагрівання області під соплом. В усьому описі та подальшій формулі винаходу, якщо контекст не вимагає іншого, слова "містити" і "включати" та варіанти, такі як "містить" і "включає", розумітимуться як такі, що мають на увазі включення зазначеного цілого числа або групи цілих чисел, але не виключення будь-якого іншого цілого.
--	--------------------	---	---

[illegible]

Позиція	Позначення	Назва	Кількість	Примітки
		Документація		
	ЛП91.147247.000-70 ТС	Технологічна схема		
		Складальні одиниці		
1	ЛП91.147247.000.01	екструдер	1	
2	ЛП91.147247.000.02	калібруюча насадка	1	
3	ЛП91.147247.000.03	зона охолодження	1	
4	ЛП91.147247.000.04	шина натягування	1	
5	ЛП91.147247.000.05	3-д принтер	1	
6	ЛП91.147247.000.06	ЧПУ - верстат	1	

[illegible]

Додаток Б

3D-принтер з модернізованою екструзійною головкою

Сорока Є.О., студент, Сокольський О.Л., д.т.н., доц.

Національний технічний університет України

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

Удосконалення екструзійної головки 3D-принтера полягає в застосуванні черв'ячного пластикатора замість звичайного прямооточного. Це забезпечує поліпшену швидкість друку, більшу точність і контроль над процесом екструзії матеріалу. Результатом є висока якість друку, однорідність деталей і збільшена пропускна здатність екструдера.

Вступ. Технологія 3D-друку набула значного поширення в різних галузях, забезпечуючи можливість створення складних деталей шляхом нанесення шарів матеріалу. 3D-принтери використовуються для виготовлення прототипів, виробництва запасних частин, медичних і наукових досліджень та багатьох інших застосувань. Головна перевага цієї технології полягає в її гнучкості і можливості виготовлення унікальних і складних форм.

Одним з ключових компонентів 3D-принтера є екструзійна головка, яка відповідає за нанесення матеріалу шар за шаром. Удосконалення цієї головки шляхом встановлення черв'ячного пластикатора замість звичайного прямооточного [1] дозволяє досягти поліпшеної швидкості друку. Це забезпечує також високу якість друку, однорідність деталей і збільшену продуктивність 3D-принтера. Конструктивне розроблення вдосконаленої екструзійної головки показано на рис. 1.

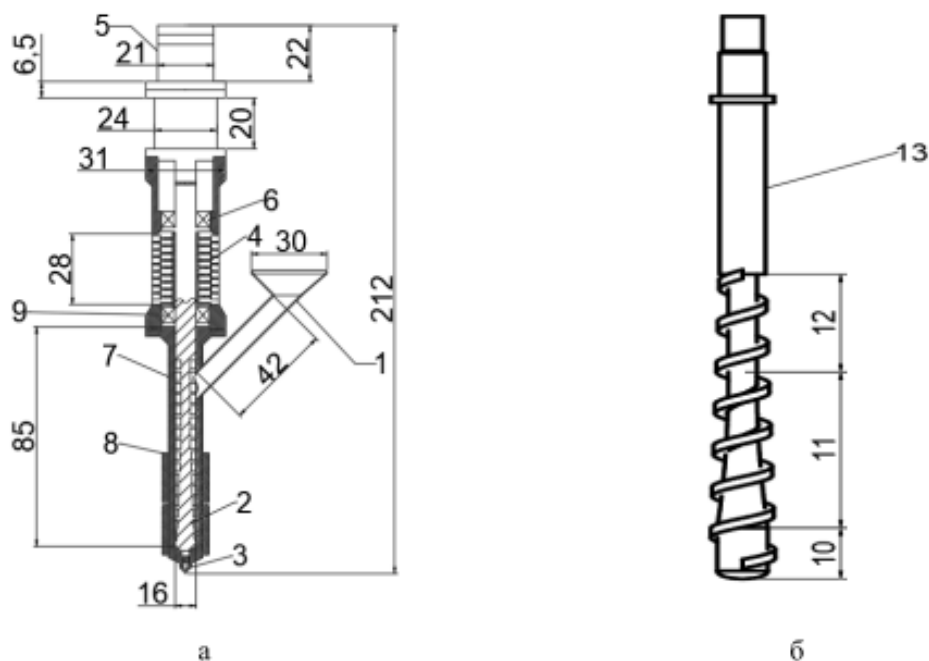


Рисунок 1 – Екструзійна головка 3D-принтера:

а – загальний вигляд; б – черв'як: 1 – горловина; 2 – червяк; 3 – сопло; 4 – радіатор; 5 – привід; 6 – підшипник; 7 – корпус; 8 – нагрівний елемент; 9 – підшипник; 10 – зона дозування; 11 – зона стиснення; 12 – зона завантаження; 13 – вал

Використання даного пристрою для екструзії розплаву термопластичних матеріалів має переваги перед традиційними методами друку, такими як філаментні або рідкосмольні 3D-принтери.

– Широкий спектр матеріалів: Пристрій для екструзії розплаву дає змогу використовувати різні термопластичні матеріали у вигляді гранул, що відкриває нові можливості для друку. Це включає пластик, гуму, віск, полімерні композити та інші матеріали, які можуть бути екструдовані в розплавлений стан і використані для друку 3D-деталей.

– Зниження вартості друку: Можливість використання гранульованих матеріалів дає змогу скоротити витрати на купівлю дорогих філаментів або рідких смол. Гранули зазвичай доступні за нижчою ціною, що робить процес друку більш економічно вигідним, особливо під час роботи з великими обсягами і серійним виробництвом.

– Підвищена ефективність друку: Пристрій має механізм редукційної передачі, який забезпечує стабільну подачу матеріалу через екструзійну друкувальну головку. Це покращує точність друку і мінімізує можливість виникнення збоїв і перерв у процесі друку.

– Компактна конструкція: Пристрій має компактну конструкцію і легку вагу, що полегшує його переміщення та інтеграцію в різні системи 3D-друку. Це особливо корисно для пересувних або мобільних додатків, де портативність і гнучкість є важливими факторами.

Висновок. Загалом, цей пристрій для екструзії розплаву пропонує більш гнучкий, економічно ефективний і універсальний підхід до 3D-друку. Він може бути застосований у різних галузях, включно з виробництвом, прототипуванням, медициною, автомобільною промисловістю та іншими, де потрібна точність, різноманітність матеріалів і ефективність процесу друку.

Перелік посилань

1. Патент CN205097556U МПК B29C47/00; B29C67/00; B33Y30/00. Thermoplasticity granular material's melting extrusion device / YAO SHAN; ZHAO SHUMING; ZHANG XUE; YAO PINGKUN; YANG TONG. Заявл. 27.10.2015, опубл. 23.03.2016.
2. Generative Design Brings Five-Axis 3D Printer to Life. Доступ з екрану: <https://www.hackster.io/cdn.ampproject.org/c/s/www.hackster.io/news/generative-design-brings-five-axis-3d-printer-to-life-b30e3f39c6f7.amp>
3. 3D-принтер. Доступ з екрану: <https://uk.wikipedia.org/wiki/3D-принтер>
4. The Best Ender 3 (V2/Pro) Dual Extruder Upgrades. Доступ з екрану: <https://all3dp.com/2/ender-3-dual-extruder-is-it-possible-to-upgrade/>