

**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.Сокольский**

«_____» _____ 2023 р.

**Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра**

зі спеціальності 133 – *галузеве машинобудування*

на тему: Екструзійний агрегат із модернізацією черв'ячного преса

Студент групи *IV к. ЛП-91*

(шифр групи)

_____ *Горянова Діана Богданова*

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник проекту:

_____ *Асистент Гурьева Л.Н.*

(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультанти з питань

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.Сокольский**

«___» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Горяновой Діане Богданова

1. Тема проекту «Екструзійний агрегат із модернізацією черв'ячного преса», керівник проекту Гурьєва Людміла Наумовна, асистент, затверджена наказом по університету від « _____ » р.
2. Термін подання студентом проекту « _____ ».
3. Вихідні дані до проекту: діаметр черв'яка $D=36$ мм, загальна довжина черв'яка $30D$, крок нарізки черв'яка $t=36$ мм, матеріал – поліетилен низької густини
4. Зміст пояснювальної записки:
Вступ
 1. Призначення та галузь застосування агрегата для виготовлення плівки.
 2. Технологічна лінія
 3. Технічна характеристика агрегата
 4. Опис конструкції, її основних частин та принципу дії
 5. Літературно-патентний огляд
 6. Охорона праці
 - 6.1. Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних факторів.
 - 6.2. Повітря робочої зони.
 - 6.3. Електробезпека
 - 6.4. Безпека впливу частин, що рухаються і обертаються.
 - 6.5. Шум.
 - 6.6. Промислове освітлення.
 - 6.7. Пожежна безпека.

Література

5. Перелік графічного матеріалу: Технологічна лінія, загальний вигляд екструдер, креслення базового черв'яка, креслення модернізованого черв'яка, креслення патрону трикулачкового, плакат результатів розрахунку, креслення головки

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
МОДЕРНІЗАЦІЇ			
ТЕХ. МАШИНОБУД.			

7. Дата видачі завдання

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Літературно-патентний пошук	17.05.2023	
2.	Виконання параметричних розрахунків	18.05.2023	
3.	Виконання креслень загального виду	19.05.2023	
4.	Виконання креслень технологічної схеми	20.05.2023	
5.	Виконання розрахунків на міцність	21.05.2023	
6.	Виконання креслень модернізації	22.05.2023	
7.	Виконання розділу ТМ	23.05.2023	
8.	Виконання розділу ОП	24.05.2023	
9.	Виконання розрахунків на ПЕОМ	25.05.2023	
10.	Загальні висновки по ДП	26.05.2023	
11.	Виконання креслень еструдеру	27.05.2023	
12.	Виконання креслень головки	28.05.2023	
13.	Виконання черв'яка	29.05.2023	
14.	Виконання плакату	30.05.2023	

Студентка

Д.Б., Горянова

Керівник проекту

Л.Н., Гурьева

ЗМІСТ

1. Реферат за ключевими словами (укр.мова).....	
2. Реферат за ключевими словами (інз.мова).....	
3. Пояснювальна записка.....	
4. Розрахунки.....	
5. Технологія машинобудування.....	
6. Перелік використаних джерел інформації	
7. ДОДАТКИ	
1. Таблиця патентів, які були проглянути.....	
2. Специфікації до креслень.....	
3. Особисті досягнення студента.....	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Екструзійний агрегат із модернізацією черв'ячного преса</i>		
Розроб.		Горянова Д.Б.					
Перевір.							
Керівник		Гурьева Л.Н.					
Н. Контр.							
Затверд.		Сокольский О.Л.			НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»		
					Літ.	Арк.	Аркушів
						1	21

Реферат

Дипломний проект містить ____ сторінок текстової документації, ____ рисунків, __ таблиць, __ джерел інформації та __ креслень формату А1.

Одним з об'єктів розробки цього дипломного проекту є екструдер з розмірами 36x30 мм. Основною метою проекту є модернізація шнека для підвищення продуктивності та якості екструдера.

Для поліпшення роботи екструдера був проведений літературно-патентний пошук, у результаті якого було вибрано патент № 763130, який передбачає зміну базової геометрії черв'яка на більш складну геометрію. Згідно з проведеними розрахунками у середовищі ANSYS, ця модернізація дозволяє збільшити об'єм оброблювального матеріалу, підвищити продуктивність та зменшити час виготовлення готового матеріалу. Крім того, завдяки пелюстковій геометрії черв'яка, збільшується його термін служби.

Під час проекту були проведені кінематичні та параметричні розрахунки екструдера, а також розрахунки на міцність окремих його елементів. Були розроблені креслення загального вигляду та встановлені правила техніки безпеки на виробництві.

Даний екструдер може бути використаний для змішування суміші при виробництві плівки. Виконані розрахунки можуть бути використані для подальшого вдосконалення екструдерів.

Ключові слова: екструдер, ANSYS, черв'як, міцність, суміш, подрібнення.

The abstract

The diploma project contains ____ pages of text documentation, ____ figures, ____ tables, ____ sources of information and ____ drawings in A1 format.

One of the objects of development of this diploma project is an extruder with dimensions of 36x30 mm. The main goal of the project is to modernize the screw to increase the productivity and quality of the extruder.

To improve the work of the extruder, a literature and patent search was conducted, as a result of which patent No. 763130 was selected, which involves changing the basic geometry of the worm to a more complex geometry. According to calculations carried out in the ANSYS environment, this modernization allows to increase the volume of processing material, increase productivity and reduce the time of production of the finished material. In addition, due to the petal geometry of the worm, its service life increases.

During the project, kinematic and parametric calculations of the extruder were carried out, as well as calculations on the strength of its individual elements. Drawings of the general appearance were developed and the rules of safety in production were established.

This extruder can be used for mixing the mixture during film production. The performed calculations can be used for further improvement of extruders.

Key words: extruder, ANSYS, worm, strength, mixture, grinding.

Перелік позначень:

D – ширина червя
 t – інтервал між нарізаними витками черв'яка
 l_p – загальна довжина черв'яка
 l_d – довжина зони дозування
 l_z – протяжність області завантаження
 l_p – довжина ділянки для пластифікації
 e – розмір ширини витка
 h_1 – глибина різання в області завантаження
 i – ступінь стиску
 h_2 – глибина різання в області дозування
 δ – проміжок між зубцем черв'яка та корпусом
 φ – похилий кут нарізки
 Q – кількість продукції, виміряна в об'ємі за секунду
 P – продуктивність, виміряна вагою
 N – потужність
 R – радіус
 η – ККД
 K_{zag} – показник геометричної форми головки
 γ – швидкість зсуву матеріалу
 μ – текучість
 Q_{vtr} – розсіювання тепла в оточуючу середу
 α_k – коефіцієнт теплообміну
 Nu – критерій Нуссельта
 Gr – критерій Грасгофа
 λ_M – коефіцієнт теплової передачі
 $M_{кр}$ – крутний момент
 P_{oc} – зусилля, діючі вздовж осі
 q – навантаження, яке розподілено по площі/довжині
 W_x – момент силового зусилля проти опори вздовж осі
 σ – силові впливи на матеріал
 τ – напруження, що діє вздовж поверхні контакту
 n – фактор безпечності

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Екструзійний агрегат із модернізацією
черв'ячного преса»**

Київ – 2023 року

ЗМІСТ

ВСТУП	2
1. Призначення та галузь застосування виробу який проектується ...	4
2. Технологічна схема.....	6
3. Технічна характеристика.....	7
4. Опис конструкції, її основних частин та принципу дії.....	9
5. Літературно-патентний огляд.....	12
6.1. Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних факторів	15
6.2. Повітря робочої зони	16
6.3 Електробезпека	17
6.4. ШУМ	18
6.5. Промислове освітлення	18
6.6. Пожежна безпека.....	19
7. Очікуванні механіко-економічні показники та висновки	21

					ЛП91.037244.01 -70ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Горянова Д.Б.			Екструзійний агрегат із модернізацією черв'ячного преса			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.									1	21	
Керівник		Гурьева Л.Н.		НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»							
Н. Контр.											
Затверд.		Сокольский О.Л.									

ВСТУП

На сьогоднішній день, полімерні труби є лідером у будівництві систем водопостачання по всьому світу. Український ринок полімерних труб зростає швидше, ніж ринки інших полімерних продуктів. Попит на полімерні труби в Україні зростає стабільно протягом останніх декількох років. Це пов'язано з розвитком водного господарства країни, потребою заміни зношених комунікацій та успішною конкуренцією полімерних труб з традиційних матеріалів, таких як металеві, чавунні, бетонні і азбестоцементні труби. Полімерні трубопровідні системи є надійнішими, довговічнішими, дешевшими та екологічнішими в порівнянні з іншими трубами, як показує світовий досвід.

Мета даної роботи полягає в аналізі споживчих властивостей сучасних полімерних труб, вивченні динаміки їх виробництва, експорту, імпорту та проблем, що виникають на ринку. У проекті передбачено визначення продуктивності, проведення параметричного, теплового та міцнісного розрахунків основних вузлів черв'ячного преса, що підтверджують працездатність конструкції, а також виконання графічної частини, що включає необхідні етапи проектування преса: загальний вигляд преса ПП-36 та його вузлів.

Метою даної роботи є аналіз властивостей сучасних полімерних труб, дослідження динаміки їх виробництва, експорту, імпорту та виявлення проблем, які виникають на ринку. У виробництві труб можуть використовуватися всі термопласти та деякі термореактивні композиції, але найбільш поширеним є використання поліетилену ВТ та НТ, оскільки ці матеріали є практично незамінними для такого виробництва.

Інтенсивний розвиток виробництва полімерних матеріалів, зокрема термопластів, викликає все більший інтерес до аспектів теорії та практики обробки цих матеріалів в виробництві. Останнім часом, темпи зростання виробництва полімерних матеріалів технічного призначення значно перевищують ріст виробництва аналогічних матеріалів з натуральної

					ЛП91.037244.01 -70ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сировини.

В залежності від виду і властивостей полімеру чи композиції, конструктивних особливостей виробу, умов його експлуатації та інших факторів, існує безліч методів переробки полімерів, які можуть бути використані у конкретному випадку.

У сучасному виробництві напірних труб з полімерів, які використовуються при будівництві зовнішніх мереж, таких як вентиляційні канали, водопроводи, артезіанські шпари, системи меліорації безнапірних і напірних каналізаційних колекторів, електротехнічні та зв'язків-канали, наявні численні переваги порівняно з трубами з чавуна та сталі. До таких переваг належать:

- гарантія безпечної експлуатації на п'ятдесят років;
- хімічна стійкість, зокрема до деяких органічних розчинників;
- мала маса;
- значна механічна витривалість
- міцність проти гідравлічних ударів, яку забезпечує його еластичність
- труби не лопаються під час замерзання рідини, а після розморожування продовжують функціонувати;
- висока стійкість до зношування (в десять разів менше, ніж у сталі) дозволяє використовувати труби для гідротранспорту;
- стійкість до хімічного розкладу
- пластичність;
- труби з високою гнучкістю мають потенціал для будівництва водопроводних мереж без компенсаторів у більшості випадків;
- незмінна пропускна спроможність протягом експлуатації;
- ідеально гладка внутрішня поверхня труби забезпечує незначний опір руху середовищу;
- зручність і швидкість встановлення

					ЛП91.037244.01 -70ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ВИРОБУ ЯКИЙ ПРОЕКТУТЬСЯ.

Полівінілхлорид можна отримати за допомогою пресування або лиття під тиском. Цей процес надає трубам високу стійкість до різних хімічних середовищ, оскільки ПВХ не піддається дії солей, лугів, кислот та оксидів. Ця особливість дозволяє використовувати ПВХ навіть у великих промислових трубопроводах.

У трубах з ПВХ є багато переваг порівняно з металевими аналогами, зокрема, легкість монтажу завдяки наявності розтруба. Це полегшує процес установки системи, а також зменшує вагу виробу. Крім того, труби з ПВХ мають відносно низьку вартість та нечутливі до ультрафіолету, що дозволяє встановлювати їх навіть під відкритим сонцем.

Нарешті, полівінілхлорид - матеріал зі зниженою горючістю, тому труби з ПВХ можна використовувати в пожежонебезпечних приміщеннях, де необхідно уникати використання аналогів з поліетилену. Гладка внутрішня поверхня дозволяє рідини безперешкодно протікати трубопроводом. До того ж на стінках не відбувається утворення нальоту, що істотно продовжує термін служби виробу.

Полівінілхлорид (ПВХ) - це матеріал, який дуже легко гнеться і ріжеться, що є важливим фактором при створенні складних конфігурацій систем трубопроводів. При експлуатації матеріал абсолютно безпечний для людини, що дозволяє використовувати труби ПВХ для питної води. З'єднання труб, які не мають розтруб, здійснюється методом склеювання, що забезпечує особливу герметичність і міцність стиків, яка нічим не поступається металевим зварним швам. Усі ці фактори дозволяють експлуатувати труби ПВХ протягом 50 років.

Трубопроводи з полівінілхлориду широко використовуються для облаштування очисних споруд та технологічних систем. Крім стандартних

					ЛП91.037244.01 -70ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

безнапірних труб, існують напірні, які використовуються в системах водопостачання і опалювання. Також ця технологія широко застосовується для установки ПВХ виробів в різноманітних водотехнічних спорудах, таких як аквапарки, фонтани, басейни та інші. У сільському господарстві труби ПВХ застосовуються для поливу рослин, підживлення добривами, а також для напування тварин. Благодаря своїй екологічній чистоті і естетичності, ПВХ вироби також використовуються в харчовій промисловості, включаючи кондитерські фабрики, борошномельні і молочні підприємства та заводи з виробництва різних напоїв.

Завдяки своїй негорючості, труби ПВХ використовуються не тільки для транспорту рідин, але і для прокладки кабельних трас. Здатність до самозагасання дозволяє виробу успішно боротися з короткими замиканнями в мережі.

Таким чином, існують різні за типами, розмірами, характеристиками і властивостями труби ПВХ. Універсального варіанта, що підходить під будь-які потреби, не існує, тому вибір повинен обумовлюватися поставленими перед виробом завданнями.

					ЛП91.037244.01 -70ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА

Технологічна лінія зображена на креслені ЛП91.037244.001-70 ТС

Прес черв'ячний ПП-36 (див. малюнок 1.1) складається з циліндра 5 і завантажувальної лійки 6, всередині яких знаходиться черв'як 7. Для передачі руху від електродвигуна постійного струму використовується клинопасова передача. Для підтримки теплового режиму використовуються нагрівачі 12, вентилятори 13 і повітряна система охолодження циліндра і пристрої охолодження черв'яка. Всі елементи преса встановлені на зварній рамі 1, а циліндр закритий спеціальним кожухом 2.

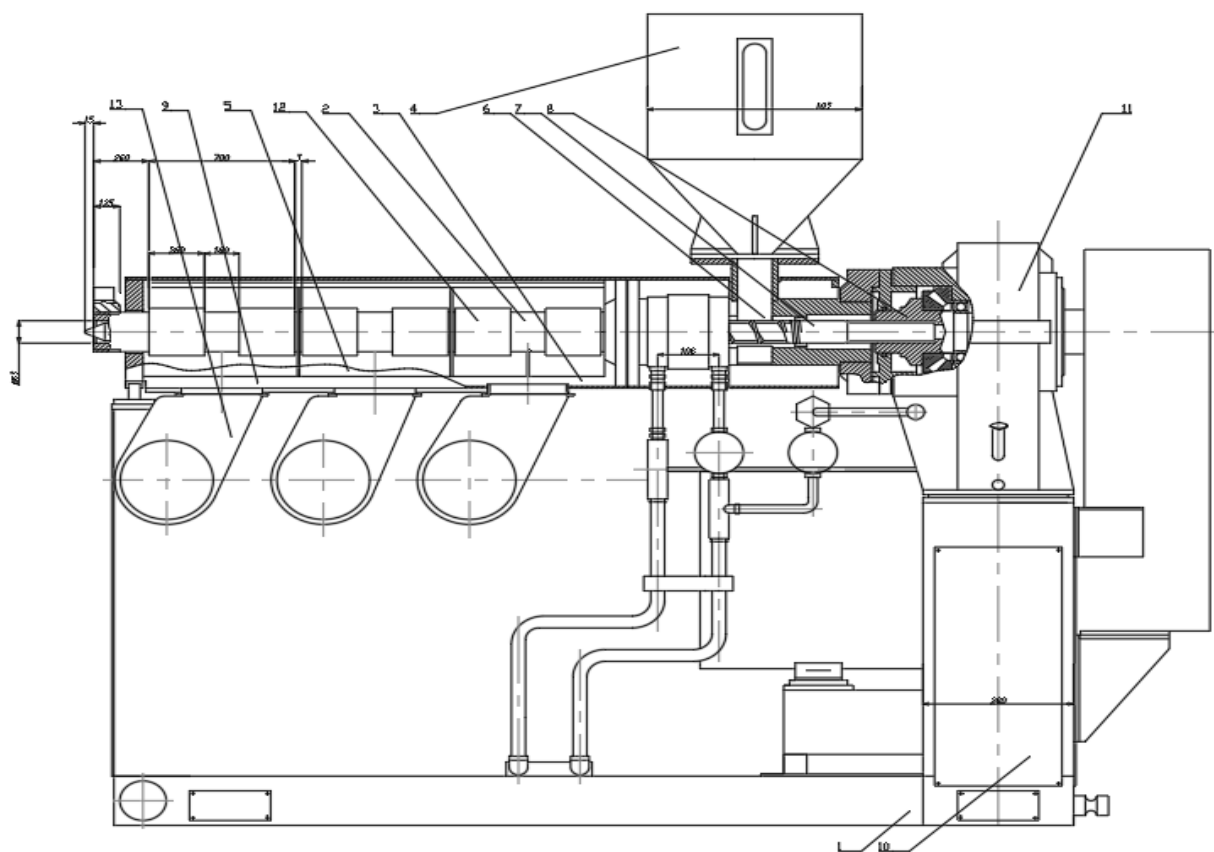


Рисунок 1.1 Прес ЧП-36

1 – рама, 2 – кожух копруса, 3 – плита несуча, 4 – бункер, 5 – корпус, 6 – воронка завантажувальна, 7 – черв'як, 8 – втулка, 9 – плита опорна, 10 – блок керування, 11 – редуктор, 12 – нагрівач, 13 – вентилятор.

					ЛП91.037244.01 -70ПЗ	Арк. 6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прес-циліндр 1 складається з товстостінної труби з фланцями та твердосплавною наплавкою всередині. Зовнішня поверхня циліндру розділена на п'ять температурних зон, кожна з яких обладнана індукційними електронагрівачами 12 та термоелектричним перетворювачем, який передає сигнал до комплектного пристрою терморегулювання. Перші чотири зони оснащені вентиляторами охолодження, п'ята - без вентиляторів. Завантажувальна частина циліндру має канали для охолодження водою на зовнішній поверхні. В цій частині також розміщена завантажувальна воронка 6, яка також може бути охолоджена водою, регульованою вручну або за допомогою вентилів. Для підтримання осьові сили, що передаються через черв'як на тихохідний вал редуктора встановлений упорний підшипник 3. Редуктор 11 отримує мастило від насоса та має вбудований теплообмінник, який використовує воду для охолодження мастила. У системі змазки є реле тиску, яке автоматично вимикає електродвигун, що приводить черв'як, якщо тиск мастила у системі знижується нижче 0,05 МПа.

3. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

					ЛП91.037244.01 -70ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найменування параметра	Значення
Максимальна продуктивність при екструзії плівки з номінальною товщиною 0,100 – 0,120 мм і шириною рукава 1500±5 мм, кг/год, не менше	130
Максимальна шарина плівки в розгорнутому вигляді, мм, не більше	3000
Граничні відхилення по ширині полотна, мм	±5
Номінальна товщина плівки, мм	0,03 – 0,2
Максимальна ширина рулону з плівкою, мм, не більше	1500
Зовнішній діаметр рулону з плівкою, мм, не більше	500
Лнійна швидкість прийому плівки, м/с	0,067 – 0,67
Електропостачання: 1) трифазна чотирипровідна мережа із глухозаземленою нейтраллю: напруга, В частота, Гц 2) Напруга кіл управління та сигналізації, В частота, Гц	 380 50 220 50
Споживана потужність електрообладнання, кВт, не більше	100
Об'ємна витрата води мережі оборотного промислового водопостачання тиском 0,4 – 0,6 МПа і з температурою не більше 20 ° С, м³/год, не більше	1,0
Об'ємна витрата стиснутого повітря тиском 0,4 – 0,6 МПа, м³/год, не більше	1,0
Габаритні розміри, мм, не більше довжина ширина висота	 7700 3500 6700
Маса, кг, не більше	7325

4. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ

Опис конструкції. Згідно креслення ЛП91.037244.000-70СБ.

Опис роботи цієї машини можна навести таким чином: полімерний матеріал зі складу 3 перекачується в матеріальний циліндр 2, після чого його захоплює обертовий черв'як 1 та переміщує до формуючої голівки 7. При цьому полімер в зоні живлення черв'яка зм'якшується та стискається в пробку, розплавляється в зоні стиснення та гомогенізується в зоні дозування, готуючись до подачі у формуючу головку. Для забезпечення необхідного теплового режиму та оптимальних умов транспортування, на матеріальному циліндрі встановлені зони охолодження 4, а термопари 6 служать для контролю температури. Конструкція черв'яка, як правило, передбачає внутрішнє охолодження водою, яка подається та відводиться за допомогою пристрою 10. Черв'як отримує обертання від електромеханічного приводу, що включає в себе електродвигун 12 (постійного або змінного струму), муфту 13 та редуктор 9. Вісцеві сили, які діють на черв'як у напрямку, протилежному руху розплаву, сприймаються підшипниковим вузлом 11. Усі робочі вузли екструдера змонтовані в корпусі 8, що знаходиться на станині 5, як показано на рис. 3.

					ЛП91.037244.01 -70ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

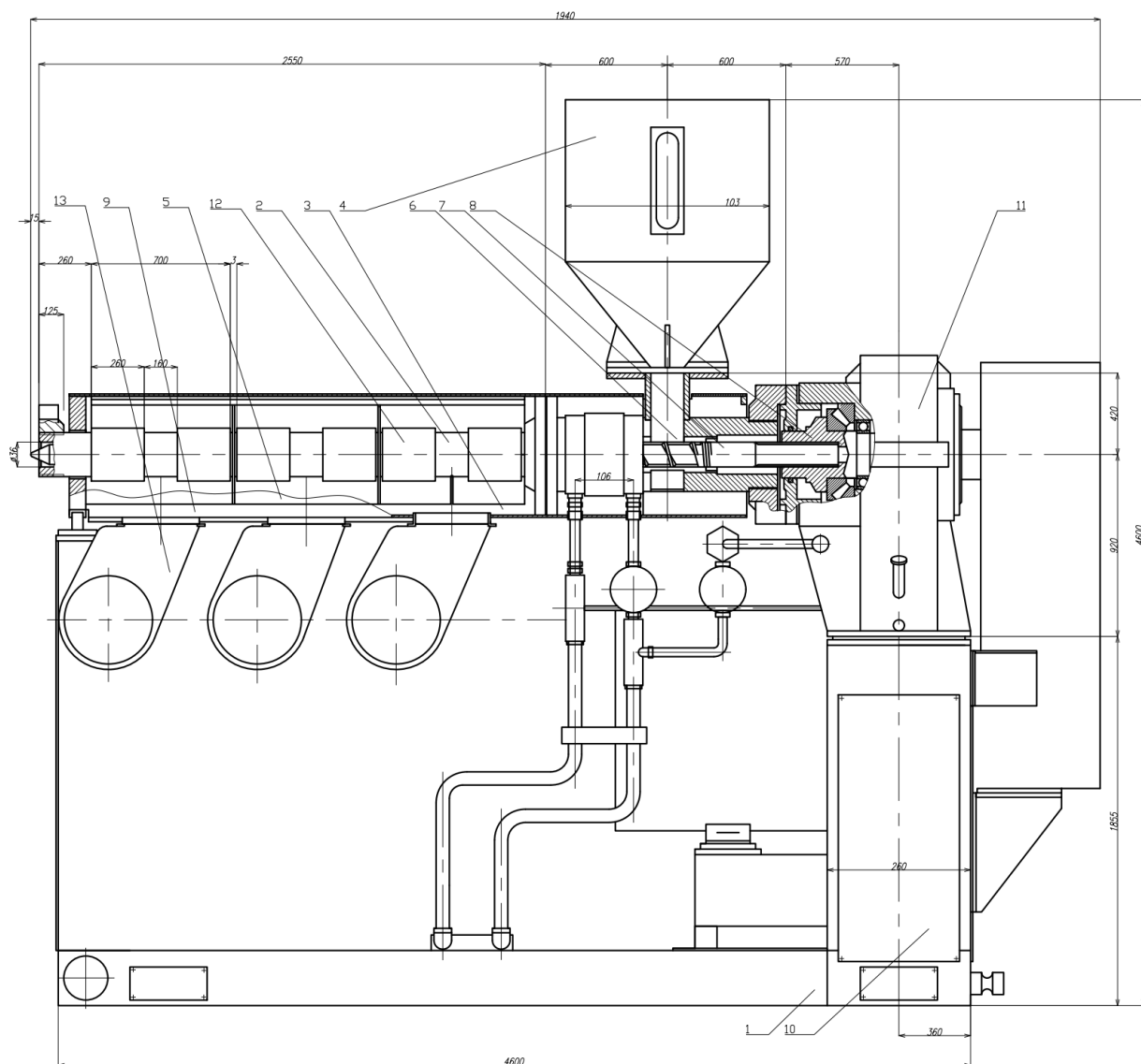


Рисунок 3.1 — Конструкція черв'ячного пресу.

Зазвичай, конструкція черв'яка містить внутрішню систему охолодження водою, яка подається та відводиться через пристрій 10. Черв'як забезпечується обертанням від електромеханічного приводу, який складається з електродвигуна 12 з постійним або змінним струмом, муфти 13 та редуктора 9. Підшипниковий вузол 11 забезпечує опір осьовому зусиллю, що діє на черв'як в напрямку, протилежному руху розплаву. Всі робочі вузли екструдера розташовані в корпусі 8, який розміщений на станині 5.

Даний бункер є призначеним для отримання зернистого матеріалу та подальшої його подачі в завантажувальний бункер екструдера. Він представляє собою металевий ящик з об'ємом не менше 0,5 м³, який

					ЛП91.037244.01 -70ПЗ		Арк.
							10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

заповнюється вручну. Для візуального огляду наявності зернистого матеріалу у бункері передбачені оглядові вікна. Бункер має фланець для стикування з завантажувальним бункером екструдера. Фланець оснащений затвором, який може зупинити подачу зернистого матеріалу в завантажувальний бункер екструдера.

Одночерв'ячний прес ЧП 36х30 призначений для неперервної переробки зернистого матеріалу в однорідний розплав та його екструзії через кільцевий головний гвинт. Основні компоненти преса включають: привід преса, раму, завантажувальний бункер, корпус, черв'яка, систему охолодження та систему опалення.

Охолодження забезпечується за допомогою очищеної води з мережі та циркуляційної води. Регулювання подачі води здійснюється вручну за допомогою клапанів. Для виведення черв'яка з преса передбачений черв'ячний ежектор. Фільтр призначений для очищення полімерного розплаву від забруднень перед його подачею до головки кільця. Фільтр складається з двох корпусів, затискача та затвору, який має перегородку з двома кубиками для установки фільтруючого елемента. Фільтр обладнаний фільтруючими елементами, які мають ефективну поверхню не менше 0,005 м². Заміна елемента що займається фільтрацією виконується вручну.

					ЛП91.037244.01 -70ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД

Апарат, який розробляється, відноситься до пресового обладнання, зокрема до компонентів екструзійних пристроїв, які використовуються для обробки різноманітних матеріалів, зокрема полімерів.

Приведені конструкції екструзійних апаратів мають один із суттєвих недоліків, який полягає у тому, що має примітивну базову конструкцію, яку можна вдосконалити для більшої продуктивності.

Експлуатаційні характеристики апарату значно залежать від цього процесу, зокрема від міжремонтних циклів. При цьому зменшується тривалість міжремонтних циклів, але збільшуються витрати на ремонт.

З метою мінімізації міжремонтних циклів та збільшення зносостійкості та продуктивності було розглянуто наступні варіанти модернізації червячного пресу, які ґрунтуються на існуючих патентах.

В патенті № 2 460 644 (МПК В02С17/06, 2005р.) розглянуто задачу з розширення асортименту продукції, результат досягається тим, що мундштук червячного преса встановлений в корпусі головки червячного преса з можливістю обертання навколо горизонтальної осі, причому на зовнішній циліндричній поверхні мундштука, що виступає з корпусу, виконані шестигранник і різьблення, за допомогою якої і за допомогою гайки мундштук кріпиться до корпусу, а на вільному кінці мундштука виконано зовнішнє різьблення. [14].

В патенті №1737 (МПК В29С 47/60, 2002р.) було поставлено за мету вдосконалити черв'як екструдера для перероблення полімерних матеріалів, в якому нове конструктивне виконання гребенів його нарізки зменшило би зворотний потік перероблюваного матеріалу крізь зазор "гребінь нарізки - корпус екструдера" при збереженні високого змішувального ефекту червяка, поставлена задача вирішується тим, що в червяку екструдера для перероблення полімерних матеріалів, що містить вал з послідовно розташованими хвостовиком, зонами живлення, стискання і дозування, а також наконечником, при цьому вал на ділянках зон живлення, стискання й

					ЛП91.037244.01 -70ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дозування споряджених гвинтовою нарізкою, а на гребені нарізки зони дозування виконані розташовані поперечно йому пази, згідно з пропонованою корисною моделлю новим є те, що пази скошені в бік хвостовика вала [15].

В патенті №3799 (МПК В29С47/00, 2004р.) покладено задачу вдосконалення черв'яка екструдера для переробки матеріалів, в якому його нове конструктивне виконання забезпечує регулювання розмірів міжвиткового простору, а отже і розширяє технологічні можливості черв'яка за рахунок переробки широкого класу матеріалів. Поставлена задача вирішується тим, що в черв'яку екструдера для переробки матеріалів, що містить осердя з розташованим на ньому по гвинтовій лінії гребенем, згідно з пропонованою корисною моделлю новим є те, що осердя має щонайменше одну ділянку із закріпленою на ньому в один або декілька шарів стрічкою. [16].

В патенті №5074 (МПК В29С47/60, 1978р.) було поставлено за мету підвищити якість змішування внаслідок одноразового проходження матеріалу через зону інтенсивного зсуву в проміжках між перегородками і внутрішньою поверхнею корпусу, а також підвищення продуктивності черв'яка. Ціль досягається тим, що змішувальний елемент виконується з проміжними пазами, розділеними між собою перегородками, що утворюють з основними перегородками замкнуті контури. При цьому поверхня змішувального елемента утворена площинами, похилими до поздовжньої осі змішувального елемента

В патенті №48384 (МПК В29С 47/38, 2009р) покладено задачу вдосконалити циліндр черв'ячного екструдера, у якому нове конструктивне виконання його циліндричної труби забезпечує зменшення теплових втрат під час нагрівання циліндра, а також зниження його матеріалоемності. Поставлена задача вирішується тим, що в циліндрі черв'ячного екструдера, що містить циліндричну трубу з фланцями на кінцях, споряджену теплообмінною оболонкою зі штуцерами для підводу й відводу теплоносія,

					ЛП91.037244.01 -70ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

згідно з корисною моделлю, що пропонується, новим є те, що у стінці циліндричної труби виконані поздовжні отвори для розміщення в них

В результаті літературно-патентного дослідження та виходячи з мети дипломного проекту було обрано наступний варіант удосконалення, який полягає в тому що змішувальний елемент виконується з проміжними пазами, розділеними між собою перегородками, що утворюють з основними перегородками замкнуті контури. При цьому поверхня змішувального елемента утворена площинами, похилими до поздовжньої осі змішувального елемента

					<i>ЛП91.037244.01 -70ПЗ</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці включає в собі аспекти, пов'язані з безпекою праці, запобіганням травм і професійних захворювань, попередженням пожеж і вибухів на робочому місці, а також правовими аспектами охорони праці.

Згідно законодавства про охорону праці в Україні, необхідно розробити безпечні та нешкідливі умови для експлуатації нових машин, механізмів та обладнання обслуговуючим персоналом. Тема дипломного проекту “Екструзійний агрегат із модернізацією черв'ячного преса”.

Оператор в спеціальному відведеному приміщенні, а саме операторській кімнаті площею 10 м², відповідає за установку параметрів технологічного процесу та його контроль. Запобігання травматизму, професійних захворювань та аварійних ситуацій на виробництві, а також правова охорона праці входять до сфери охорони праці і навколишнього середовища.

6.1. ВИЯВЛЕННЯ І АНАЛІЗ ШКІДЛИВИХ І НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ

Автоматизована лінія призначена для виконання процесу змішування суміші. Під час роботи та обслуговування цієї машини існують шкідливі та небезпечні виробничі фактори, включаючи:

- якість повітря в робочій зоні;
- можливість ураження електричним струмом;
- наявність рухомих та обертаючих частин обладнання;
- рівень виробничого шуму;
- забезпечення пожежної безпеки;
- якість промислового освітлення.

					ЛП91.037244.01 -70ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2. ПОВІТРЯ РОБОЧОЇ ЗОНИ

У таблиці 1.1 наведено фактичні дані щодо температури, відносної вологості та швидкості руху повітря на робочих поверхнях. Це досягнуто завдяки ефективній теплоізоляції, модернізації та системі вентиляції, що гарантує, що максимальна температура не перевищує 55°C.

Таблиця 1.1.

Період року	Категорія роботи – легка Ia		
	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
	Фактична	Фактична	Фактична
Холодний або	19÷21	50 ÷ 60	0,1
Теплий	22 ÷ 25	45 ÷ 60	0,2

З таблиці 1.1 можна зазначити, що параметри умов відповідають нормам і забезпечуються наступними заходами: в холодний період року здійснюється підігрів приміщення за допомогою батарей з гарячою водою, яка має температуру 45-50°C, а в теплий період року використовується вентиляція. Робота оператора, який займається обслуговуванням лінії, відноситься до категорії легких фізичних робіт. Енерговитрати людини виробничому приміщенні становлять 140 кілокалорій на годину. згідно з ДСН 3.3.6.042-99. Технологічна лінія для виробництва труб є цілком обладнана системами, що забезпечують її безпечну і безаварійну роботу.

6.3 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Приміщення, в якому знаходиться виробництво, відноситься до приміщень, де існує підвищена небезпека ураження людей електричним струмом. Установка живиться трифазною напругою 220/380 В з частотою 50 Гц, і має ізольовану нейтраль згідно з ДСТУ 7237:2011.

Причини нещасних випадків сервісного персоналу можуть бути наступними: помилкове вмикання установки, пробій на корпусі, доторкання до відкритих струмопровідних частин електроустаткування, старіння ізоляції і втрата її ізоляційних властивостей, коротке замикання установки.

Для запобігання нещасних випадків рекомендується вживати наступні заходи охорони праці: розміщення рубильників включення установки в спеціальній шафі, використання захисних металевих рукавів для силових кабелів, передбачення спеціального захисного відключення установки у разі влучення людини під напругу, наявність спеціальних ламп включення установки на панелі управління.

У даному проекті були дотримані всі вище зазначені рекомендації.

					ЛП91.037244.01 -70ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.4. ШУМ

Сильний і тривалий шум відіграє негативну роль у стані здоров'я, спричиняючи ряд негативних ефектів, таких як знижена увага, сповільнена реакція, головний біль, запаморочення, виникнення глухоти та навіть захворювання нервової системи. У контексті роботи з трубним агрегатом, основними джерелами шуму є електродвигун та вентилятори охолодження. З метою забезпечення прийняттого рівня шуму на робочому місці, застосовуються захисні матеріали та змащення поверхонь, які знаходяться в контакті і тертаються одна об одну.

Більш того, вентилятори встановлені на оптимальній відстані, щоб уникнути значних шумових випромінювань, які можуть впливати на працівників.

З урахуванням виконаних заходів, фактичний рівень шуму не перевищує допустимий ліміт в 70 дБА, як визначено відповідно до вимог Державних санітарних норм 3.3.6.037-99.

6.5. ПРОМИСЛОВЕ ОСВІТЛЕННЯ

Достатньою умовою для забезпечення безпечних умов праці є належне освітлення. Варто розрізняти природне та штучне освітлення. Природне освітлення, зокрема бічне, є найкращим варіантом, оскільки воно сприяє нормалізації та стимуляції функціонування різних систем організму.

Фактичне освітлення у робочому приміщенні складає 100 лк, Щоб відповідати санітарним нормам, у виробничому приміщенні використовується шість пиловологозахищених світильників ПВЛ1 2x40, кожен з яких має світловий потік 3960 лм. Для досягнення рівномірного освітлення з коефіцієнтом нерівномірності 1,1 і коефіцієнтом використання

					ЛП91.037244.01 -70ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

світлового потоку 0,4, забезпечується освітленість у виробничому приміщенні на рівні 220 лк.

Таке значення освітленості відповідає вимогам санітарних норм, встановлених ДБНВ 2.5.28-2018.

6.6. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

Виробниче приміщення відповідає категорії пожежної небезпеки В, згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016, і має ступінь вогнестійкості ІІ згідно з ДБН В.1.1-7:2016. Класифікується як зона пожежонебезпеки ІІ-ІІ а.

У виробництві існує кілька основних причин виникнення пожеж:

- Несправність електричного устаткування, така як коротке замикання або перевантаження кабелів живлення.
- Випадки розряду атмосферної і статичної електрики.
- Займання масляного устаткування.

Недотримання персоналом правил технології переробки полімерів.

Загорання ізоляції електричних проводів. Заходи пожежної безпеки можна поділити на організаційні, технічні та експлуатаційні. Організаційні заходи включають правильну експлуатацію обладнання та проведення протипожежного інструктажу працівників у виробничих приміщеннях. Технічні заходи передбачають дотримання протипожежних вимог при встановленні електрообладнання, освітлення, опалення та вентиляції. Експлуатаційні заходи включають своєчасний огляд та ремонт технологічного обладнання. Пожежна характеристика будівельних конструкцій наведена у таблиці 6.2.

					ЛП91.037244.01 -70ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.2

№	Основні будівельні конструкції	Межа вогнестійкості, ч
1	Несучі стіни, колони	2
2	Внутрішні стіни та перегородки	2
3	Несучі конструкції міжповерхових і дахових перекриттів	0,75

У разі виникнення пожежі, необхідно вимкнути електроживлення та виконати гасіння вогню за допомогою системи автоматики. Якщо вимкнути систему не можливо, можна використовувати вогнегасники, такі як вуглекислотні, порошкові або хладонові, для тушіння електричного обладнання.

З метою запобігання пожежі у виробничому приміщенні було встановлено чотири вуглекислотні вогнегасники ОУ-5.

Згідно зі СНП 2.09.02-85, у виробничому приміщенні передбачені два виходи для евакуації. Ширина евакуаційних шляхів не менше одного метра, а ширина дверей на цих шляхах - не менше 0,8 метра. В окремо відведених місцях повинні бути розміщені протигази та спеціальний захисний одяг..

7. ОЧІКУВАННІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ВИСНОВКИ

Опираючись на результати літературних та патентних досліджень, було обрано варіант покращення продуктивності гвинта черв'ячного преса, з метою підвищення загальної ККД агрегату. Це досягається шляхом збільшення площі контакту розплавленого матеріалу з модернізованим вузлом, що сподіваємося, зменшить зношення черв'яка. Крім того, ця модернізація дозволить поліпшити розподіл самого розплаву, що забезпечить виробництво якісніших виробів та підвищить загальну продуктивність

					ЛП91.037244.01 -70ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

II. РОЗРАХУНКИ.....	2
2.1. ПАРАМЕРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯЧНОГО ЕКСТРУДЕРА	2
2.1.1. РОЗРАХУНОК ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЧЕРВ'ЯКА	2
2.2. КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯЧНОГО ЕКСТРУДЕРА	5
2.2.1. РОЗРАХУНОК ПРОДУКТИВНОСТІ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ МАШИНИ.....	5
2.2.2. РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ПРИВОДУ ЕКСТРУДЕРА..	8
2.3. КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ГОЛОВКИ ЧЕРВ'ЯЧНОГО ЕКСТРУДЕРА	11
2.3.1. РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТА ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ ГОЛОВКИ.....	11
2.3.2. РОЗРАХУНОК ПЕРЕПАДУ ТИСКУ В ЕКСТРУЗІЙНІЙ ГОЛОВЦІ	14
2.5. РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ	18
2.5.1. РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА НА СТИСК.....	18
2.5.2. РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА НА КРУЧЕННЯ.....	22
2.5.3. РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА НА ЖОРСТКІСТЬ	23
2.5.4. Розрахунок черв'яка на витривалість	24
2.5.5. Розрахунок шліцьового з'єднання	25
2.5.6. Розрахунок модернізованого вузла за допомогою ПП "ANSYS"	27
2.5.7. Розрахункова Модель	27
2.5.8. Результати розрахунків термопружного стану млина	29
Розрахунок модернізованої Черв'яка.....	34
Вихідні дані для розрахунку	34
Вибір розрахункової схеми	34
ВИСНОВКИ ПО МОДЕРНІЗАЦІЇ	42

					ЛП91.037244.01 -70PP		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Горянова Д.Б.			<i>Екструзійний агрегат із модернізацією черв'ячного преса</i>		
Перевір.							
Керівник		Гурьева Л.Н.					
Н. Контр.							
Затверд.		Сокольский О.Л.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						1	56
					НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»		

II. РОЗРАХУНКИ

2.1. ПАРАМЕРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯЧНОГО ЕКСТРУДЕРА

2.1.1. РОЗРАХУНОК ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЧЕРВ'ЯКА

Черв'як є важливим компонентом у механізмі черв'ячної машини. Його основною функцією є переміщення полімерного матеріалу від завантажувальної воронки до формуючої головки, а також пластифікація гранул, ретельне змішування розплаву і створення необхідного тиску для видалення матеріалу з головки.

Діаметр черв'яка є одним з основних параметрів, який визначає продуктивність черв'ячної машини.

У даній лінії використовується екструдер з черв'яком діаметром $D=36$ мм та відношенням довжини робочої частини до його діаметра $L/D=32$. Інші параметри черв'яка обираються в залежності від матеріалу, який переробляється. У даному випадку матеріалом, який переробляється, є поліетилен, і базові параметри черв'яка розраховуються на основі нижченаведених залежностей.

Крок гвинтової лінії черв'яка:

$$t = \left(\frac{0,8}{1,2} \right) * D = 1 * 36 = 36 \text{ мм}, \quad [1];$$

Товщина черв'яка:

$$e = \left(\frac{0,08}{0,1} \right) * D = 0,095 * 36 = 4 \text{ мм}, \quad [1];$$

Зазор між черв'яком і гільзою:

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\delta = \left(\frac{0,002}{0,003} \right) * D = 0,0024 * 36 = 0,10 \text{ мм}, \quad [1];$$

Глибина гвинтового каналу під завантажувальною воронкою:

$$h_1 = \left(\frac{0,12}{0,16} \right) * D = 0,127 * 36 = 4 \text{ мм}, \quad [1];$$

де $i=2,1$ –ступінь стиску ПВХ.

Довжина торпеди з мішалкою:

$$L_{\text{торп}} = \left(\frac{0,6}{0,8} \right) * D + 70 = 0,7 * 36 = 30 \text{ мм}, \quad [1];$$

Довжина робочої частини черв'яка приймається:

$$L_{\text{раб}} = 30 * D = 30 * 36 = 1080 \text{ мм}, \quad [1];$$

Довжина зони завантаження приймається:

$$L_{\text{заг}} = \left(\frac{1,5}{3} \right) * D = 2,5 * 36 = 90 \text{ мм}, \quad [1];$$

Довжина зони дозування приймається:

$$L_{\text{доз}} = \left(\frac{3}{6} \right) * D = 5 * 36 = 180 \text{ мм}, \quad [1];$$

.

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довжина зони стиску приймається:

$$L_{\text{сж}} = L_{\text{раб}} - L_{\text{доз}} - L_{\text{загр}} = 1080 - 90 - 180 = 811 \text{ мм}, \quad [1];$$

Довжина опори і евольвентного зачеплення приймається: $L_{\text{ев}}=800\text{мм};$

Довжина відбійної частини приймається:

$$L_{\text{отб}} = \left(\frac{0,1}{0,5}\right) * D = 0,2 * 36 = 7,2 \approx 8 \text{ мм}, \quad [1];$$

Загальна довжина черв'яка:

$$L = L_{\text{раб}} + L_{\text{зв}} + L_{\text{отб}} + L_{\text{торн}} = 1080 + 170 + 8 + 30 = 1288 \approx 1300 \text{ мм},$$

[1];

Глибина гвинтового каналу черв'яка у зоні дозування, згідно з [1]:

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

$$h_2 = 0,5 \left[0,036 - \sqrt{0,036^2 - \frac{4 - 0,008}{2,1} * (0,036 - 0,008)} \right]$$
$$= 0,0035 = 0,35 \text{ см}$$

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, геометричні характеристики черв'яка були встановлені.
Розміри можна відобразити на кресленні або рисунку черв'яка.

2.2. КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯЧНОГО ЕКСТРУДЕРА

2.2.1. РОЗРАХУНОК ПРОДУКТИВНОСТІ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ МАШИНИ

Для визначення продуктивності екструзійної машини Q
використовуються технічні одиниці виміру $[Q] = \frac{\text{см}^3}{\text{мін}}$.

Вихідні дані:

- кількість обертів черв'яка = 1;
- оборотна швидкість черв'яка $= 1,25 \text{ с}^{-1} = 75 \text{ об/хв.}$;
- проміжок між зубцями черв'яка та циліндром = 0,015 см;
- геометричний коефіцієнт для формуючого інструменту (голівки) = $0,3 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3$.

В наявності наступні вихідні параметри: діаметр (D) - 6,3 см, довжина (LH) - 80 см, товщина (t) - 6,5 см, висота (e) - 0,5 см та h2 - 0,35 см.

Визначення продуктивності екструзійної машини базується на аналізі дозуючої зони черв'яка, яка має вирішальний вплив і обмежує продуктивність машини. Ця зона відповідає за перетворення матеріалу в розплавлений стан. Отже, розрахунок продуктивності екструзійної машини здійснюється з урахуванням параметрів дозуючої зони. [1].

$$Q = \frac{\alpha K n}{K + \beta + \gamma},$$

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Давайте визначимо значення коефіцієнтів, що застосовуються у цьому розрахунку. Знайдемо коефіцієнти, які мають значення в формулі, а саме: α - коефіцієнт прямого потоку розплаву, β - коефіцієнт зворотного потоку розплаву, γ - коефіцієнт потоку витoku розплаву в зазорі між черв'яком і циліндром корпусу, та K - коефіцієнт форми для формуючого інструменту (голівки).

Коефіцієнт прямого потоку розплаву, згідно з [1]:

$$\alpha = \frac{\pi(t - \lambda e)C}{A + t^2 B}.$$

У формулі, A , B і C є константами, що відповідають за форму шнеку. Для черв'яка з постійною глибиною каналу в зоні дозування ці константи обчислюються за певними залежностями, як зазначено в джерелі [1].

$$A = \frac{\pi}{h_2^2} \left(\frac{D}{h_2} - 1 \right); \quad B = \frac{h_2 + D}{D^2 h_2^3}; \quad C = 1 + \frac{D^2}{2h_2^2}.$$

Дані числові значення (вихідні дані вимірюються в сантиметрах):

$$A = \frac{\pi}{0,35^2} \left(\frac{6,3}{0,35} - 1 \right) = 435,76 \text{ см}^{-2}$$

$$B = \frac{0,35 + 3,6}{3,6^2 * 0,35^2} = 2,4 \text{ см}^{-4}$$

$$C = 1 + \frac{3,6^2}{2 * 0,35^2} = 55$$

Отже, значення коефіцієнта прямого потоку розплаву буде таким:

$$\alpha = \frac{\pi(6,5 - 1 * 0,5) * 55}{435,76 + 6,5^2 * 2,4} = 2 \text{ см}^2$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП91.037244.01 -70PP

Арк.
6

Коефіцієнт зворотного потоку розплаву:

$$\beta = \frac{\pi \cdot t \cdot (t - \lambda \cdot e)}{12 \cdot L_H \cdot (A + t^2 B)},$$

$$\beta = \frac{\pi(6,5 - 1 \cdot 0,5)}{12 \cdot 80 (435,76 + 6,5^2 \cdot 2,4)} = 0,21 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3$$

Значення коефіцієнта потоку витoku розплаву в зазорі між черв'яком і циліндром корпусу машини визначається за допомогою наступної формули:

$$\gamma = \frac{\pi \cdot D \cdot \delta^3 \cdot t^2}{10 \cdot e \cdot L_H \cdot \sqrt{\pi^2 D^2 + t^2}},$$

$$\gamma = \frac{\pi \cdot 3,6 \cdot 0,015^3 \cdot 6,5^2}{10 \cdot 0,5 \cdot 80 \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot 3,6^2 + 6,5^2}} = 0,33 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3$$

Проводимо визначення продуктивності екструдера в технічних одиницях виміру.

$$Q = \frac{5,11 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 75}{0,3 \cdot 10^{-3} + 0,21 \cdot 10^{-3} + 0,33 \cdot 10^{-6}} = 225,3 \frac{\text{см}^3}{\text{хв.}} \quad [1];$$

Продуктивність екструдера у одиницях виміру Сі:

$$Q = 225,3 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8} = 3,83 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с} \quad [1];$$

Таким чином, продуктивність екструдера визначена.

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.2. РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ПРИВОДУ ЕКСТРУДЕРА

Початкові дані:

- Константа степеневого закону в'язкості: $m = 0,43$
- Залежність динамічної в'язкості від температури: $\mu_0(T) = 16200 \text{ Па}\cdot\text{см}$
- Коефіцієнт корисної дії (ККД), який враховує втрати потужності в механічній частині, дисипативні втрати та інші фактори: $\eta = 0,4$

Отримані дані:

- Параметр пристрою: $\lambda = 1$
- Швидкість деформації матеріалу: $n = 1,25 \text{ с}^{(-1)}$
- Діаметр: $D = 0,036 \text{ м}$
- Довжина робочої частини: $LH = 0,8 \text{ м}$
- Товщина: $t = 0,065 \text{ м}$
- Відстань між віссю черв'яка та циліндром: $e = 0,005 \text{ м}$
- Відхилення: $\delta = 0,00015 \text{ м}$
- Об'ємний струм: $Q = 3,83 \cdot 10^{(-6)} \text{ м}^3/\text{с}$
- Висота: $h_2 = 0,0035 \text{ м}$
- Коефіцієнт: $K = 0,3 \cdot 10^{(-9)} \text{ м}^3$
- Площа: $\alpha = 5,11 \cdot 10^{(-4)} \text{ м}^2$

Потужність приводного двигуна використовується на зсувне деформування матеріалу в гвинтовому каналі черв'яка, відстані між гребінцями черв'яка та циліндром корпусу, а також на інші втрати потужності, як описано в [1].

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

У цьому контексті, N , N_1 і N_2 представляють собою потужність приводного двигуна, потужність, яка витрачається у зазорі між гребінцями

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

черв'яка та циліндром корпусу, і потужність, яка витрачається в гвинтовому каналі черв'яка відповідно. η вказує на коефіцієнт корисної дії, який враховує інші втрати потужності.

Для розрахунку потужності N_1 , яка витрачається у зазорі між гребінцями черв'яка та циліндром корпусу, ми використовуємо швидкість зсуву матеріалу, що знаходиться в цьому зазорі, згідно з джерелом [1].

$$\dot{\gamma}_1 = \frac{\pi^2 D^2 n}{\delta \sqrt{\pi^2 D^2 + t^2}},$$

$$\gamma_1 = \frac{\pi^2 * 0,036^2 * 1,25}{0,00015 * \sqrt{\pi^2 * 0,036^2 + 0,065^2}} = 81 \text{ с}^{-1}$$

Відповідно до джерела [1], при цій швидкості зсуву розплаву буде мати відповідне значення ефективної в'язкості.

$$\mu_1 = \mu_0(T) \cdot \left(\dot{\gamma}_1 \right)^{m-1},$$

$$\mu_2 = 16200 * 81^{(0,43-1)} = 1300 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Потужність, яка витрачається на подолання тертя маси у зазорі між гребенем черв'яка та корпусом визначаємо за рівнянням, згідно з [1]:

$$N_1 = \pi \frac{D^3 \cdot e \cdot L_H}{\delta \cdot t} \cdot \lambda \cdot \mu_1 \cdot n^2,$$

$$N_1 = \pi \frac{0,036^3 * 0,005 * 0,8}{0,00015 * 0,065} = 444 \text{ Вт}$$

Для розрахунку N_2 визначаємо швидкість зсуву для матеріалу, що знаходиться у гвинтовому каналі черв'яка за рівнянням, згідно з [1]:

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\dot{\gamma}_2 = \frac{\pi^2 (D - h_2)(D - 2h_2)n}{h_2 \sqrt{\pi^2 (D - 2h_2)^2 - t^2}},$$

$$\gamma_2 = \frac{\pi^2 * (0,036 - 0,0035) * (0,036 - 2 * 0,0035) * 1,25}{0,0035 * \sqrt{\pi^2 * (0,036 - 2 * 0,0035)^2 - 0,065^2}} = 157 \text{ c}^{-1}$$

Ефективна в'язкість розплаву при цій швидкості зсуву буде складати, згідно з [1]:

$$\mu_2 = \mu_0(T) \cdot \left(\dot{\gamma}_2 \right)^{m-1},$$

$$\mu_2 = 16200 \cdot 157,02^{(0,43-1)} = 900,75 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Потужність, яка витрачається на подолання тертя маси у гвинтовому каналі черв'яка визначаємо за рівнянням, згідно з [1]:

$$N_2 = \pi \frac{t-e}{t} (\pi^2 D^2 - 4h_2^2) \cdot \lambda \cdot L_H \cdot \mu_2 \cdot n^2 + \frac{\alpha}{K} \mu_2 \cdot Q \cdot n,$$

$$N_2 = \pi \frac{0,065 - 0,005}{0,065} (\pi^2 * 0,036^2 - 4 * 0,035^2) * 1 * 0,8 * 900,75 * 1,25^2 + \frac{5,11 * 10^{-4}}{0,3 * 10^{-9}} * 900,75 * 3,43 * 10^{-6} * 1,25 = 6689 \text{ Вт}$$

Потрібна потужність приводного двигуна:

$$N = (444 + 6689)/0,4 = 17832,9 \text{ Вт} \quad [1];$$

Після отримання розрахованого значення N, можна вибрати відповідний двигун, який забезпечить необхідну потужність.

Основні позначення вихідних даних:

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

D: діаметр черв'яка;

l/d: відношення робочої довжини черв'яка до діаметра;

i: ступінь стискування черв'яка;

λ : кількість заходів черв'яка;

n: кількість обертів черв'яка за секунду;

δ : зазор між гребенем черв'яка та циліндром;

K: коефіцієнт форми для формуючого інструменту (голівки);

m, $\mu_0(T)$: константи степеневого закону в'язкості;

η : коефіцієнт корисної дії, який враховує втрати потужності в механічній частині, дисипативні та інші втрати.

2.3. КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ГОЛОВКИ ЧЕРВ'ЯЧНОГО ЕКСТРУДЕРА

2.3.1. РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТА ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ ГОЛОВКИ

Застосування спрощеного аналітичного методу в формулах дозволяє визначити характеристики каналів простих форм з достатньою точністю для практичних розрахунків. Для проведення розрахунку ми розбиваємо всю траєкторію проходження розплаву через канал головки на декілька простіших компонентів.

Згідно з джерелом [1], маємо канал циліндричної форми з круглим перерізом

$$K_o = \frac{\pi \cdot d^4}{128 \cdot L},$$

В розглядуваній ситуації, d відповідає діаметру круглого циліндричного каналу, а L позначає його довжину.

					ЛП91.037244.01 -70РР	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_1 = \frac{3,14 \cdot 3,6^4}{128 \cdot 60} = 0,1 \text{ см}^3. \quad [1];$$

Маємо кільцевий канал з конічною формою, в якому присутня конічна щілина.

$$K_{kk} = \frac{\pi(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)}{6 \cdot L \cdot m}$$

- R1 відповідає середньому радіусу отвору на вході до конічного каналу з конічною щілиною.
- R0 відповідає середньому радіусу отвору на виході з конічного каналу з конічною щілиною.
- δ_1 представляє висоту щілини на вході матеріалу до кільцевої щілини.
- δ_2 відповідає висоті щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини.
- L позначає довжину конічного каналу з конічною щілиною.

$$m = \frac{2,3(R_0 - R_1)^2}{(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)^2} \cdot \lg \frac{R_0 \cdot \delta_2}{R_1 \cdot \delta_1} - \frac{(R_0 - R_1) \cdot (\delta_1 - \delta_2)}{(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1) \cdot \delta_1 \cdot \delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2 \cdot \delta_1^2 \cdot \delta_2^2},$$

$$m = \frac{2,3 \cdot (0,7 - 9,5)^2}{(0,7 \cdot 1 - 9,5 \cdot 1)^2} \cdot \lg \frac{0,7 \cdot 1}{9,5 \cdot 1} - \frac{(0,7 - 9,5) \cdot (1 - 1)}{(0,7 \cdot 1 - 9,5 \cdot 1) \cdot 1 \cdot 1} - \frac{1^2 - 1^2}{2 \cdot 1^2 \cdot 1^2} = -2,6 \frac{1}{\text{см}^2}.$$

, [1];

$$K_2 = \frac{3,14 \cdot (0,7 \cdot 1 - 9,5 \cdot 1)}{6 \cdot 16 \cdot (-2,6)} = 0,11 \text{ см}^3., \quad [1];$$

4. Згідно з посиланням [1], розглядається конічний кільцевий канал з присутністю конічної щілини.

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{kk} = \frac{\pi(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)}{6 \cdot L \cdot m}, \quad [1];$$

$$m = \frac{2,3(R_0 - R_1)^2}{(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)^2} \cdot \lg \frac{R_0 \cdot \delta_2}{R_1 \cdot \delta_1} - \frac{(R_0 - R_1) \cdot (\delta_1 - \delta_2)}{(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1) \cdot \delta_1 \cdot \delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2 \cdot \delta_1^2 \cdot \delta_2^2}, \quad [1];$$

$$m = \frac{2,3 \cdot (9,4 - 9,8)^2}{(9,4 \cdot 0,4 - 9,8 \cdot 1)^2} \cdot \lg \frac{9,4 \cdot 0,4}{9,8 \cdot 1} - \frac{(9,4 - 9,8) \cdot (1 - 0,4)}{(9,4 \cdot 0,4 - 9,8 \cdot 1) \cdot 1 \cdot 0,4} - \frac{1^2 - 0,4^2}{2 \cdot 1^2 \cdot 0,4^2} = -2,7 \frac{1}{\text{см}^2}.$$

5. Згідно з посиланням [1], розглядається конічний кільцевий канал з присутністю конічної щілини.

$$K_{kk} = \frac{\pi(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)}{6 \cdot L \cdot m},$$

R1 відображає середній радіус отвору на вході;

R0 представляє середній радіус отвору на виході;

δ1 вказує на висоту щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину;

δ2 показує висоту щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини;

L відображає довжину конічного каналу з конічною щілиною.

$$m = \frac{2,3(R_0 - R_1)^2}{(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)^2} \cdot \lg \frac{R_0 \cdot \delta_2}{R_1 \cdot \delta_1} - \frac{(R_0 - R_1) \cdot (\delta_1 - \delta_2)}{(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1) \cdot \delta_1 \cdot \delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2 \cdot \delta_1^2 \cdot \delta_2^2},$$

$$m = \frac{2,3 \cdot (9,5 - 15,8)^2}{(9,5 \cdot 0,2 - 15,8 \cdot 0,73)^2} \cdot \lg \frac{9,5 \cdot 0,2}{15,8 \cdot 0,73} - \frac{(9,5 - 15,8) \cdot (0,73 - 0,2)}{(9,5 \cdot 0,2 - 15,8 \cdot 0,73) \cdot 0,73 \cdot 0,2} - \frac{0,73^2 - 0,2^2}{2 \cdot 0,73^2 \cdot 0,2^2} = -14,72 \frac{1}{\text{см}^2}$$

$$K_4 = \frac{3,14 \cdot (9,5 \cdot 0,2 - 15,8 \cdot 0,73)}{6 \cdot 8 \cdot (-14,72)} = 0,43 \text{ см}^3.$$

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Відповідно до джерела [1], загальний коефіцієнт геометричної форми для всієї головки можна обчислити як суму опорів окремих сегментів ГОЛОВКИ.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\hat{E}_1} + \frac{1}{\hat{E}_2} + \frac{1}{\hat{E}_3} + \frac{1}{\hat{E}_4} + \frac{1}{\hat{E}_5}},$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{0,07} + \frac{1}{0,11} + \frac{1}{0,35} + \frac{1}{1,17} + \frac{1}{0,043}} = 0,0199 \text{ см}^3.$$

2.3.2. РОЗРАХУНОК ПЕРЕПАДУ ТИСКУ В ЕКСТРУЗІЙНІЙ ГОЛОВЦІ

Відповідно до джерела [1], перепад тиску в головці можна обчислити за допомогою формули при відомих значеннях продуктивності та коефіцієнта геометричної форми головки.

$$\Delta P = \frac{Q \cdot \mu_3}{K}$$

У вихідних даних використовуються такі позначення:

Q представляє продуктивність черв'ячної машини,

K - коефіцієнт геометричної форми головки,

μ_3 - ефективна в'язкість, яка визначається графічно.

Падіння тиску в головці складається з втрат тиску на окремих ділянках. При обчисленні коефіцієнта геометричної форми головки враховуються окремі ділянки, які створюють опір розплаву в головці, і їх сума дає загальне падіння тиску.

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для циліндричного круглого каналу швидкість зсуву можна визначити за формулою з джерела [1].

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

У розглянутій системі використовуються наступні позначення:

- Q представляє собою продуктивність черв'ячної машини;
- d відповідає діаметру циліндричного круглого каналу.

$$S_1 = \frac{32 \cdot 57,26}{3,14 \cdot 3,6^3} = 12,5 \text{ c}^{-1}.$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість ПВХ при температурі розплаву 190°C и швидкості зсуву 12,5 c⁻¹

$$\mu_{y1} = 16 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}., \quad [1];$$

Перепад тиску в круглому циліндричному каналі складає :

$$\Delta P_1 = \frac{57,26 \cdot 16 \cdot 10^3}{0,07} = 13,1 \text{ МПа}, \quad [1];$$

2. Для конічного каналу швидкість зсуву визначається за формулою:

$$S = \frac{2,32 \cdot Q}{\pi \cdot (R_0 + R_1) \cdot (\delta_1 + \delta_2)^2}, \quad [1];$$

R1 представляє середній радіус отвору на виході;

R0 представляє середній радіус отвору на вході;

δ1 описує висоту щілини на вході матеріалу у кільцеву щілину;

δ2 описує висоту щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини.

$$S_2 = \frac{2,32 \cdot 57,26}{3,14 \cdot (0,7 + 9,5) \cdot (1 + 1)^2} = 1,04 \text{ c}^{-1}., \quad [1];$$

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шляхом аналізу графіка, ми встановлюємо значення ефективної в'язкості поліетилену при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву 1,04.

$$\mu_{e3} = 25 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad [1];$$

Перепад тиску в кіничному каналі:

$$\Delta P_2 = \frac{57,26 \cdot 25 \cdot 10^3}{0,11} = 13,0 \text{ МПа}, \quad [1];$$

3. Формулою визначається швидкість зсуву для кіничного кільцевого каналу з кіничною щілиною.

$$S = \frac{22,32 \cdot Q}{\pi \cdot (R_0 + R_1) \cdot (\delta_1 + \delta_2)^2}, \quad [1];$$

R1 представляє собою середній радіус на виході;

R0 представляє собою середній радіус на вході;

δ_1 описує висоту щілини на вході матеріалу у кільцеву щілину;

δ_2 описує висоту щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини.

$$S_3 = \frac{22,32 * 57,26}{3,14 * (9,4 + 9,8) * (1 + 0,4)^2} = 10,82 \text{ с}^{-1}, \quad [1];$$

Шляхом використання графіка, визначаємо ефективну в'язкість поліетилену при температурі розплаву 190 °C та швидкості зсуву 10,82 см/сек.

$$\mu_{e5} = 18 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad [1];$$

Перепад тиску в кіничному каналі:

$$\Delta P_3 = \frac{57,26 * 18 * 10^3}{1,17} = 0,88, \quad [1];$$

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Формулою визначається швидкість зсуву для конічного кільцевого каналу з конічною щілиною.

$$S = \frac{22,32 \cdot Q}{\pi \cdot (R_0 + R_1) \cdot (\delta_1 + \delta_2)^2},$$

- R_1 представляє собою середній радіус на виході;
- R_0 представляє собою середній радіус на вході;
- δ_1 описує висоту щілини на вході матеріалу у кільцеву щілину;
- δ_2 описує висоту щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини.

$$S_4 = \frac{22,32 * 57,26}{3,14 * (9,5 + 15,8) * (0,73 + 0,2)^2} = 18,6 \text{ c}^{-1}$$

Шляхом аналізу графіка, ми знаходимо ефективну в'язкість ПВХ при температурі розплаву 190 °С і швидкості зсуву 18,6 см/сек.

$$\mu_{в4} = 20 * 10^3 \text{ Па} * \text{с}, \quad [1];$$

Перепад тиску в конічному каналі:

$$\Delta P_4 = \frac{57,26 * 20 * 10^3}{0,043} = 9,6 \text{ МПа}, \quad [1];$$

Сумарний тиск в головці;

$$\begin{aligned} \sum \Delta P &= \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 = 13,1 + 13 + 0,88 + 9,6 \\ &= 36,5, \quad [1]; \end{aligned}$$

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ

2.5.1. РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА НА СТИСК

Основною метою розрахунку є визначення, чи здатний черв'як витримати навантаження і працювати ефективно. Черв'як підділяється наступними силовими факторами:

- Осьові сили P_{oc} , що діють вздовж осі черв'яка.
- Рівномірно розподілене навантаження, що виникає від ваги самого черв'яка (q).
- Обертальний момент ($M_{об}$), що створюється при обертанні черв'яка.

На рисунку 2.1 показана схема навантаження черв'яка та розподіл напружень, що виникають. Розраховуємо крутний момент, згідно [6]:

$$M_{кр} = \frac{9550 * N}{n} = \frac{9550 * 80}{150} = 5,09 * 10^3 \text{ Н} * \text{м}.$$

$N=80$, яке представляє потужність, споживану черв'яком, в кіловатах.

$n=150$, що вказує на швидкість обертання черв'яка, в обертах на хвилину. Осьове зусилля, згідно з [6]:

$$P_{oc} = \frac{2 * M_{кр}}{D} = \frac{2 * 5,09 * 10^3}{0,036} = 29,1 \text{ кН}$$

$D=0,036$, що є зовнішнім діаметром черв'яка, виміряним у метрах.

$\varphi=18,19^\circ$ - представляє кут підйому нарізки.

Навантаження, що виникає внаслідок власної ваги, розподіляється згідно з даними, приведеними у джерелі [6].

$$q = \frac{9.81 * G}{l_p} = \frac{9.81 * 45,4}{1,89} = 235,6 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де G- маса черв'яка, кг;

$l_p=3,125$ - довжина робочої частини, м.

$$G = \frac{\pi * D^2}{4} * \rho * l_p = \frac{3,14 * 0,036^2 * 7710 * 1.89}{4} = 14,8 \text{ кг.} \quad [6];$$

$$M_{\max} = \frac{1}{2} * q * l_p^2 = \frac{1}{2} * 235,6 * 1,89^2 = 420.8 \text{ Н * м.} \quad [6];$$

W_x - осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi * d^3 (1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3,14 * 0,047^3 (1 - 0,29^4)}{32} \\ = 1,01 * 10^{-5} \text{ Н * м.} \quad [6];$$

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

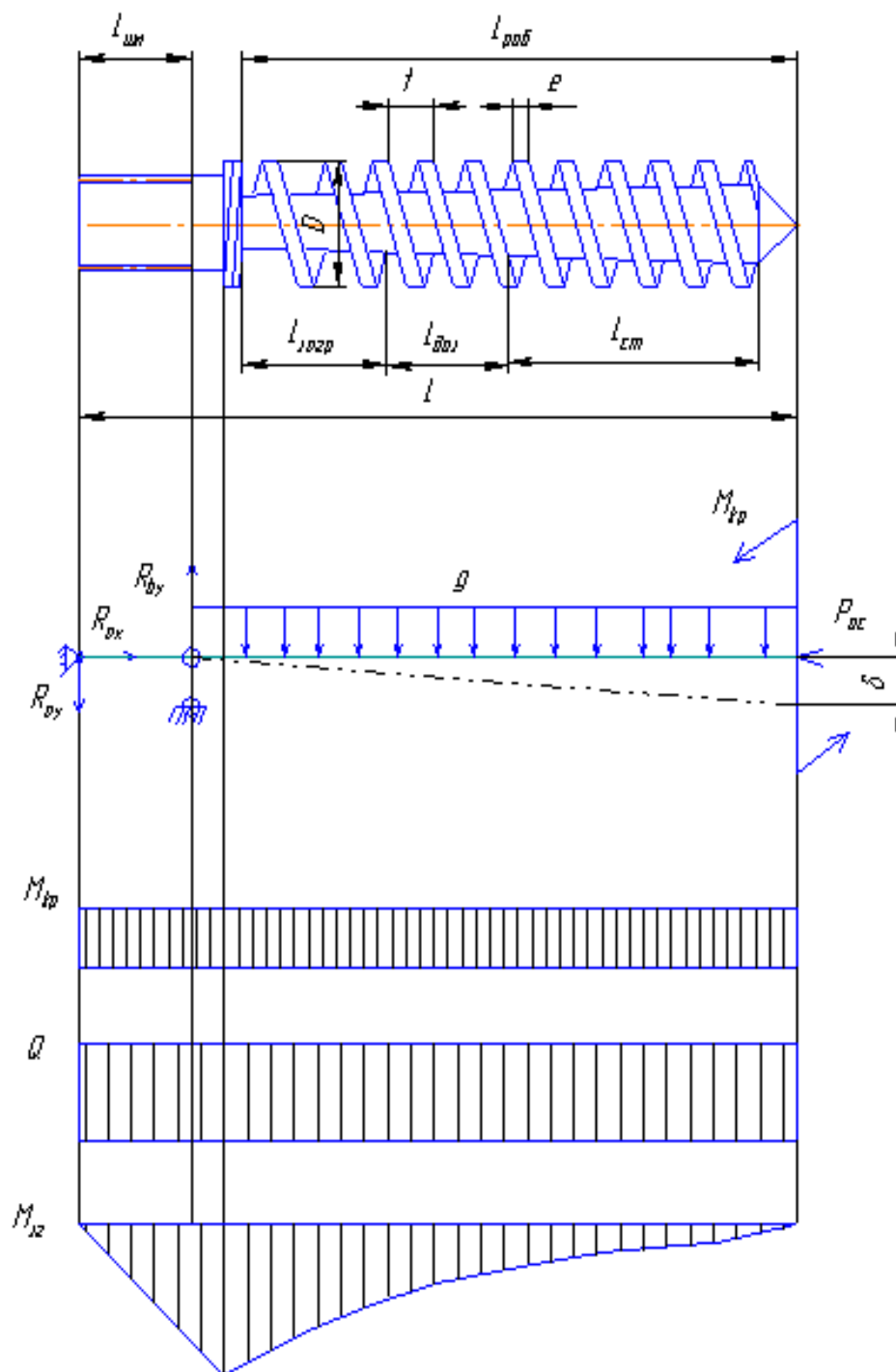


Рисунок 2.1-Розрахункова схема шнека та епюри напружень.

Стискне напруження, згідно з [6]:

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

F - це площа критичного перерізу, який знаходиться під завантажувальною воронкою на початку нарізки. В цьому місці спостерігаються найбільші навантаження і найменша площа, і враховується лише площа перерізу витків.

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

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

d_o - діаметр осердя в зоні завантаження;

Дотичне напруження, згідно з [6]:

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

де W_p - полярний момент опору, згідно з [6]:

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

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

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності, згідно з [6]:

$$\sigma_{ст} = \sqrt{\sigma_{ст}^2 + 4 * \tau^2} = \sqrt{84,8^2 + 4 * 252^2} = 511 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу повинен бути більшим за допустиме значення.

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

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для сталі 38Х2МЮА, яка має міцність 880 МПа, зазвичай використовують значення допустимого коефіцієнта запасу в діапазоні від 1,6 до 2,5 [].

$$n = \frac{880}{511} = 1.72$$

$$\in [1,6; 2,5]$$

Умова міцності черв'яка виконується.

2.5.2. РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА НА КРУЧЕННЯ

Ми проводимо перевірку найбільш вразливого перерізу на здатність до кручення, згідно з [6]:

$$N_t = \frac{\tau_1}{\tau_\rho \left(\frac{k_\tau}{\beta * \varepsilon_\tau} + \xi_\tau \right)} = \frac{252 * 10^6}{32,2 * 10^6 \left(\frac{1,9}{0,9 * 0,59} + 0,05 \right)} = 2,16$$

Максимальне напруження, при якому відбувається втома при крученні для сталі 38Х2МЮА, виражене в паскалях $\tau_1 = 252 \cdot 10^6$

Коефіцієнт, що враховує умови та якість поверхні $\beta = 0,9$

Коефіцієнт концентрації напружень, який враховується в ефективному значенні $K_\tau = 1,9$

коефіцієнт, що враховує вплив змінної складової напруження $\varepsilon_\tau = 0,59$

коефіцієнт, що враховує вплив постійної складової напруження $\zeta = 0,05$

Напруження, обчислене для кручення, як вказано в джерелі [6].

$$\tau_\rho = \frac{M_{кр}}{2 * W_{ro}} = \frac{5,09 * 10^3}{2 * 7,9 * 10^{-5}} = 32,2 \text{ МПа.}$$

W_{ro} представляє собою полярний момент опору крученню перерізу черв'яка, що враховує жорсткість витків.

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{ro} = 2 * \frac{I}{R} = 2 * \frac{9,278 * 10^{-7}}{0,0235} = 7,9 * 10^{-5} \text{ м}^3.$$

Значення $I=9,278 * 10^{-7} \text{ м}^4$ представляє полярний момент інерції перетину черв'яка, а $R=0,0575$ відповідає радіусу сердечника черв'яка. Підставивши ці значення в формулу, отримуємо запас міцності рівний 2,16, що задовольняє встановлені умови.

2.5.3. РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА НА ЖОРСТКІСТЬ

Одним з важливих аспектів є забезпечення необхідної жорсткості, при якій максимальний прогин черв'яка повинен бути меншим за конструкційний зазор. Вихідні дані для розрахунку включають матеріал черв'яка (стал 38Х2МЮА), його діаметр ($d=125 \text{ мм}$), зазор між корпусом і черв'яком ($\delta = 0,3125 \text{ мм}$), модуль пружності ($E=2*10 \text{ МПа}$), полярний момент інерції перетину черв'яка ($I=9,278 * 10^{-7} \text{ м}^4$) та діюче зусилля ($P_{oc} = 406.4 \text{ кН}$). Максимальний прогин може бути обчислений згідно з формулою, зазначеною в [6].

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

де

$$k = \sqrt{\frac{P_{oc}}{E * I}} = \sqrt{\frac{53.1 * 10^3}{2 * 10^{11} * 9,278 * 10^{-7}}} = 1,47$$

$$A = \frac{q \left(l_p - \frac{1}{k} \sin(k l_p) \right)}{k * \cos(k l_p)} = \frac{2,35 \left(1,89 - \frac{1}{0,53} \sin(1,89 * 0,53) \right)}{0,53 * \cos(0,53 * 1,89)} = 8,24$$

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальний прогин, згідно з [6] :

$$\delta_{max} = \frac{1}{2 * 10^{11} * 9,278 * 10^{-7}} \left[\frac{2,35}{0,53^2} \left(\frac{1}{0,53^2} + \frac{1,89}{2} \right) - \frac{1}{0,53} \left(\frac{1,89}{0,53} + 8,24 * 1,89 \right) * \cos(0,53 * 1,89) - \frac{1}{0,53^2} \left(\frac{2,35 * 1,89}{0,53} - 8,24 \right) \sin(0,53 * 1,89) \right] = 0,08 \text{ мм.}$$

Прогин в межах допустимого .

2.5.4. РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА НА ВИТРИВАЛІСТЬ

Оскільки черв'як піддається впливу згинального моменту, викликаного циклічним навантаженням власною вагою, важливо перевірити його витривалість [5]. Для цього обчислюється коефіцієнт запасу міцності під час циклічного навантаження згідно з формулою, наведеною в [6].

$$n_{\text{ц}} = \frac{\sigma_{-1}}{(k_{\sigma})_d * \sigma_a + \psi_{\sigma} * \sigma_{\delta}} = \frac{0,4 * 880}{4,643 * 41,66 + 0,25 * 0} = 1,82$$

Значення допустимого напруження під час циклічного навантаження знаходиться в діапазоні від 1200 до 1400 МПа. $\sigma_{-1} = 0,4 * \sigma_{\delta}$

Значення амплітуди змінювання напружень в даному випадку коливається від σ_a

$+\sigma_{max} \leq \sigma_a \leq -\sigma_{max}$ де σ_{max} -найбільші напруження від дії згинального моменту, згідно з [6].

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

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середнє напруження циклу, в даному випадку, дорівнює нулю, оскільки цикл є симетричним. Значення ефективного коефіцієнта концентрації напружень, який можна обчислити за допомогою формули згідно з [6], становить 0,25.

$$(k_6)_d = \frac{k_6}{(\beta * \varepsilon)} = \frac{1,95}{1 * 0,42} = 4,643$$

Коефіцієнт концентрації напружень (зазвичай в діапазоні від 1,9 до 2) і коефіцієнт, який враховує якість поверхні деталі (для полірованої поверхні черв'яка рівний 1), а також коефіцієнт, який враховує розмір перерізу деталі і обирається з таблиць, є чинниками, які враховуються у розрахунках. Всі умови, необхідні для розрахунку витривалості черв'яка, виконуються.

2.5.5. РОЗРАХУНОК ШЛІЦЬОВОГО З'ЄДНАННЯ

Для з'єднання валу упорного підшипника з черв'яком використовується шліцьове евольвентне з'єднання, яке відповідає ГОСТ 6033-80 з розмірами 60x1,5x9. Розрахунок цього шліцьового з'єднання здійснюється на зм'яття втулки в місці контакту з бічними поверхнями зубців, відповідно до вказівок в [6].

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

$M_{кр} = 25,4 \text{ кН} \cdot \text{м}$ - крутячий момент, що діє на вал черв'яка,

$\sigma_{зм} = 60 \text{ МПа}$ - допустима напруга зім'яння на бічних поверхнях шліцевих з'єднань,

$\psi = 0,75$ - коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу навантаження між зубцями,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП91.037244.01 -70РР

Арк.

25

$Z = 28$ - кількість зубців,

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

h - робоча висота контактуючих зубців в радіальному напрямку;

r_{cp} - середній радіус, що представляє відстань від осі обертання валу до середини висоти зубця, визначений згідно з [6].

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

- Зовнішній діаметр (D_b) становить 6,0 см.
- Внутрішній діаметр (D_a) відноситься до кола виступів для отворів.
- Модуль (m) дорівнює 0,3 см.

При центруванні по боковим поверхням зубців, згідно з [6]:

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

$$r_{cp} = \frac{6,3 + 5,7}{4} = 3 \text{ см.}$$

$$h = \frac{6,3 - 5,7}{2} = 0,3 \text{ см.}$$

$$\sigma_{\ddot{n}} = \frac{5090}{0,75 \cdot 28 \cdot 0,3 \cdot 20 \cdot 3} = 13,5 \text{ } \ddot{n} \text{ } \grave{a}.$$

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

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

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

2.5.6. РОЗРАХУНОК МОДЕРНІЗОВАНОГО ВУЗЛА ЗА ДОПОМОГОЮ ПП “ANSYS”

У даній конструкції врахована симетрія. В кінцевому елементі, що знаходиться в площині симетрії, встановлений зв'язок, що перпендикулярний цій напрямній. У дослідній частині корпусу конструкції, яка складається з циліндричної оболонки, ми створили модель, що включає їх фрагменти, з'єднані між собою і заповнюють весь об'єм дослідницької конструкції. Вихідна модель була створена за допомогою програми "CATIA V5".

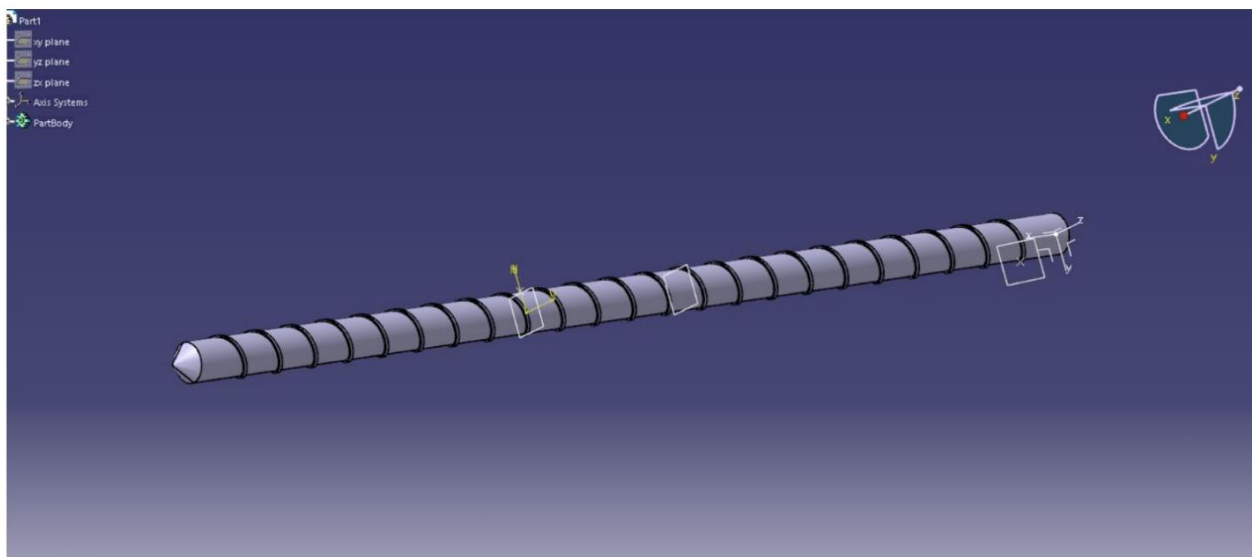


Рисунок 2.8-Скріншот 3D моделі черв'яка екструдера

2.5.7. РОЗРАХУНКОВА МОДЕЛЬ

Оскільки агрегат піддається температурним впливам під час роботи, ми використовуємо модуль "Steady-State Thermal" у програмі ANSYS. У розділі геометрії ми імпортуємо створену тривимірну модель, яка відображена на

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Скріншоті 3D моделі, зображеному на рисунку 2.9.1.

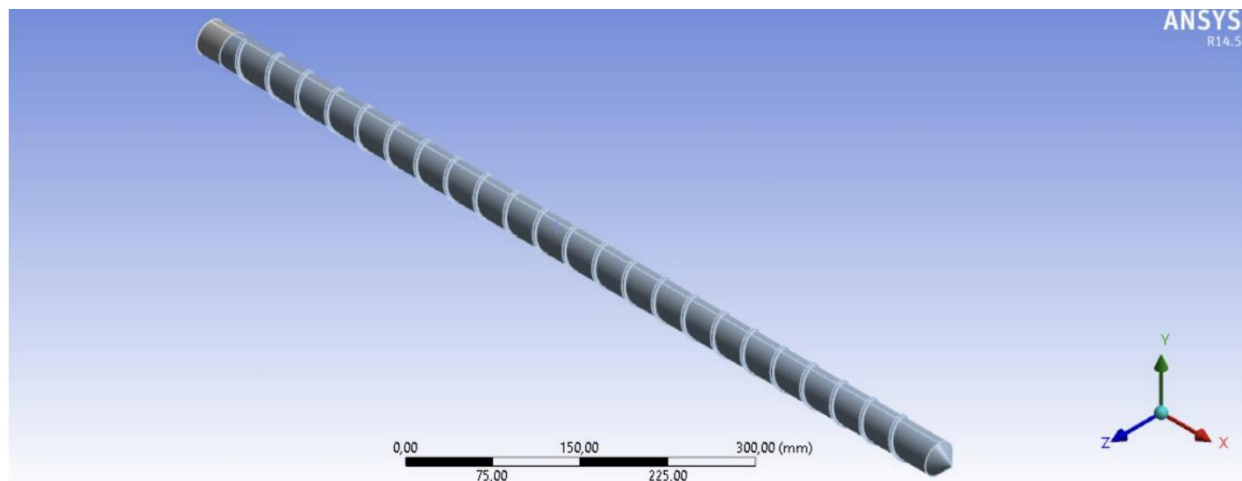


Рисунок 2.9.1 – Скріншот 3D моделі черв'яка екструдера

Для здійснення розрахунку термопружного стану черв'яка, ми поєднали модулі Steady-State Thermal і Static Structural.

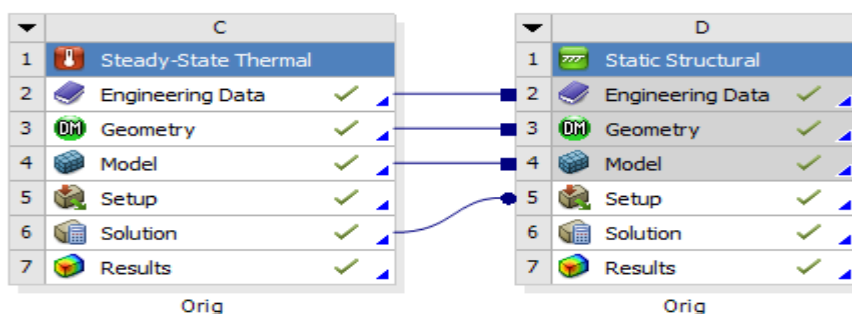


Рисунок 2.9.2 – об'єднані модулі Steady-State Thermal та Static Structural.

Для черв'яка було обрано матеріал - сталь 38Х2МЮА.

2.5.8. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ ТЕРМОПРУЖНОГО СТАНУ ЧЕРВ'ЯКА

На рисунку 2.10.1 зображена геометрична модель базової конструкції черв'яка, а на рисунку 2.10.2 представлена розрахункова сітка.

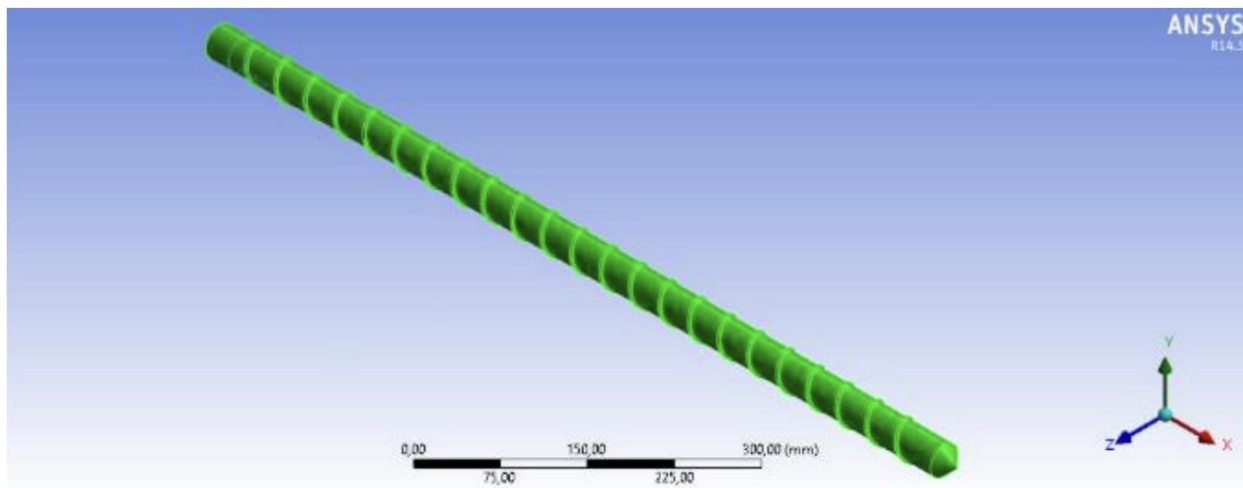
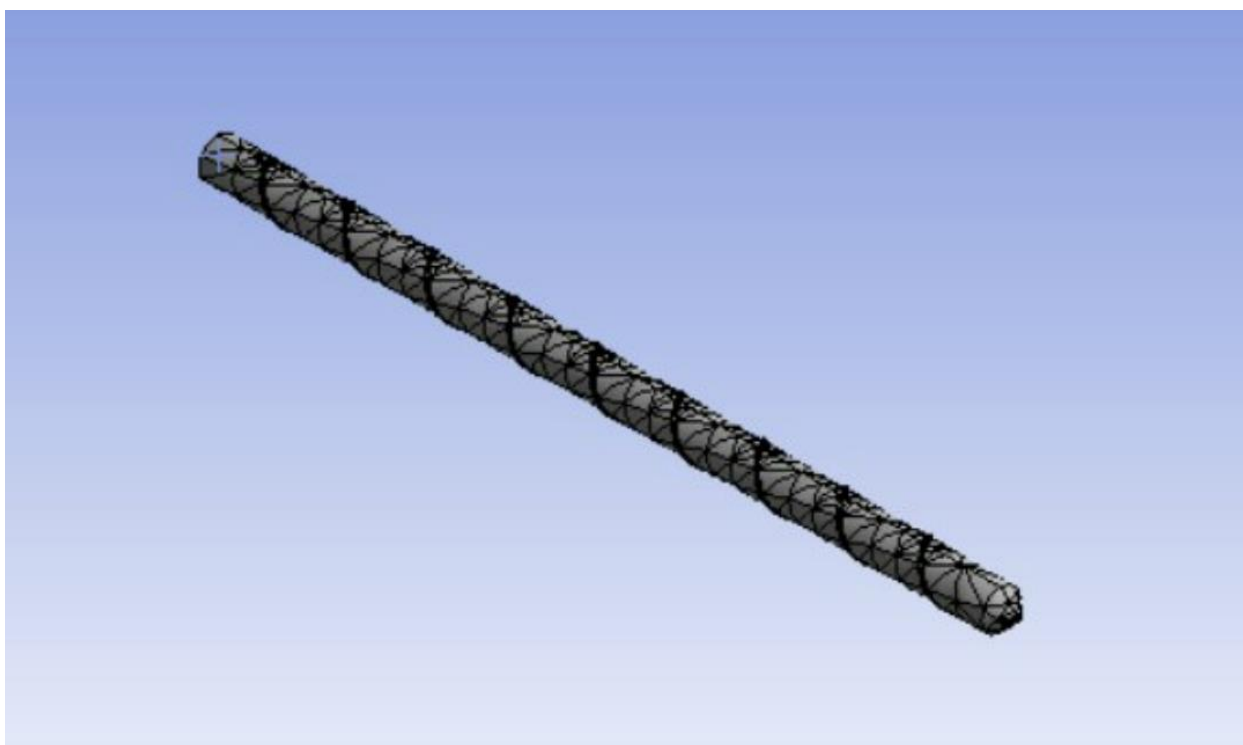


Рисунок 2.10.1 – Базова геометрія для числової моделі



Скінченних елементів становить – 11211

Рисунок 2.10.2 – Розрахункова сітка використовується для числової моделі базової конструкції.

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

До чисельної моделі базової конструкції черв'яка відносяться силові та теплові навантаження, такі як сила тяжіння, інерційна сила, пов'язана з обертанням черв'яка; гідростатичний тиск, що виникає внаслідок завантаження матеріалу в екструдер, і температурне навантаження, що досягає межі третього типу умови. На рисунках 2.10.3 і 2.10.4 зображені закріплення та силові та теплові навантаження, які діють на черв'як.

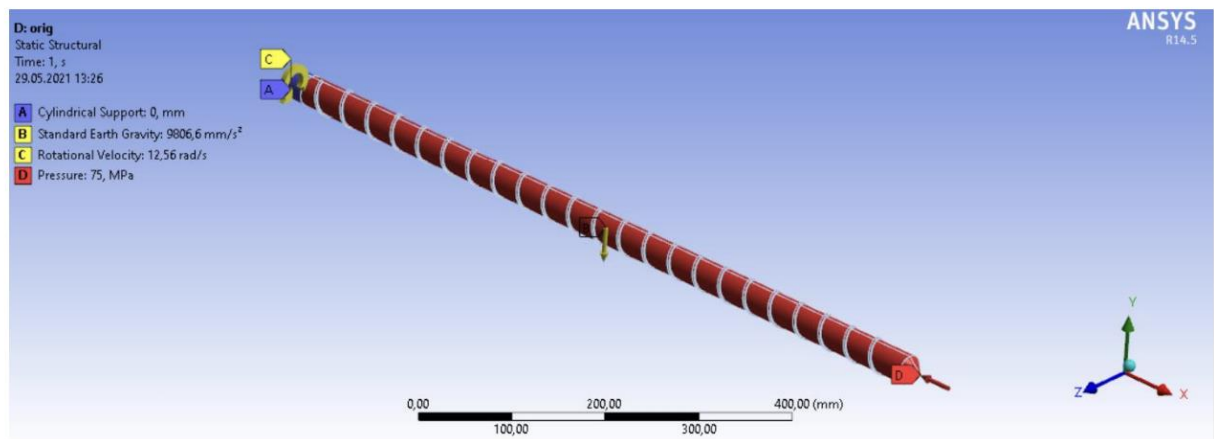


Рисунок 7.6 – Схема закріплення та силового навантаження на модель черв'яка в модулі Static Structural

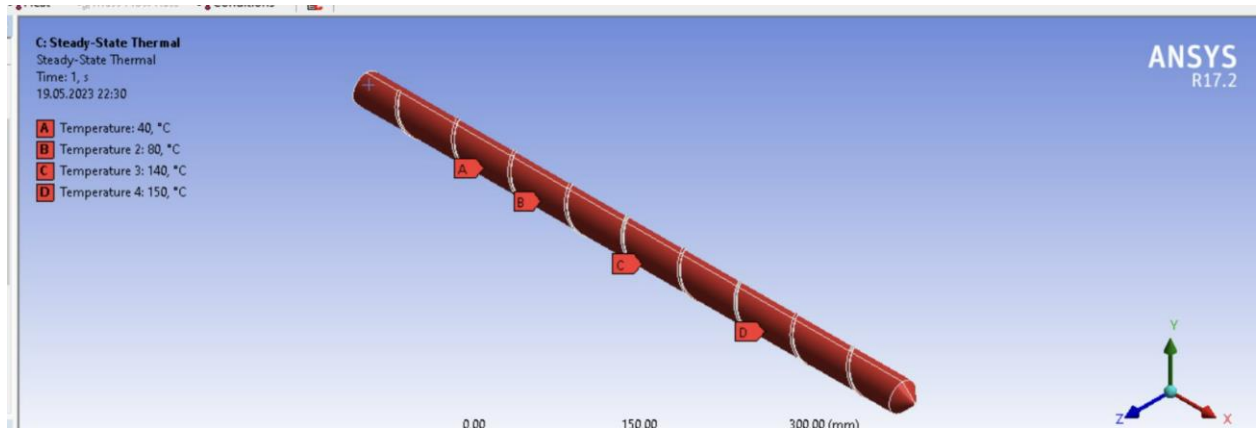


Рисунок 2.10.4 – Схема теплового навантаження на модель черв'яка в модулі Static Structural

Після завершення розрахунків були отримані результати для полів температур, густини теплового потоку, переміщень, еквівалентних напружень за Мізесом і запасу міцності конструкції. Ці результати

представлені на рисунках 2.10.5–2.10.12.

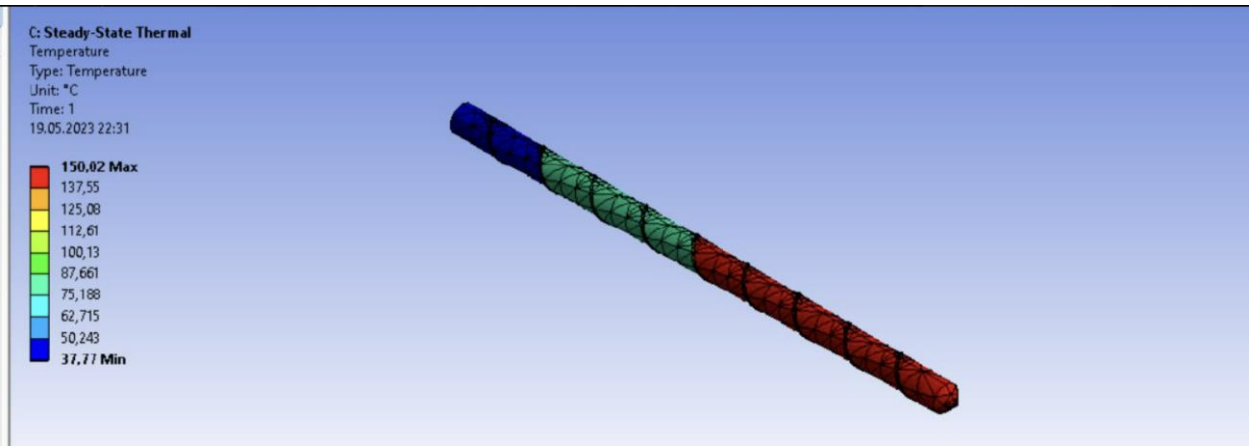


Рисунок 2.10.5 – Поле температур

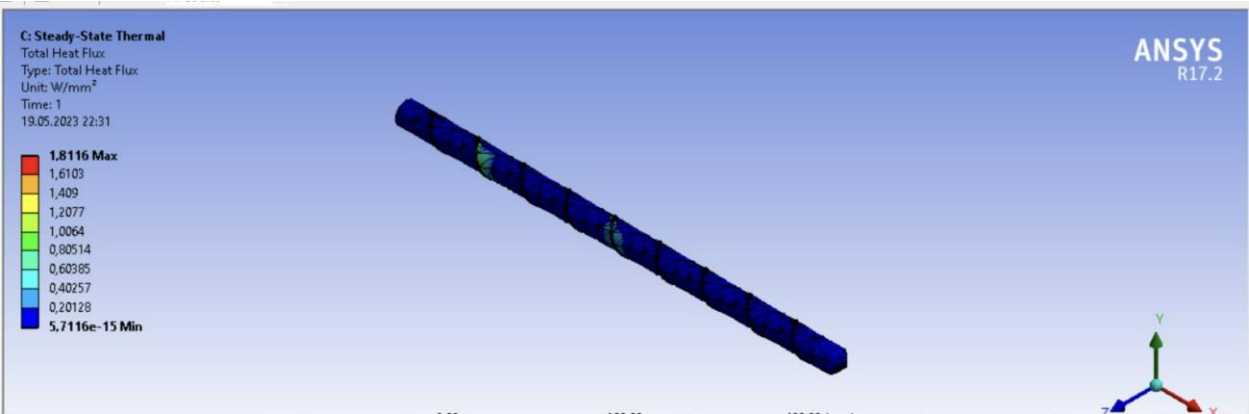


Рисунок 2.10.6 – Поле густини теплового потоку

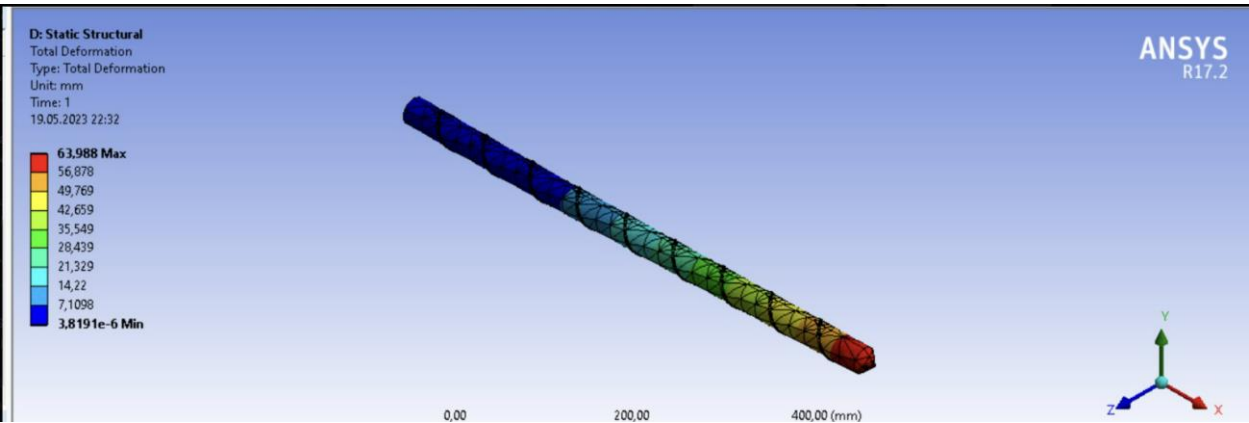


Рисунок 2.10.7 – Поле результуючих переміщень

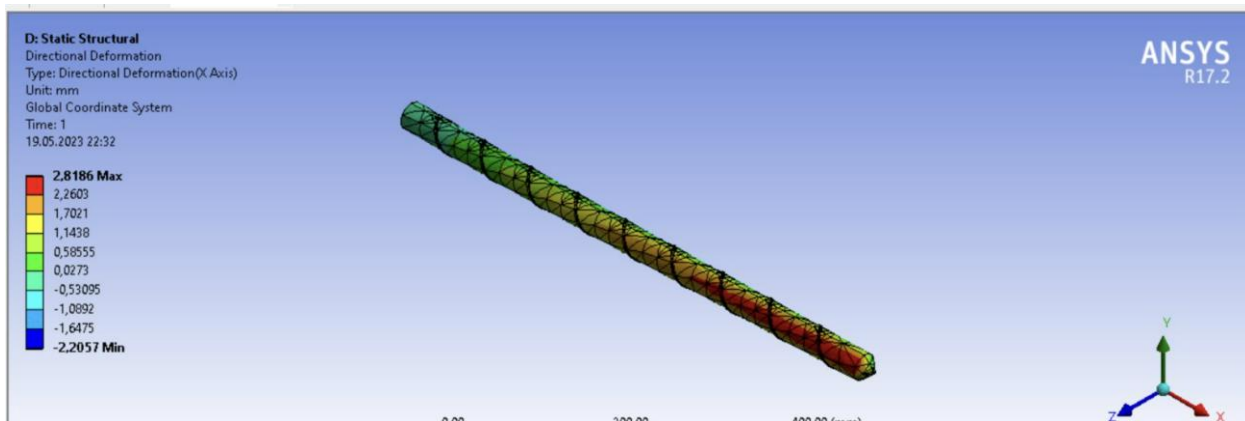


Рисунок 2.10.8 – Поле переміщень в напрямку осі X

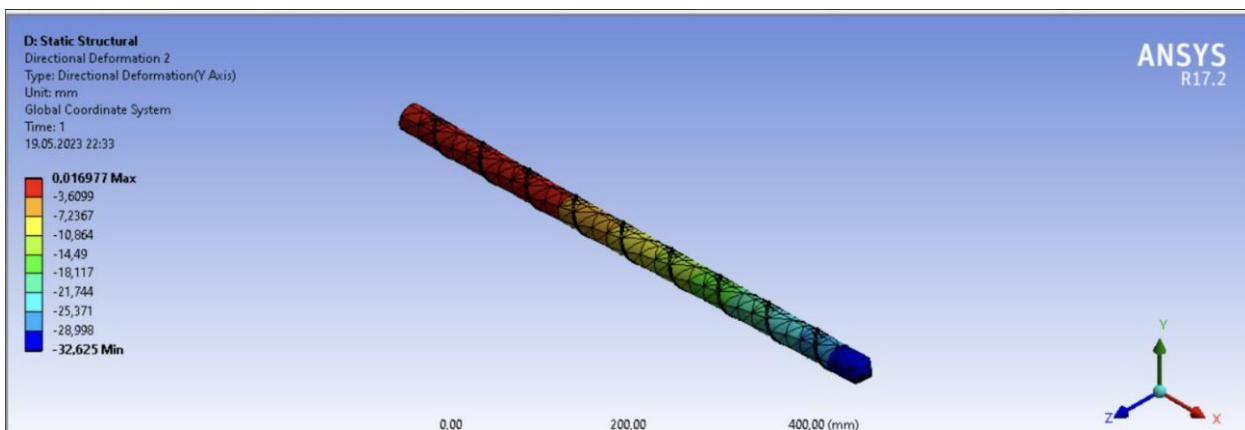


Рисунок 2.10.9 – Поле переміщень в напрямку осі Y

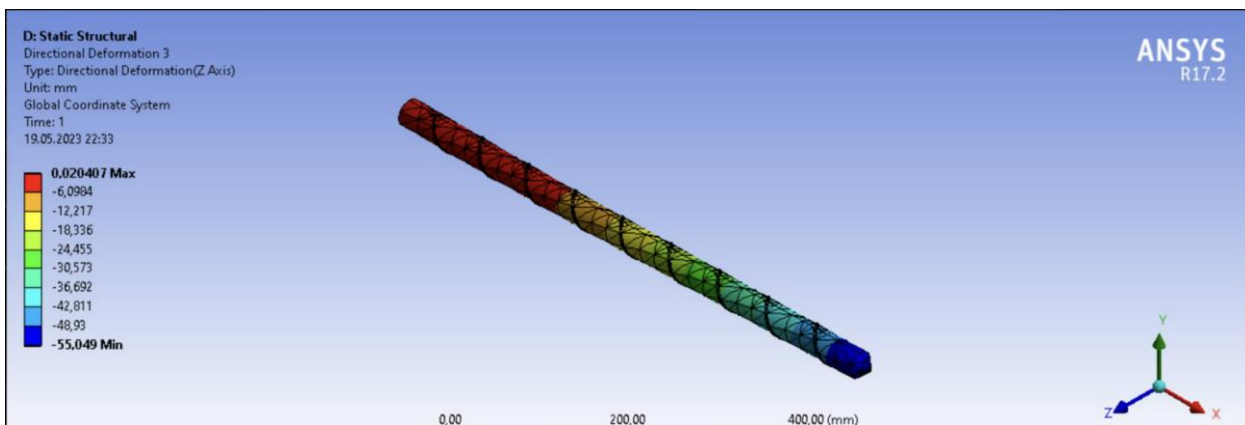


Рисунок 2.10.10 – Поле переміщень в напрямку осі Z

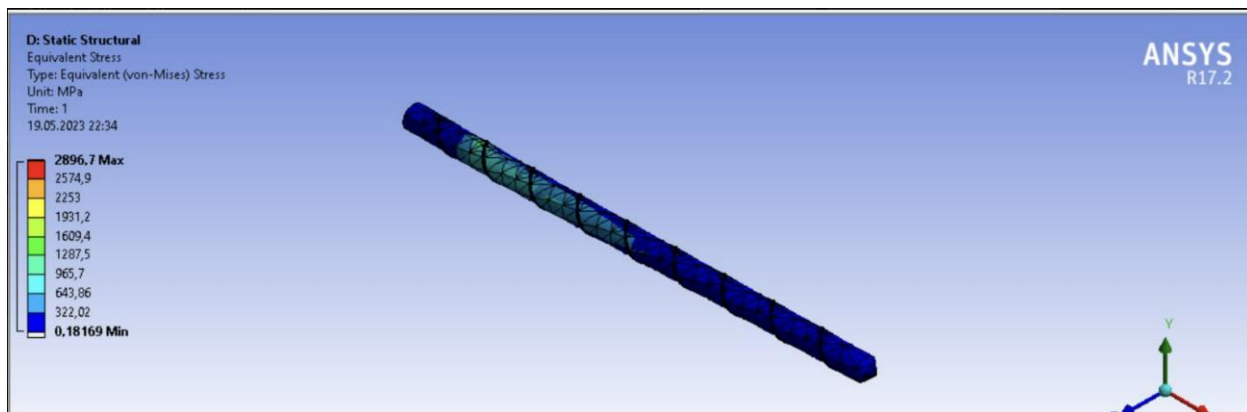


Рисунок 2.10.10 – Скріншот еквівалентних напружень по Мізесу

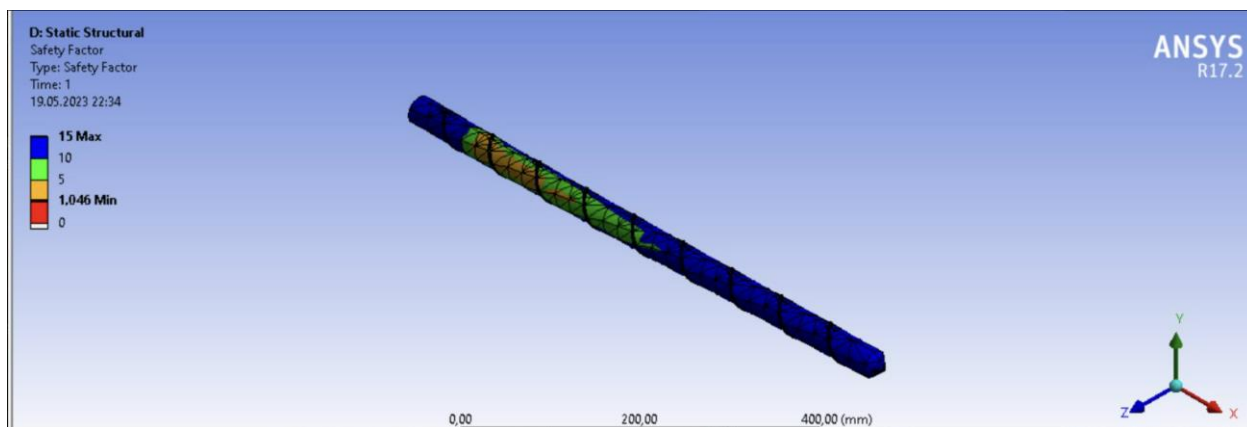


Рисунок 2.10.11 – Поле запасу міцності в цілому

РОЗРАХУНОК МОДЕРНІЗОВАНОЇ ЧЕРВ'ЯКА

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ

Геометричні розміри черв'яка зображені на рисунку 2.11. Температура на початку завантажувального пристрою становить 22 °С. Швидкість потоку матеріалу з повітрям в завантажувальному пристрої складає 30 м/с. Черв'як виготовлений зі сталі 38Х2МЮА, а для розплаву використовується поліетилен низької густини.

Сталь 38Х2МЮА, м: $\lambda = 45,5$ Вт м*К $c = 0,46$ кДж кг*К $\rho = 7830$ кг/м³
 $T = 20,0$ С; $E = 2 \cdot 10^9$ Па; $\mu = 0,3$

ПНГ, м: $\lambda = 47$ Вт м*К $c = 0,24$ кДж кг*К $\rho = 3800$ кг м³

$T = 20,0$ С ; $E = 3,1 \cdot 10^{11}$ Па; $\mu = 0,17$

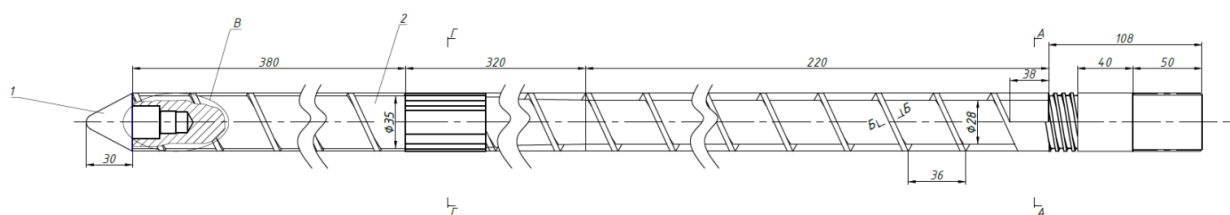


Рисунок 2.11-Геометрична модель черв'яка

ВИБІР РОЗРАХУНКОВОЇ СХЕМИ

Розглянута конструкція має симетричну форму. В кінцевому елементі, який знаходиться в площині симетрії, встановлюється зв'язок, який перпендикулярний цій площині. У зв'язку з тим, що дослідна частина корпусу складається з циліндричної оболонки, ми моделюємо її фрагментами, які взаємодіють між собою і заповнюють весь об'єм конструкції. Початкову модель було створено за допомогою програми "САТІА V5" (див. рисунок 2.11.2).

					ЛП91.037244.01 -70РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

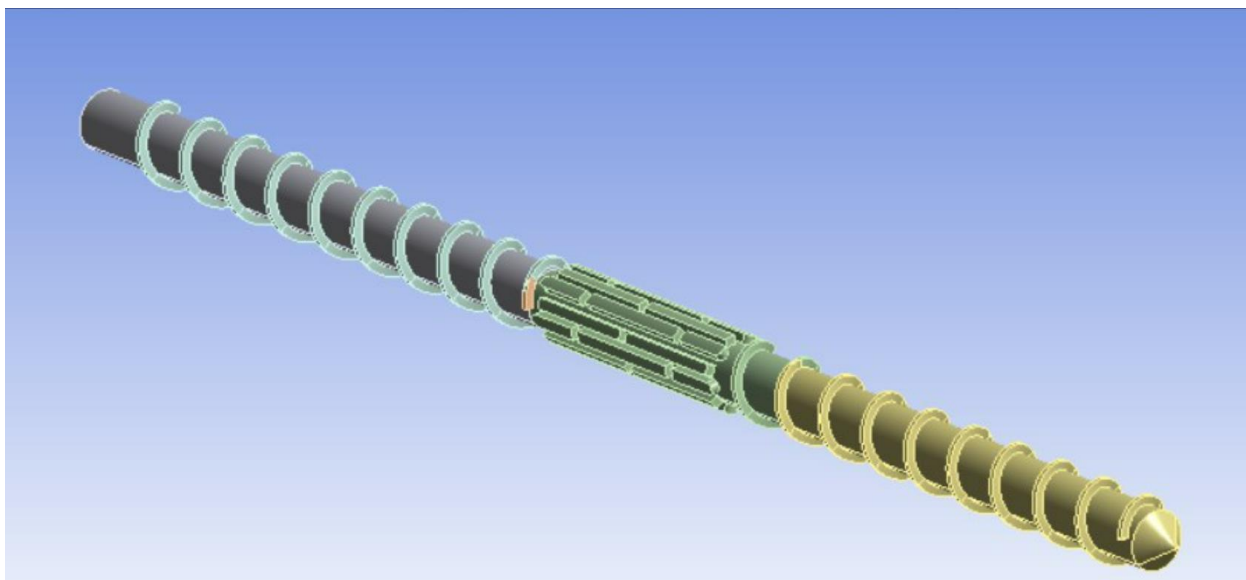


Рисунок 2.11.2 – Скріншот 3D моделі черв'яка

1.1.1.1. РОЗРАХУНКОВА МОДЕЛЬ

Враховуючи температурні навантаження, яким піддається агрегат у процесі роботи, ми створюємо модуль "Steady-State Thermal" в системі ANSYS. В рамках розділу геометрії імпортуємо 3D модель, яку попередньо розрізаємо на дві частини за допомогою допоміжного скетчу. Скріншот розрізаної 3D моделі представлений на рисунку 2.11.3.

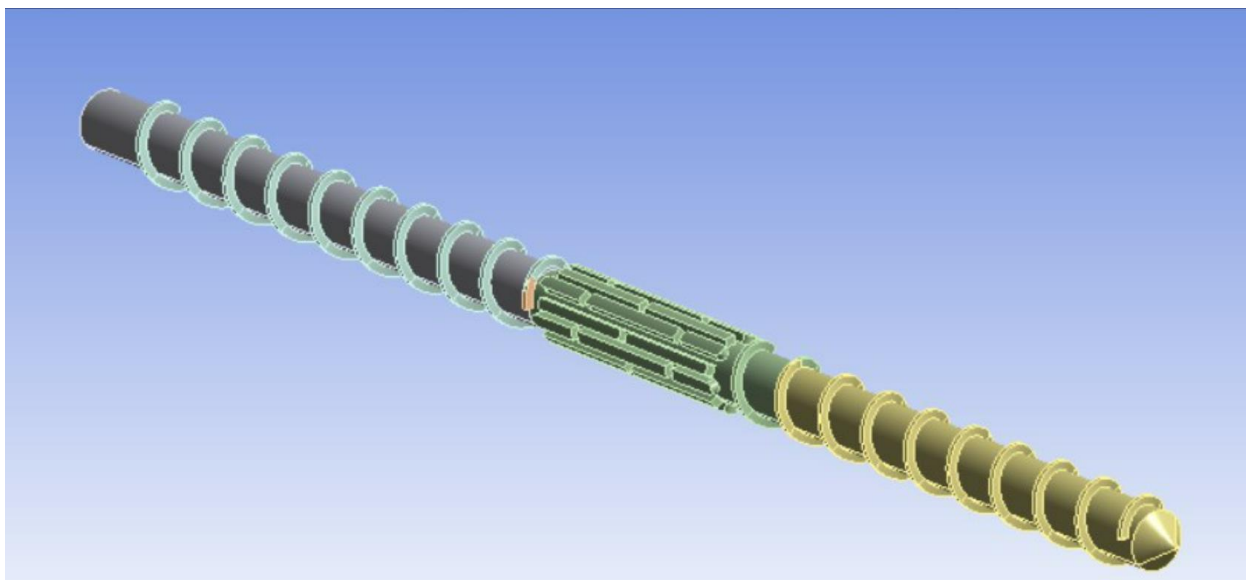


Рисунок 2.11.3 – – Скріншот 3D моделі черв'яка

Для здійснення розрахунків термопружного стану черв'яка було застосовано комбінацію модулів Steady-State Thermal та Static Structural (рисунок 2.11.4).

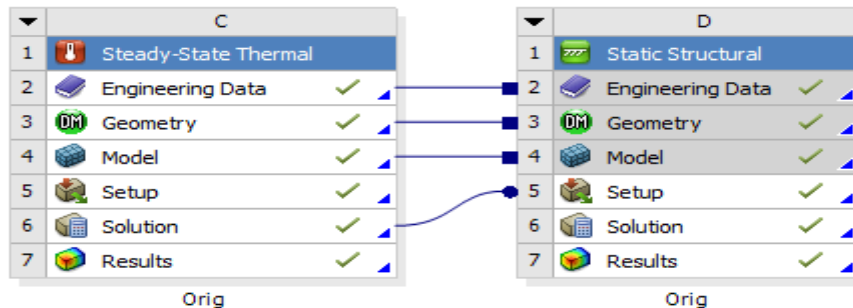


Рисунок 2.11.4 – Скріншот об'єднаних модулів Steady-State Thermal та Static Structural

Для черв'яка було обрано матеріал - сталь 38Х2МЮА.

1.1.1.2. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ ТЕРМОПРУЖНОГО СТАНУ ЧЕРВ'ЯКА З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ГЕОМЕТРІЇ ШНЕКА

Геометрична модель модернізованої конструкції черв'яка наведена на рисунку 2.12.1, а розрахункова сітка – на рисунку 2.12.2.

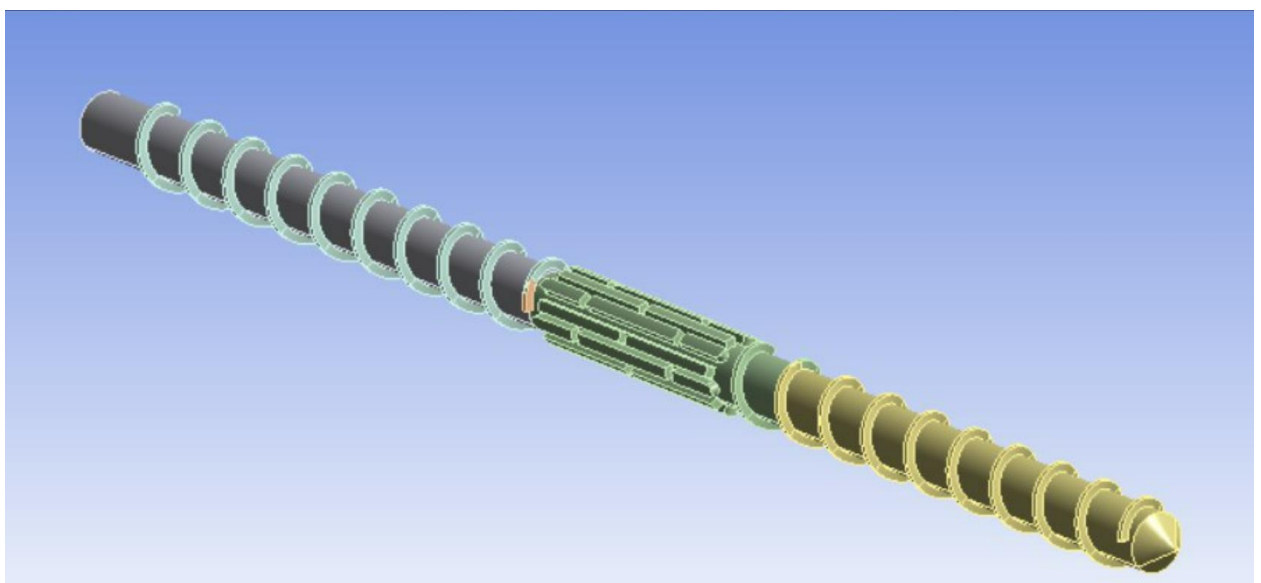
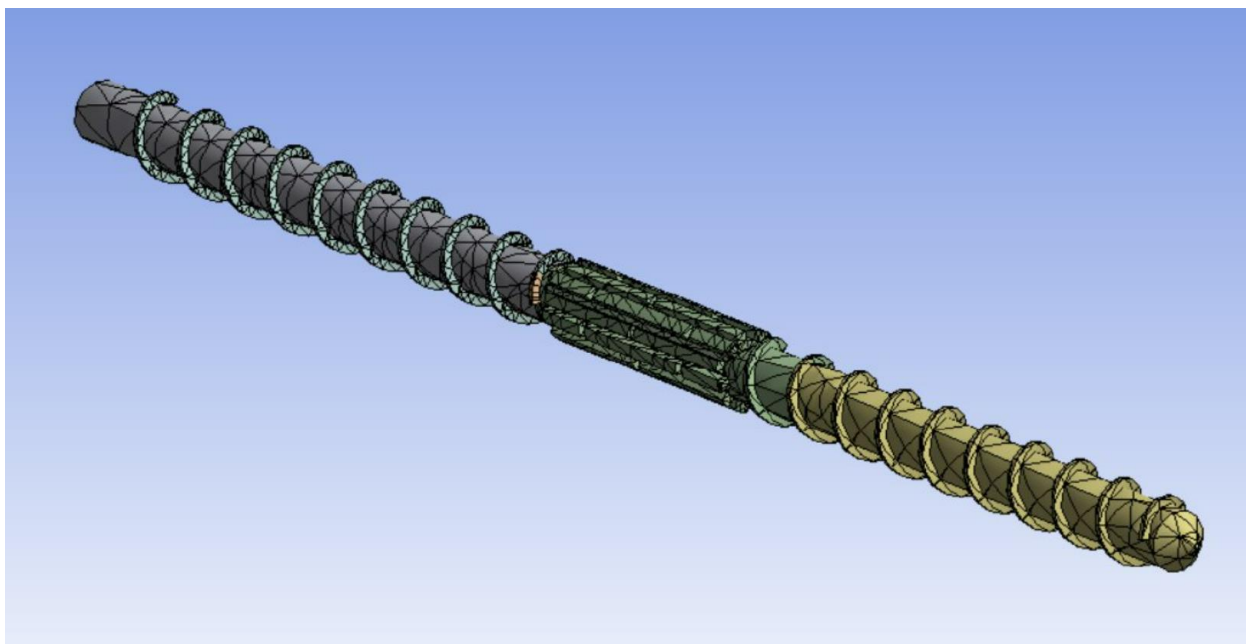


Рисунок 2.12.1 – Базова геометрія для числової моделі



Скінченних елементів – 13877

Рисунок 2.12.2 – Розрахункова сітка числової моделі модернізованої конструкції

Силкові та теплові навантаження, що враховані у чисельній моделі базової конструкції черв'яка, включають: силу тяжіння, інерційну силу, пов'язану з обертанням черв'яка; гідростатичний тиск, зумовлений завантаженням матеріалу в екструдері, та температурне навантаження за межами третього типу умови. Закріплення та силкові та теплові навантаження на черв'як екструдера показані на рисунках 2.12.3 і 2.12.4.

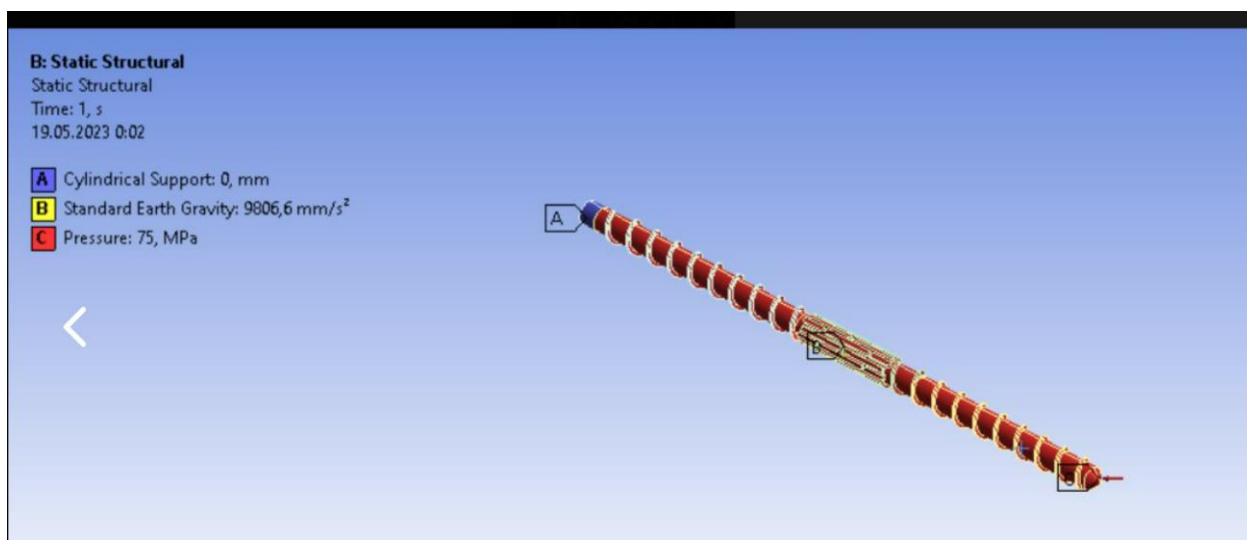


Рисунок 2.12.3 – Схема закріплення та силового навантаження на

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

модель черв'яка з модернізацією в модулі Static Structural

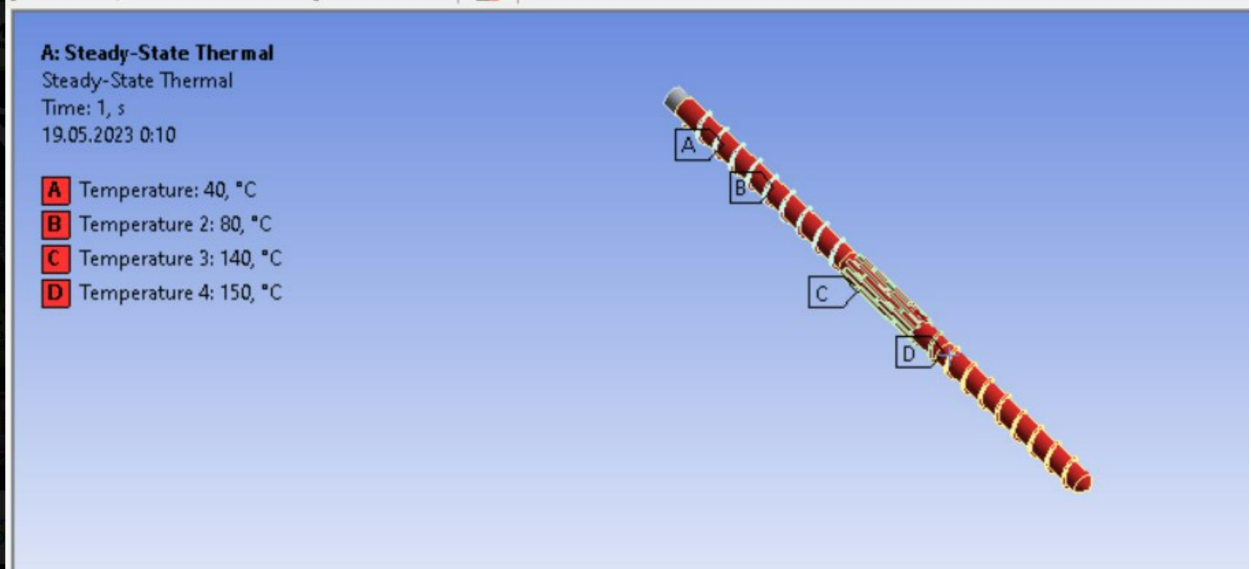


Рисунок 2.12.4 – Схема теплового навантаження на модель черв'яка в модулі Steady-State Thermal

Після завершення обчислень були отримані результати полів температур, густини теплового потоку, переміщень, еквівалентних напружень за критерієм Мізеса та запасу міцності конструкції. Ці результати представлені на рисунках 2.12.5–2.12.12.

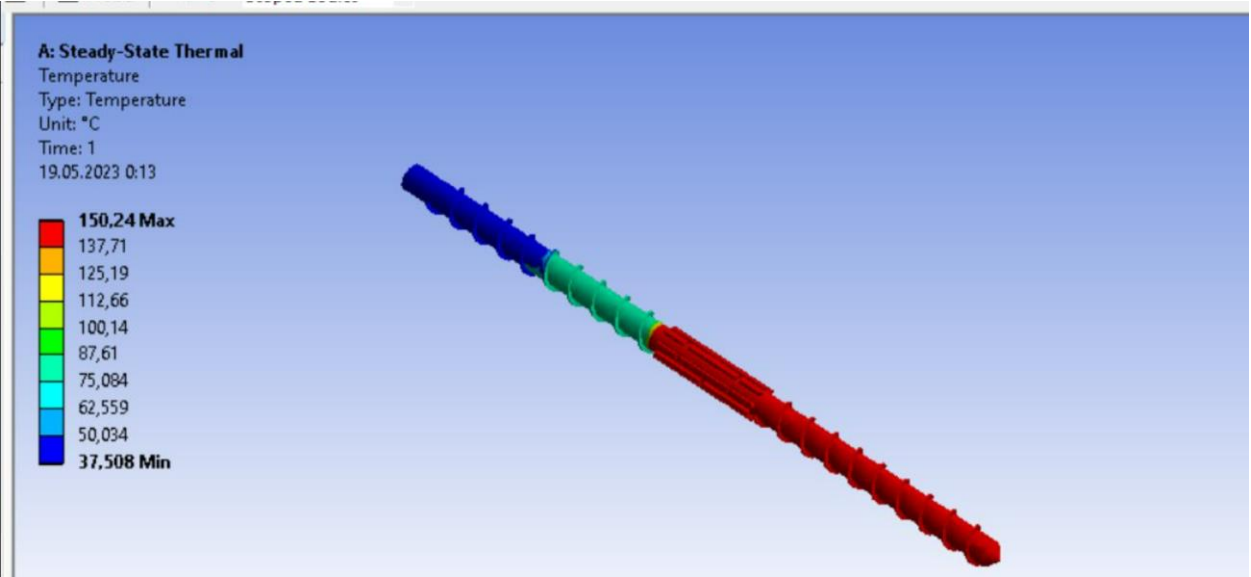


Рисунок 2.12.5 – Поле температур черв'яка

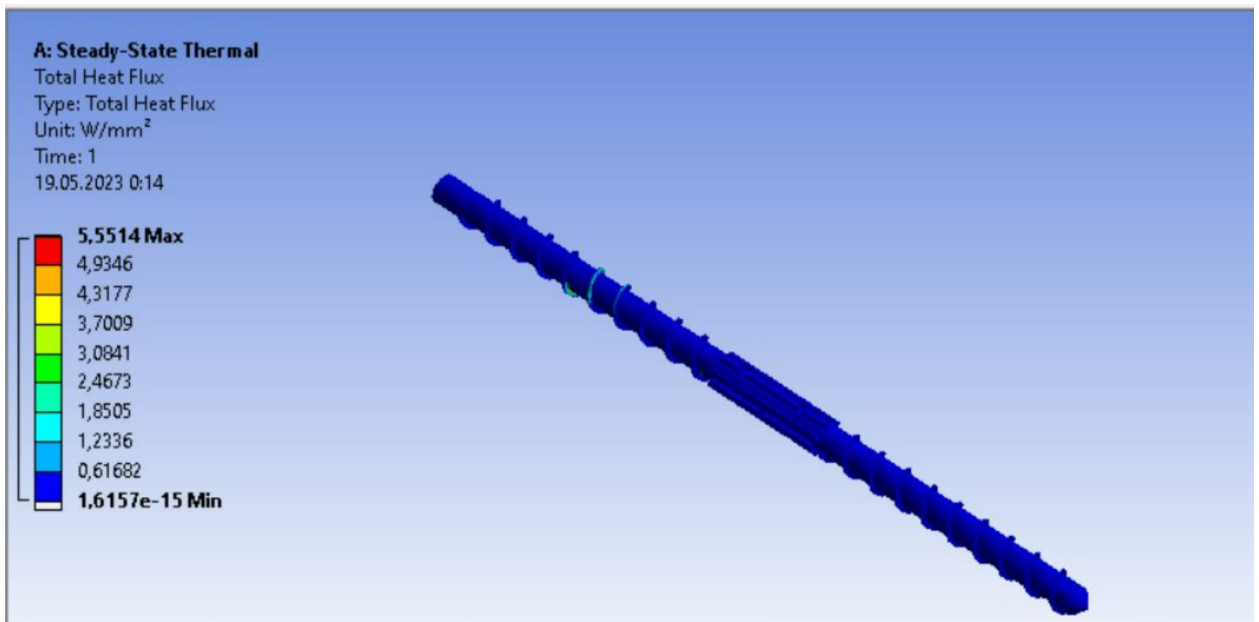


Рисунок 2.12.6 – Поле густини теплового потоку черв'яка

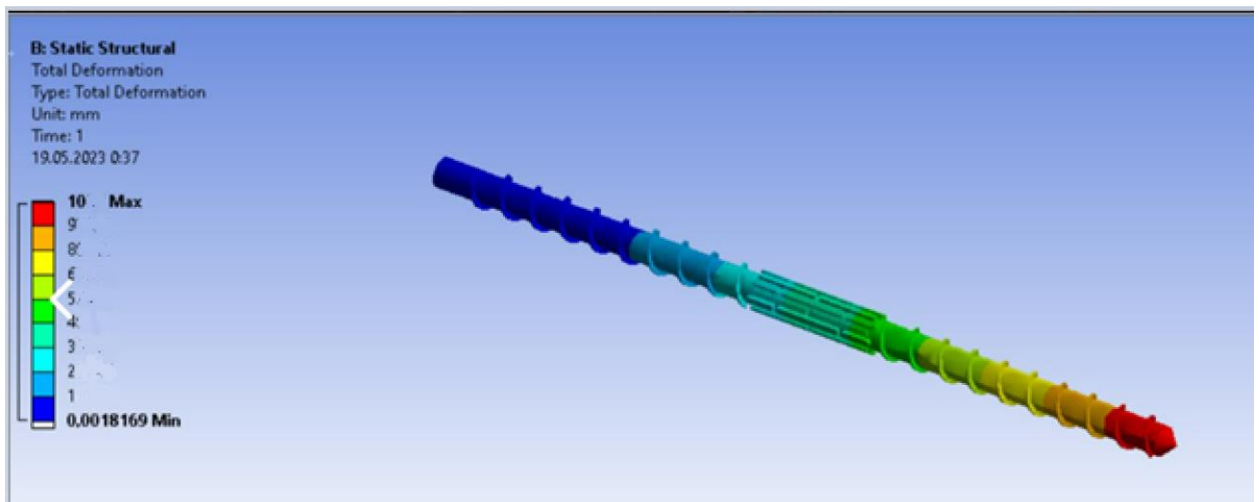


Рисунок 2.12.7 – Поле результуючих переміщень черв'яка

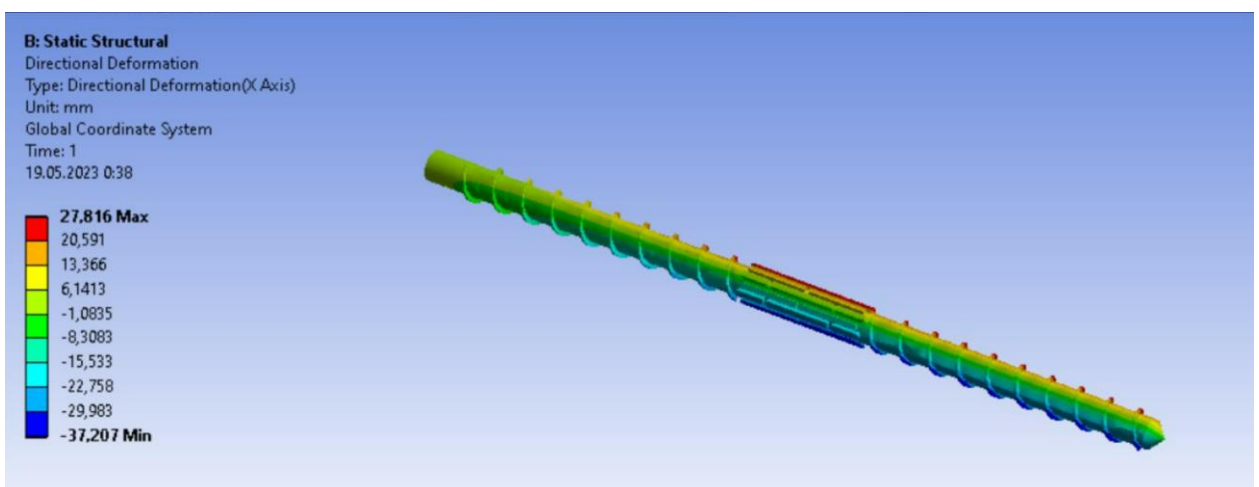


Рисунок 2.12.8 – Поле переміщень в напрямку осі X

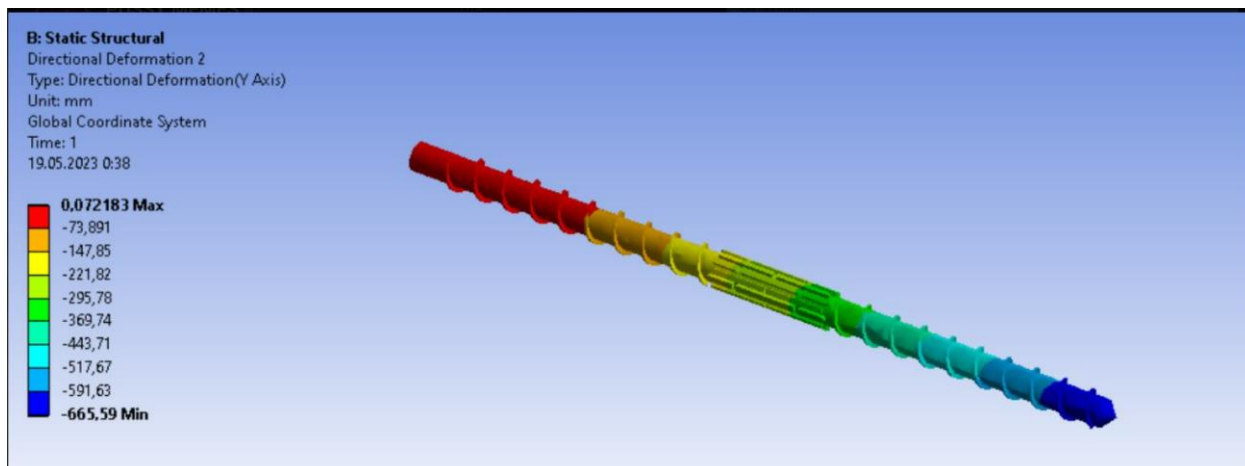


Рисунок 2.12.9 – Поле переміщень в напрямку осі Y

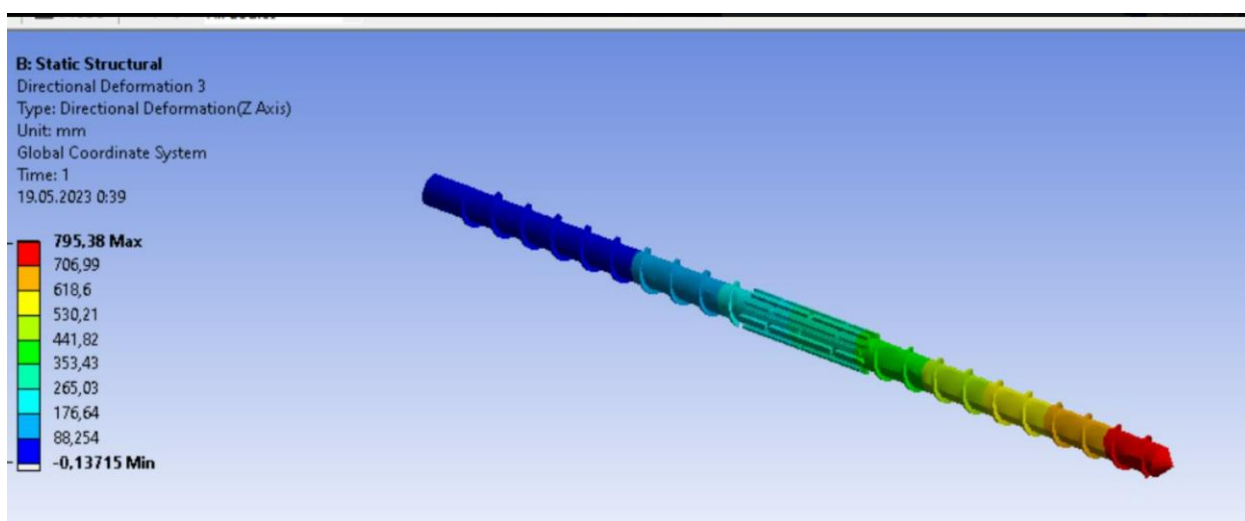


Рисунок 2.12.10 – Поле переміщень в напрямку осі Z

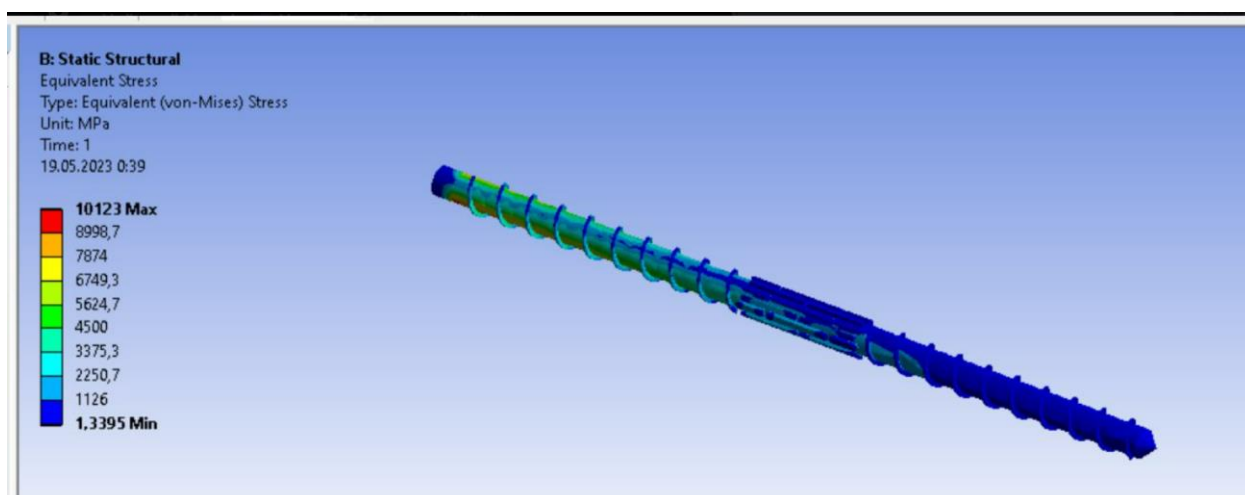


Рисунок 2.12.10 – Скріншот еквівалентних напружень по Мізесу

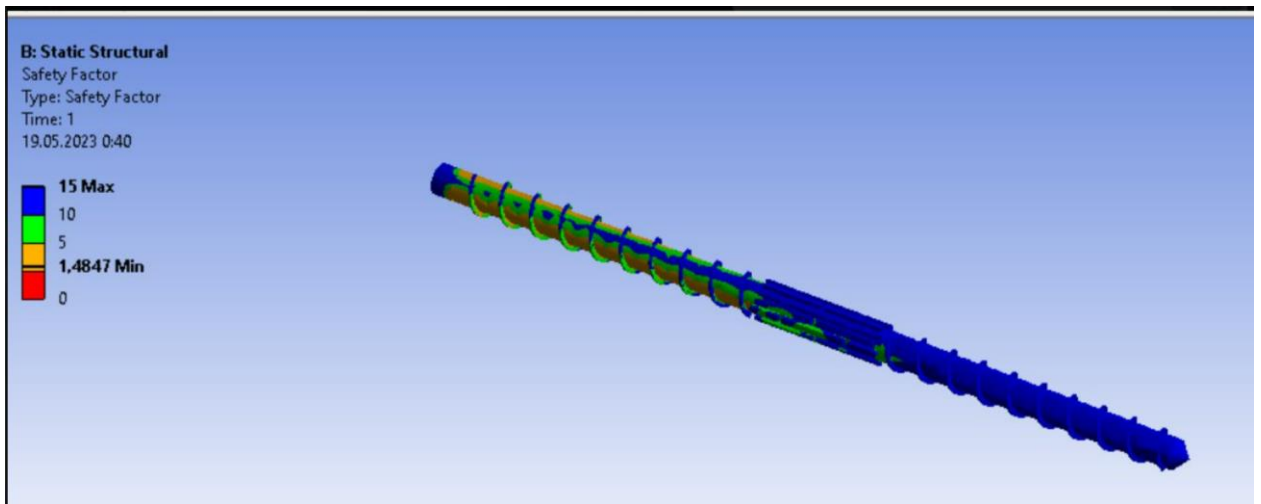


Рисунок 2.12.11 – Поле запасу міцності

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ПО МОДЕРНІЗАЦІЇ

Представлені вище числові розрахунки демонструють, що найбільше навантаження спостерігається на кінці шнека, де відбувається найбільше стиснення. Після завершення розрахунків отримуємо результати, що стосуються температурного поля, щільності теплового потоку, генерованого переміщення, еквівалентного напруження Мізеса та запасу міцності конструкції. Максимальне напруження в черв'яку не перевищує допустимого значення для даного типу сталі. З використанням розрахованої температури черв'яка ми обчислюємо середній тепловий потік черв'яка для базової та модернізованої конструкції. Після аналізу результатів розрахунків, що були наведені раніше, можна зробити висновок, що хоча загальна деформація в основній конструкції менша, ніж у модернізованій, модернізована конструкція покращить експлуатаційні характеристики машини. Однак коефіцієнт безпеки для модернізованої конструкції знаходиться в межах норми, рівної 1,4, тому конструкція буде витримувати задане навантаження під час роботи, а саме вал шнека буде введений в експлуатацію з поліпшеною геометрією в зоні стиснення.

					ЛП91.037244.01 -70PP	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

1.ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ.....	2
1.1. ОПИС І ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ.....	2
1.2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	3
1.3. ПРИЗНАЧЕННЯ І РОЗРАХУНОК ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ.....	8
1.3.1 ПРИЗНАЧЕННЯ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ...	8
1.3.2. РОЗРАХУНОК СИЛ ЗАКРІПЛЕННЯ У ПРИСТОСУВАННІ.....	9
ВИСНОВКИ.....	11
ЛІТЕРАТУРА.....	12
ДОДАТКИ	

					ЛП91.037244.01 -70ТМ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Лінія для виробництва плівки з модернізацією екструдера		
<i>Розроб.</i>		<i>Горянова</i>					
<i>Перевір.</i>							
<i>Керівник</i>		<i>Гурьева</i>					
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Сокольский</i>			<i>Літ.</i> <i>Арк.</i> <i>Аркушів</i> 1 61 <i>НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»</i>		

1. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

1.1 ОПИС І ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ

При розробці розділу "Технологія машинобудування" даного дипломного проекту було створено технологічний процес для виготовлення деталі під назвою "Дорн". Була визначена послідовність виконання технологічних операцій для виготовлення цієї деталі.

Деталь "Дорн" (зображена на Рис. 1.1) є складовою частиною головки екструдера 36х30 і визначає внутрішній діаметр головки. Зовнішній діаметр головки формується матрицею.

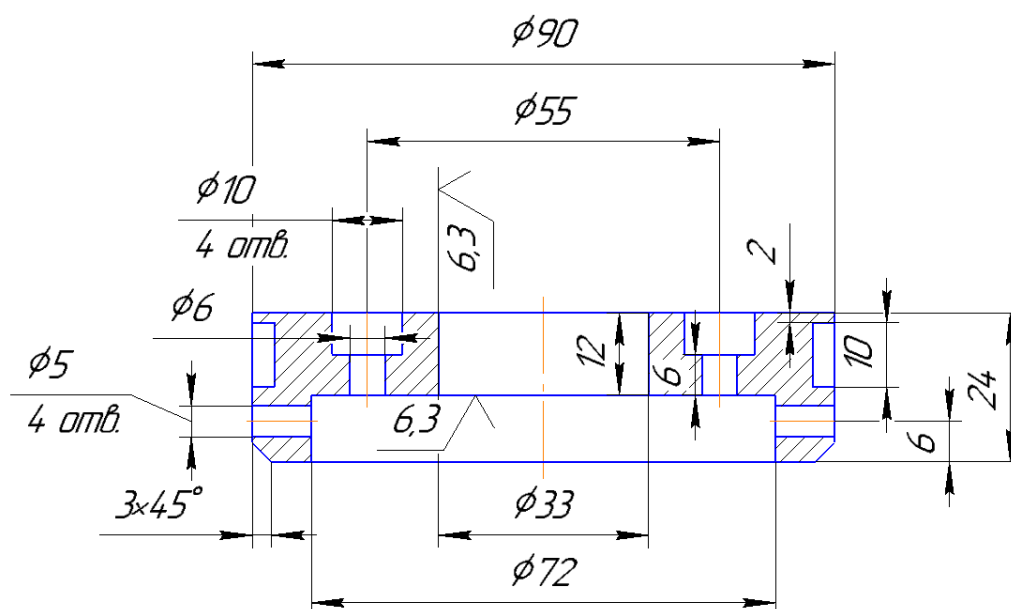


Рис 1.1 – Ескіз деталі "Дорн"

Під час проведення технологічного контролю креслення було встановлено наступне:

- Всі необхідні розміри для виготовлення деталі відображені на кресленні.
- Шорсткість поверхонь деталі відповідає вимогам ГОСТ 2789-73.вимоги до точності виготовлення поверхонь деталі "Дорн"

					ЛП91.037244.01 -70ТМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

відповідають вимогам, які пред'явлені до шорсткості цих поверхонь.

Для виготовлення даної деталі використовується сталь Ст45 (згідно з ГОСТ 1050-88). Заготовку для деталі (зображену на рис. 1.2) отримують шляхом об'ємної штамповки. Конфігурація штамповки є достатньо простою і дозволяє легко отримати потрібну заготовку. Клас точності і формувальні уклони відповідають стандартним вимогам. Залишки фасонних ребер і додаткових елементів можна врахувати з урахуванням обробки. Втрати металу під час механічної обробки будуть мінімальними.

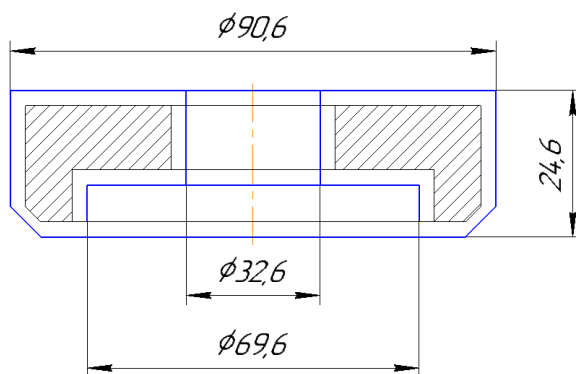


Рис. 1.2 – Ескіз заготовки деталі "Дорн"

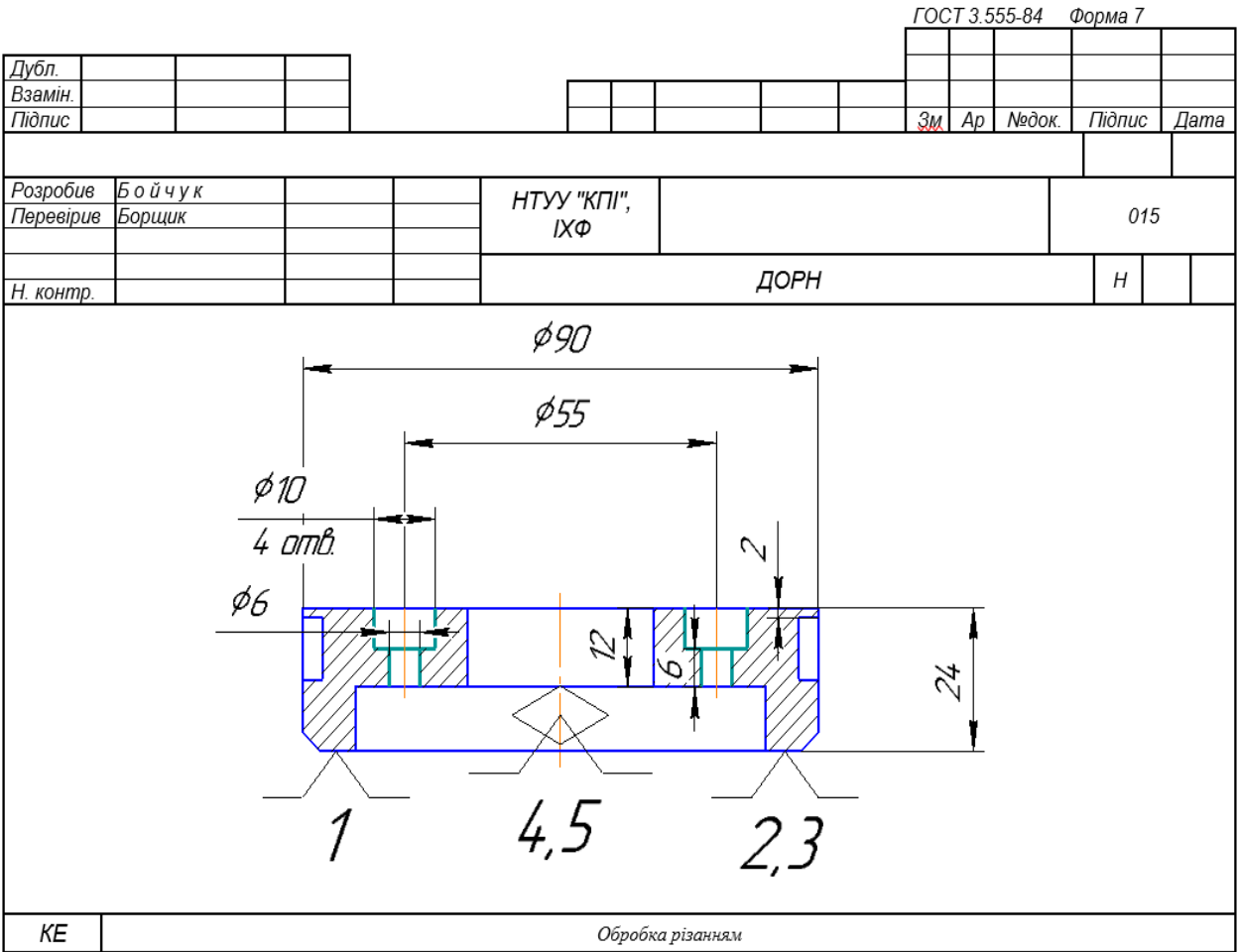
Для забезпечення високої якості та продуктивності при виготовленні деталі "Дорн" використовуються спеціальні пристрої зі швидким затисканням заготовок в усіх операціях обробки.

Обробка проводиться за допомогою стандартного інструменту. Різальна частина різців виготовлена з високоміцних сплавів Т15К6 та Т30К4, фрез торцевих та шпонкових – зі сплаву Р6М5, а круги для шліфування – КЗ-Б. Для центрування отворів використовуються центровочні свердла згідно з ГОСТ 14952-76.

1.2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

					ЛП91.037244.01 -70ТМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Нижче наведено маршрутну карту, ескізи та операційні карти, які відображають розроблений технологічний процес виготовлення деталі "Дорн". Цей процес був розроблений під час виконання дипломного проекту.



ГОСТ 3.1404-86 Форма 2

Дубл.									
Взамін.									
Підпис									

Розробив	Б о й ч у к								
Перевірів	Борщик								
Н. контр.									

НТУУ "КПІ", ІХФ			
ДОРН			
Назва операції		Матеріал	
Токарна		СТАЛЬ 45 ГОСТ 1050-88	
Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри
	кг		
Обладнання, пристрій ЧПК		Позначення програми	
Токарно-гвинторізний верстат 16К20			
То	Тд	Тлз	Тшт
		МОР	
		Емульсія	

Р	ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v
P01	1. Підрізати торць;							
T02	2. Точити канавку шириною 10.							
O3								
O04								
T05								
T06								
P07								
O8								
O9								
O10								
OK	Обробка різанням							

ГОСТ 3.1404-86 Форма 2

Дубл.									
Взамін.									
Підпис									

Розробив	Б о й ч у к								
Перевірів	Борщик								
Н. контр.									

НТУУ "КПІ", ІХФ			
ДОРН			
Назва операції		Матеріал	
Вертикально-свердильна		СТАЛЬ 45 ГОСТ 1050-88	
Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри
	кг		
Обладнання, пристрій ЧПК		Позначення програми	
Вертикально-свердильний верстат 2Н125			
То	Тд	Тлз	Тшт
		МОР	
		Емульсія	

Р	ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v
P01	1. Свердлити 4 отвори Ø5;							
T02	2. Свердлити 4 отвори Ø10.							
O3								
O04								
T05								
T06								
P07								
O8								
O9								
O10								
OK	Обробка різанням							

Кут у 150 градусів обраний, щоб уникнути самозатягування в клинових парах. Форма клинового з'єднання спрощує заміну комплектів кулачків. У муфті 4 передбачений шестигранний отвір для ключа. При повороті муфти проти годинникової стрілки на кут 150 градусів кулачки виводяться з зачеплення і виймаються. У робочому стані, муфта забезпечується штифтом 7, який виконує подвійну функцію як упор, що обмежує обертання муфти при заміні кулачків. Пружинні штифти 6 тримають кулачки, щоб запобігти їх випаданню, коли вони вийняті зі зчеплення з муфтою. Губа 5 захищає патрон від впливу бруду і стружки. Конусний отвір губи також використовується для установки направляючих втулок, упорів та інших елементів.

1.3.2 РОЗРАХУНОК СИЛ ЗАКРІПЛЕННЯ У ПРИСТОСУВАННІ

Для встановлення сил закріплення необхідно аналізувати всі сили, які діють на заготовку (рис. 3.3). З одного боку, на неї впливають складові сили різання, а з іншого боку – сила затиску, яка протидіє цим силам. Шляхом забезпечення рівноваги моментів для цих сил і врахування коефіцієнта запасу можна визначити необхідну силу закріплення.

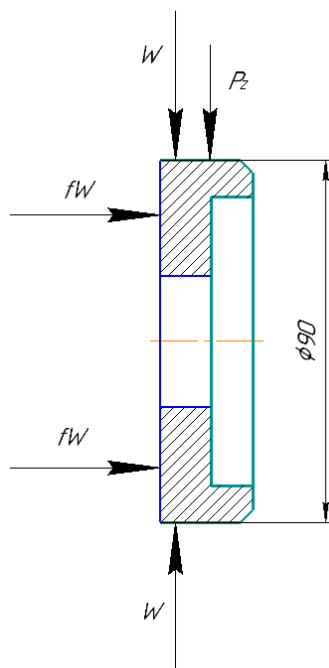


Рис 1.3 – Система сил, що діють на деталь у процесі обробки

					ЛП91.037244.01 -70ТМ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Момент згину, який виникає внаслідок дотичної складової сили різання, і намагається повернути заготовку у кулачках, складає:

$$M_p = P_z \cdot r_1.$$

Момент сили затиску створює опір обертанню заготовки і обчислюється таким способом:

$$M_z = W_{\text{сум}} \cdot f \cdot r.$$

У приведених формулах прийнято: P_z - Основна компонента сили різання, яка тяжіє змінити положення заготовки. $P_z = 800 \text{ Н}$, за попередніми розрахунками; r_1 - Геометричний розмір, що відноситься до радіуса опрацьованої частини деталі. r - Геометричний розмір, що відноситься до радіуса не опрацьованої частини деталі.; f - Коефіцієнт, що відображає рівень тертя між поверхнею деталі та кулачками.; $W_{\text{сум}} = W \cdot 3$ - Сила, яка утримує деталь міцно за допомогою трьох кулачків патрона..

За допомогою виразу, що рівняє моменти, ми зможемо визначити необхідну силу затиску, яка запобігає обертанню заготовки у кулачках

$$W_{\text{сум}} = \frac{K \cdot P_z \cdot r_1}{f \cdot r},$$

де K – Залежно від умов виконання технологічної операції, коефіцієнт запасу визначається за формулою і використовується для забезпечення безпеки та надійності процесу.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6,$$

де $k_0 = 1,5$ - Коефіцієнт запасу, що забезпечується для гарантованої безпеки та надійності.

k_1 - Коефіцієнт враховує випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях, що призводять до збільшення сил різання: $k_1 = 1,0$;

					ЛП91.037244.01 -70ТМ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

k_2 - Залежно від методу обробки і матеріалу заготовки, вибирається коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення інструменту.: $k_2 = 1,2$;

k_3 - Для безперервного різання використовується коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при переривистому різанні. $k_3 = 1,0$;

k_4 - Для механізованих приводів використовується коефіцієнт, який визначає сталість сили, що розвивається затискним механізмом. $k_4 = 1,0$;

k_5 - Для механізованих приводів використовується коефіцієнт, який враховує ергономіку затискного механізму і характеризує зручність розташування органів затиску та інші аспекти. $k_5 = 1$.

k_6 - Даний коефіцієнт враховується в обчисленнях лише у випадку, коли присутні моменти, які спрямовані на поворот заготовки, що утримується плоскою поверхнею на опорах.: $k_6 = 1,2$.

В цій ситуації значення коефіцієнта k розраховується наступним чином:

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 2,16$$

Остаточна, сила закріплення:

$$W_{\text{сум}} = \frac{2,16 \cdot 800 \cdot 90}{0,4 \cdot 90,6} = 4291 \text{ Н},$$

де $r_1 = 90 \text{ мм}$; $r = 90,6 \text{ мм}$;

$f = 0,4$ - Для кулачків із рифленою поверхнею враховується коефіцієнт тертя між поверхнею деталі та рифленою поверхнею кулачків.

Для забезпечення надійного закріплення деталі необхідно, щоб сила закріплення була не нижчою, ніж обчислене значення.

					ЛП91.037244.01 -70ТМ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Патент № 185 812 , Росія , МПК В29С 47/38, 19.12.2018.Екструдер для переробки різнорідних вторинних полімерних матеріалів
2. Патент № 45556 , Україна, МПК С08J 5/18, 10.11.2009.Спосіб виготовлення поліетиленової рукавної плівки
3. Патент № 60879, Україна, МПК В29D 7/00, 25.06.2011.Пристрій для охолодження рукавної полімерної плівки
4. Басов Н. И., Казанков Ю. В., Любартович В. А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Машины и аппараты химических производств" и "Машины и технология переработки полимерных материалов в изделия и детали" - М: Химия, 1986. – 488 с., ил.
5. Рябинин Д.Д., Лукач Ю.Е. Червячные машины для переработки пластмасс резиновых смесей. М., Машиностроение ,1965, 478 с.
6. Сівецький В. І. Комп'ютерне проектування екструзійного полімерного устаткування. Навч. пос. К.: «Політехніка», 2003. – 184 с.
7. Сівецький В. І., Радченко Л. Б. Основи моделювання та конструювання червячних екструдерів. Навч. пос. К.: «Політехніка», 2002. – 164 с.
8. Торнер Р.В., Акутин М.С. Оборудование заводов по переработке пластмасс. М. Химия, 1986, 400 с.
9. Бартенев Г.М., Зеленев Ю.В. Физика и механика полимеров. Учебное пособие для втузов. – М.: Высш. Школа, 1983. – 391 с.
10. Гуль В.Е., Кулезнев В.Н. Структура и механические свойства полимеров. М.: Высш. шк., 1979.
11. Виноградов Г.В., Малкин А.Я. Реология полимеров. М.: Химия, 1977.
12. САПР, Програмування на функціональній мові AutoLISP при проектуванні технологічного обладнання / В.Ю. Щербина, О.С. Сахаров, О.В. Гондляр, В.І. Сівецький, 2010.

					ЛП91.037244.01 -70ТМ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Э.Хювенен.,Й.Сеппянен. Мир Лиспа. Т1: Введение в мир Лиспа и функциональное программирование. - М.: Мир, 1990. -447 с.
14. В.И. Анурьев «Справочник конструктора-машиностроителя» 3т, Москва 1979.
15. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.1/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.П. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машино-строение, 1986. – 656 с.
16. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.2/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.П. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машино-строение, 1985. – 496 с.
17. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений. Изд. 2-е, перераб. и доп. Уч. пос для техникумів. М., "Высш. школа", 1974.-263с.
18. Сівецький В.І., Щербина В.Ю., Гондляр О.В. Інжиніринг інноваційних технологій та обладнання. Лінії для виготовлення листових і профільних полімерних виробів [Електронний ресурс] / КПП ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2022. 113 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45732>
19. Мікульонок І.О. Технологічні основи перероблення полімерних матеріалів: навч. посіб. Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2020. 293 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/35084>.
20. Мікульонок І.О. Технологічні основи перероблення полімерів, пластмас і гумових сумішей: навч. пос. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 312 с.
21. Мікульонок І. О. Обладнання і процеси переробки термопластичних матеріалів з використанням вторинної сировини : монографія. Київ : ІВЦ „Видавництво «Політехніка»”, 2009. 265 с.
22. Мікульонок І. О., Сокольський О. Л. Полімерні матеріали і вироби з них (одержання, перероблення, властивості) : термінол. слов. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 208 с.
23. Мікульонок І. О. Моделювання обладнання технологічних ліній для перероблення пластмас і гумових сумішей на базі валкових машин : монографія. Київ : НТУУ «КПІ», 2013. 243 с.

					ЛП91.037244.01 -70ТМ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24. Сокольський О. Л., Сівецький В. І., Мікульонок І. О. Проектування формуючих пристроїв обладнання для переробки пластмас: навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ», 2014. 148 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/25307>.
25. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів: навч. посіб. / І. О. Мікульонок, О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, Л. Б. Радченко. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 200 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/25367>.
26. 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>.

					ЛП91.037244.01 -70ТМ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Л.Б. Радченко, В.І. Сівецький – Основи моделювання і конструювання черв'ячних екструдерів.– К.: Політехніка, 2002. – 146 с.
2. Басов Н.І., Козаков Ю.Ю., Любартович В.А. – Розрахунок та конструювання обладнання для виробництва і переробки полімерних матеріалів – М.: 1986. – 486с.
3. Лащинский А. А., Толчинский А. Р. – Основы конструирования и расчета химической аппаратуры – Изд. 2-ое. – Л.: Машиностроение
4. Черв'ячний екструдер: патент WO2022163685A1JP ,МПК B29C48/685; B29C48/685 (EP)/ SUMITOMO HEAVY IND MODERN LTD [JP], опубл. 2022-01-26, 2ст.
5. Статичний змішувач екструдера патент №130246 UA МПК (2018.01) B29C 47/00 B29C 47/70 (2006.01) / Гребелюк І.В. Двойнос Я.Г.
6. ЧЕРВ'ЯК ЕКСТРУДЕРА ДЛЯ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ, патент №1737 UA, МПК 7B29C47/60, 15.04.2003, Бюл. №4, 2003 р. Мікульонок Ігор Олегович, Новік Валерій Олександрович, Радченко Леонід Борисович, Сівецький Володимир Іванович.
7. ЧЕРВ'ЯЧНИЙ ЕКСТРУДЕР ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ПОЛІМЕРІВ, патент № 3445 UA, МПК 7 B29C47/38, B29C47/64, 15.11.2004, Бюл. № 11/2ст., 2004 р. Мікульонок Ігор Олегович. Банит Ф.Г. , О.А. Несвижский "Механическое оборудование цементных заводов". Москва, 1967 г.
8. С.В. Серенсен и др. "Несущая способность и расчет деталей машин на прочность." Москва, 1963 г.
9. И.А. Биргер и др. "Расчет на прочность деталей машин". Москва, 1979 г.
10. М.Я. Сапожников «Механическое оборудование предприятий строительных материалов изделий и конструкций». Москва, 1971.
11. Н.Ф. Киркач, Р.А. Баласанян «Расчет и проектирование деталей машин, Харьков 1991.

12. В.И. Анурьев «Справочник конструктора-машиностроителя» 3т, Москва 1979.
13. К.В. Чаус «Технология производства строительных материалов».
14. Автоматизированное проектирование силовых трансформаторов Ю.Б.Бородулин, В.А.Гусев, Г.В.Попов. М.: Энергоиздат, 1987. - 284с.
15. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.1/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.П. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.
16. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.2/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.П. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
17. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений. Изд. 2-е, перераб. и доп. Учеб. пособие для техникумів. М., "Высш. школа", 1974. - 263с.
18. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учебное пособие для машиностроит. спец. вузов]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Выш. школа, 1983. – 256 с.
19. Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. // 2021-03-30. – 2021. – №4.

[illegible]

[illegible]

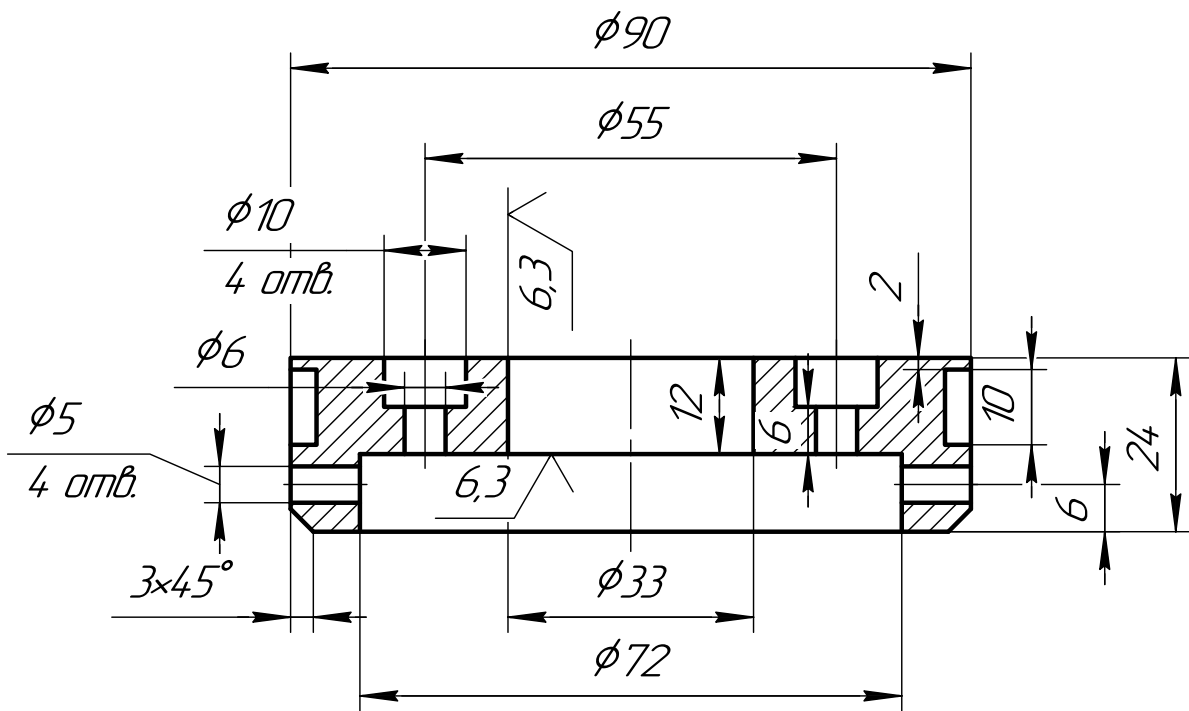
[illegible]

Справа №	Перв. примен.
----------	---------------

Подп. и дата	Инв. № дил.	Взам. инв. №
--------------	-------------	--------------

Подп. и дата	Инв. № подл.
--------------	--------------

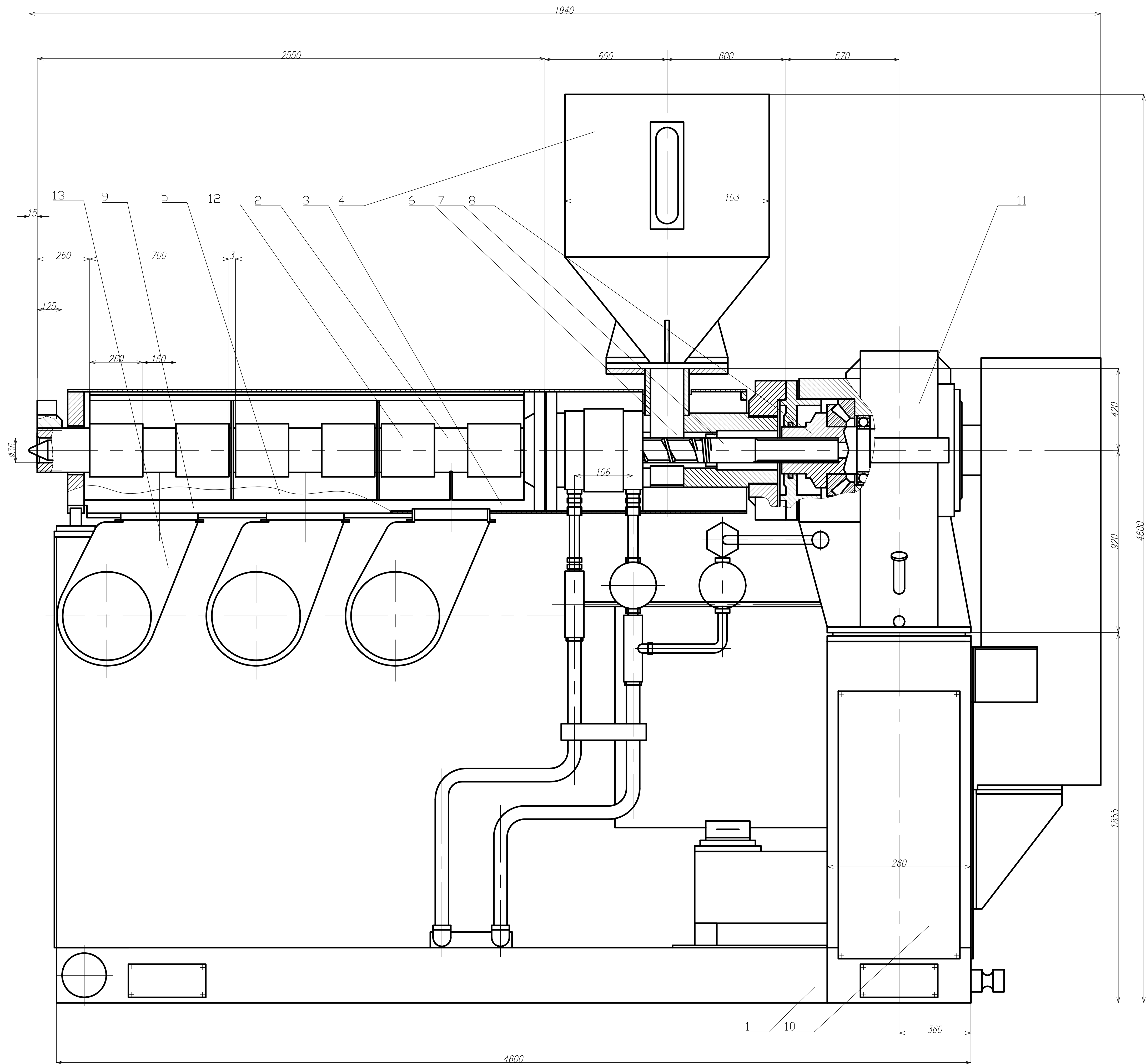
√ 12,5 (√)



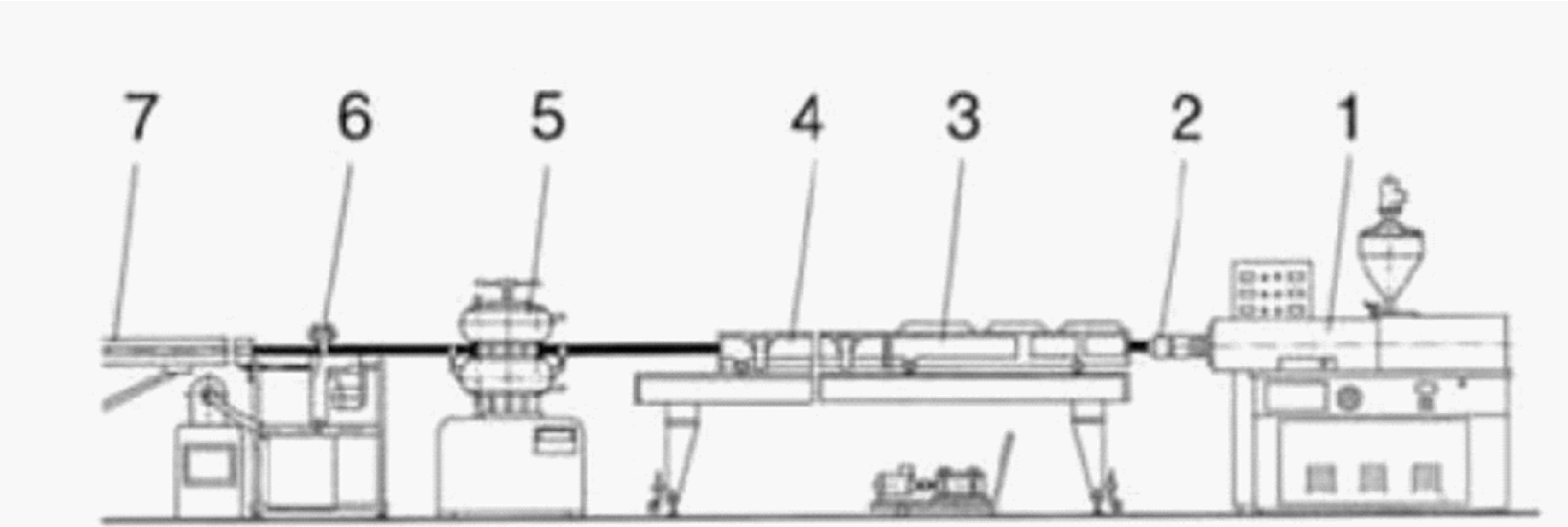
1. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

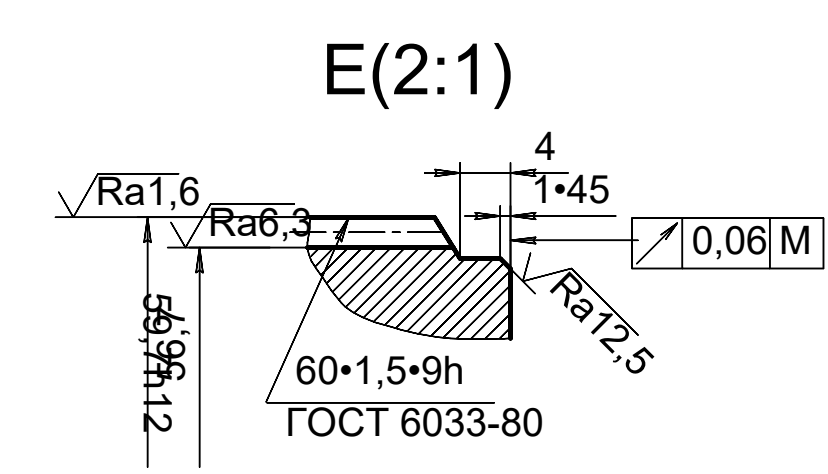
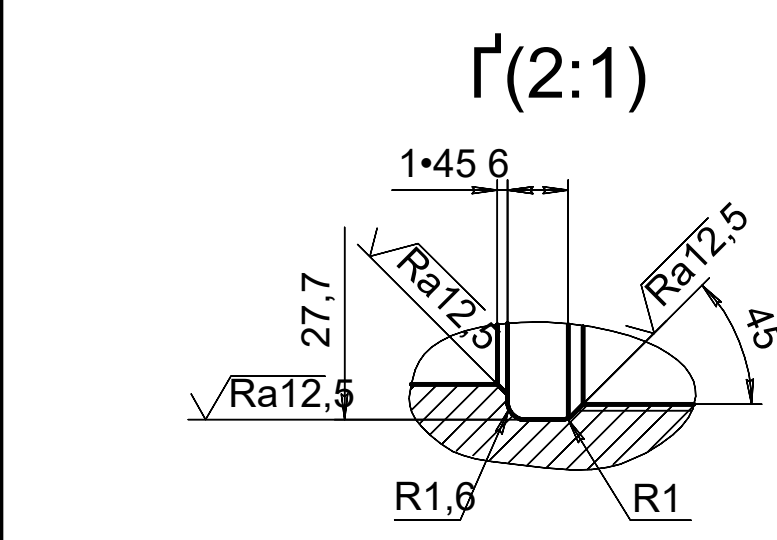
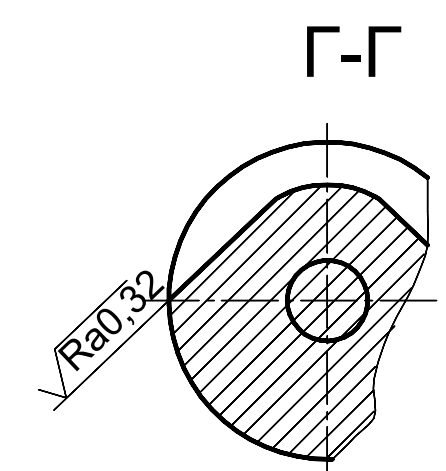
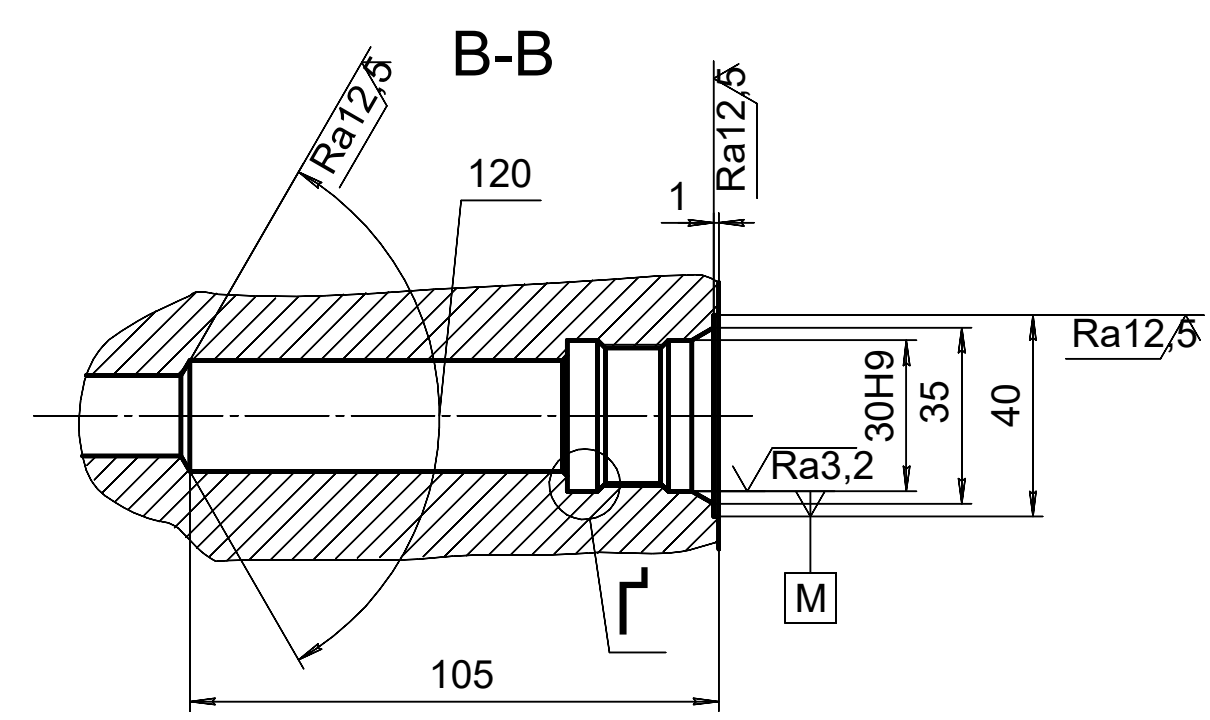
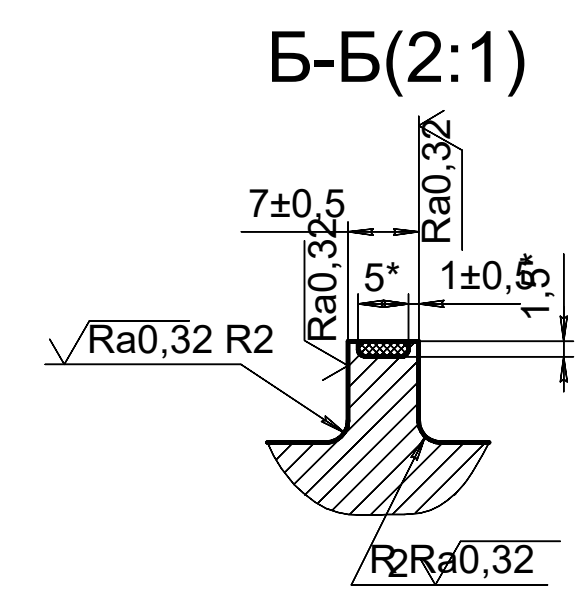
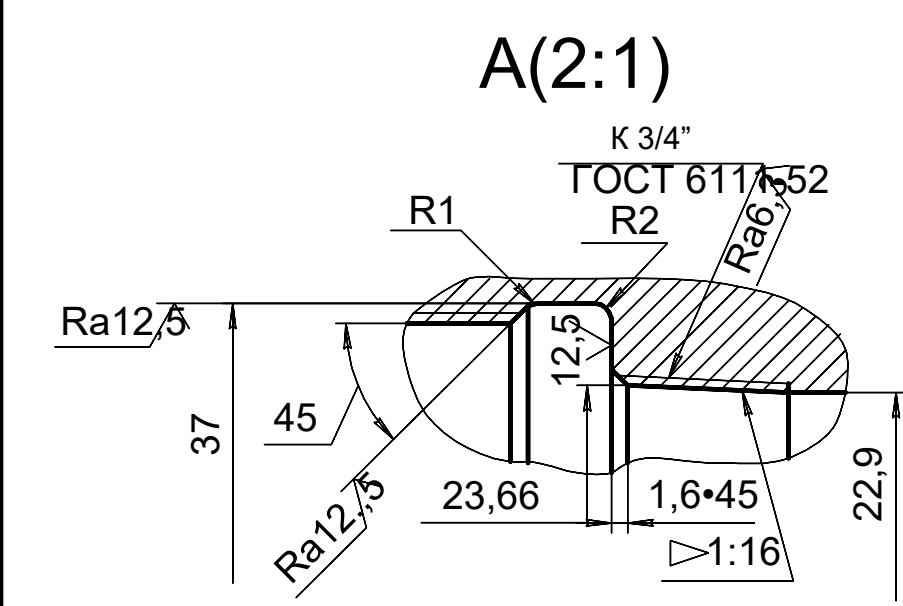
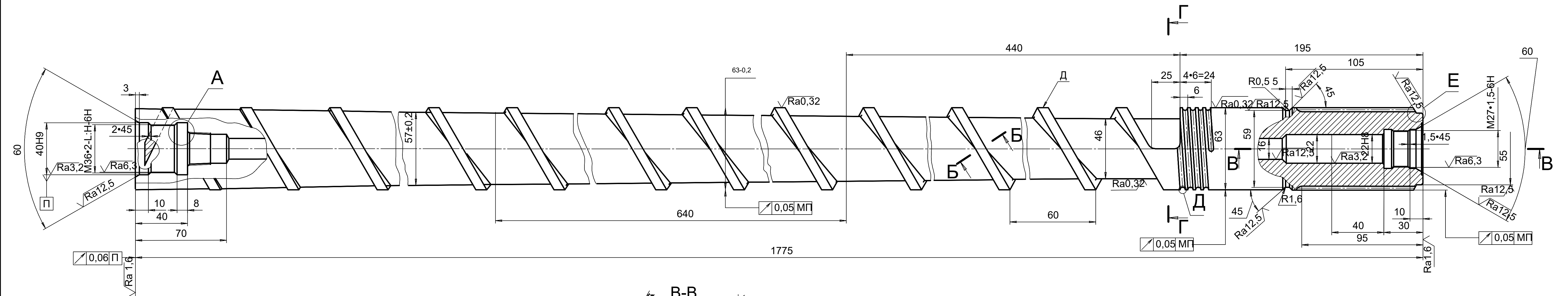
Дорн			Лист	Масса	Масштаб
					1:1
Сталь 45 ГОСТ 1050-88			Лист	Листов	1



				ЛП91.037244.000-70СБ	
Розроб.	Горянова	Екструдер одночерв'ячний ЧП-36		Моця	Масштаб
Перев.					1:10
Керівник	Гурьба			КПІ ім. Іврія Скорського, ІХФ	
Н.контр.					
Ватв.	Гогольський				

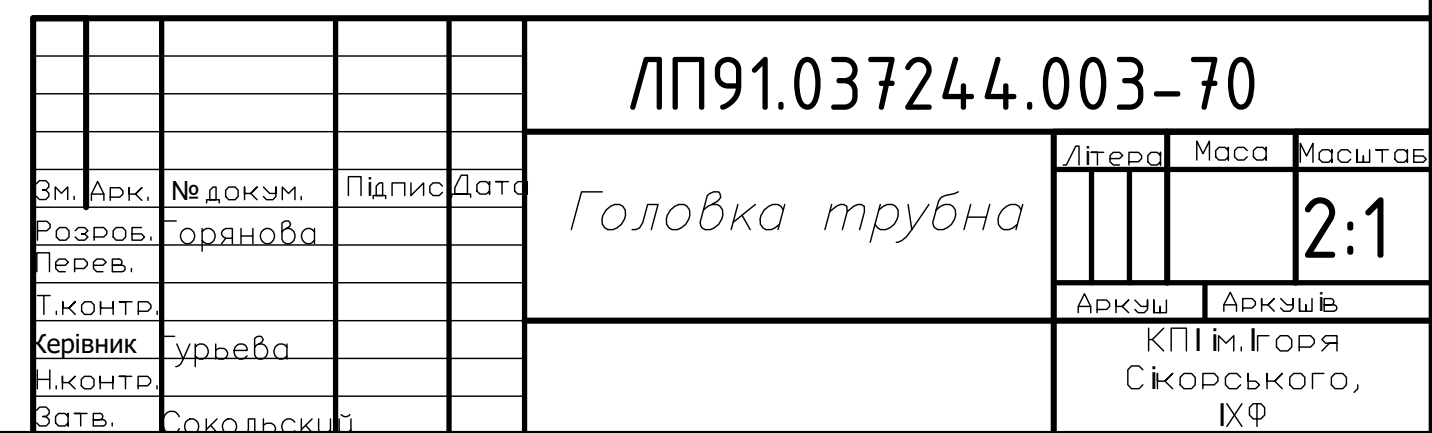


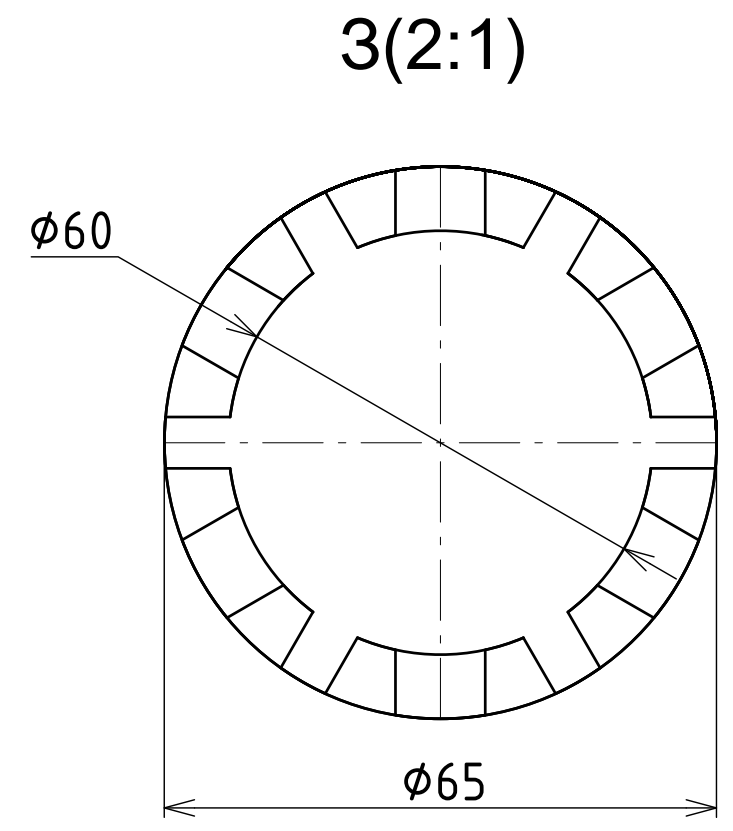
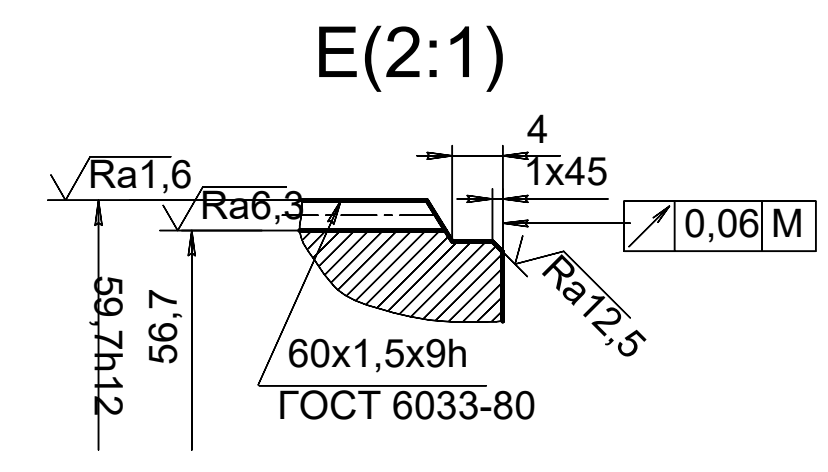
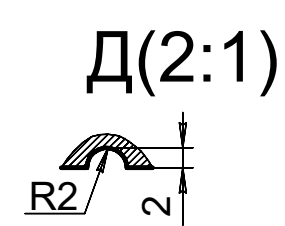
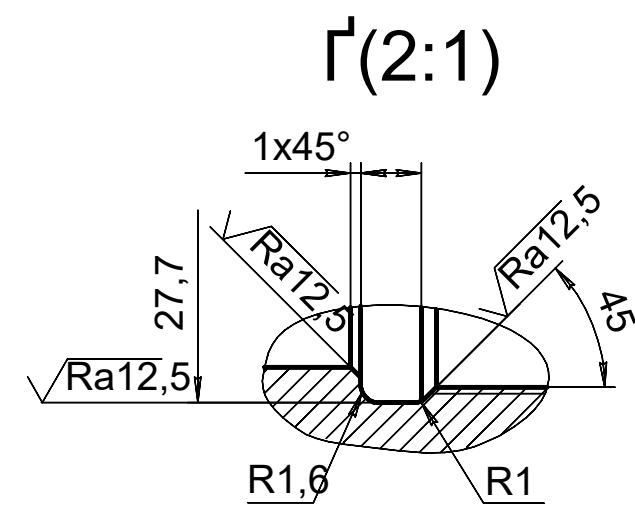
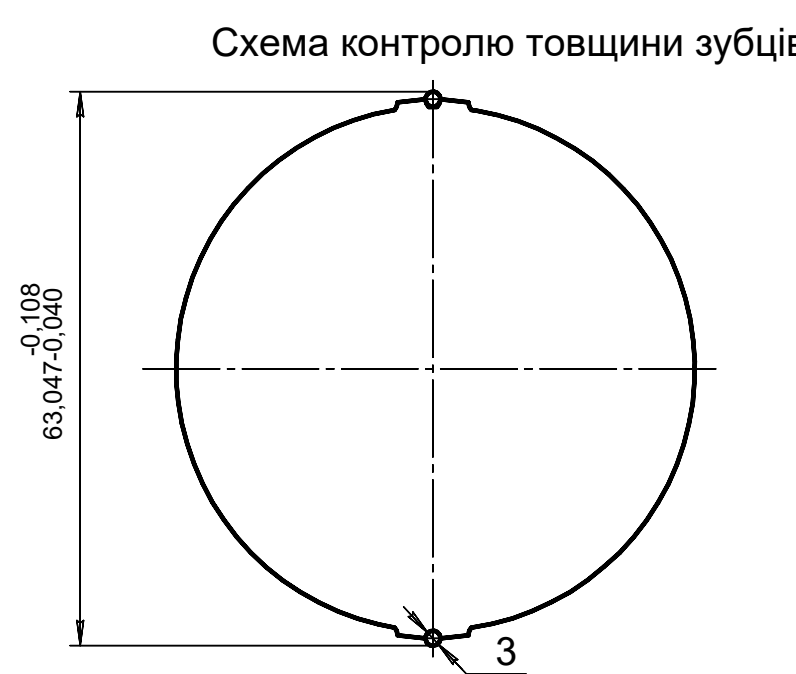
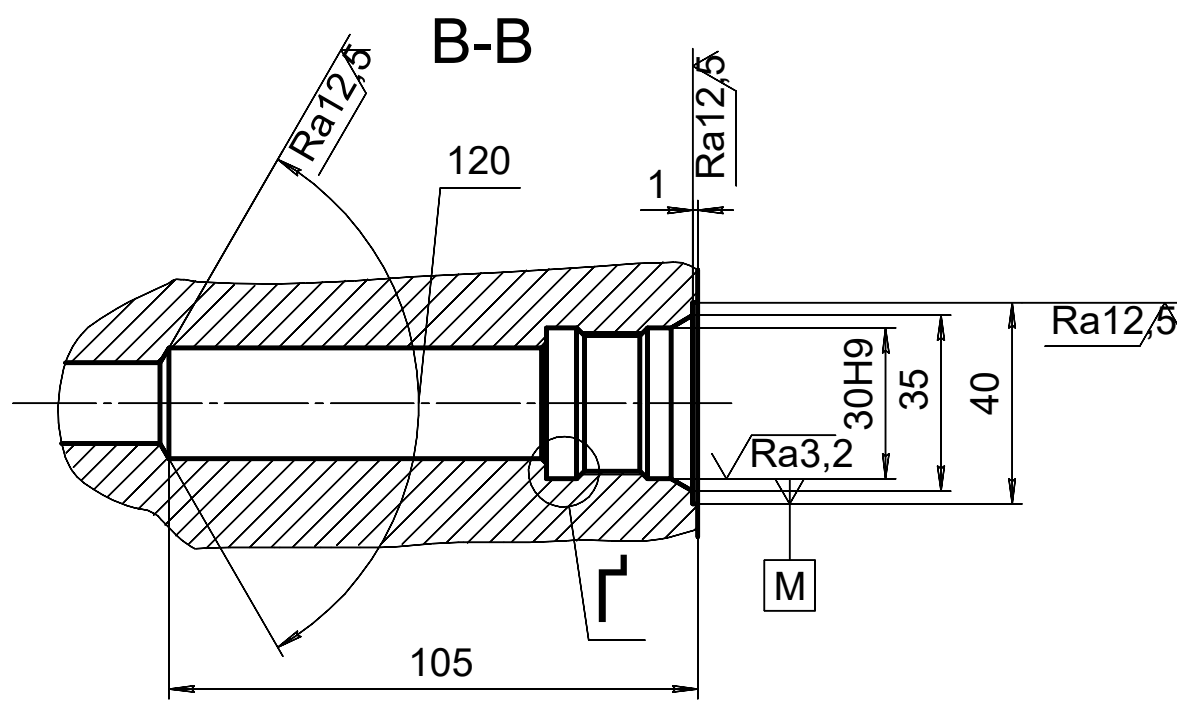
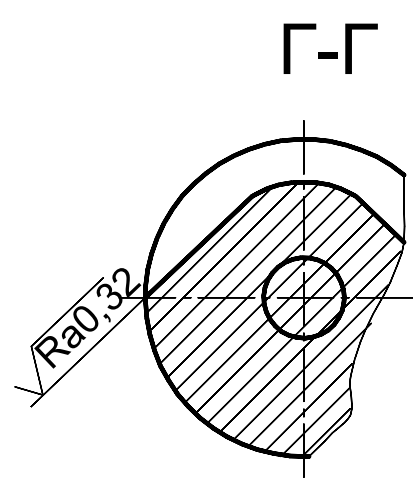
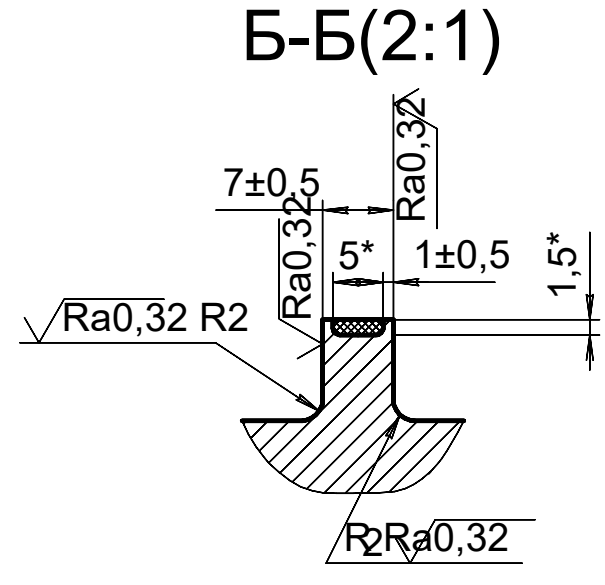
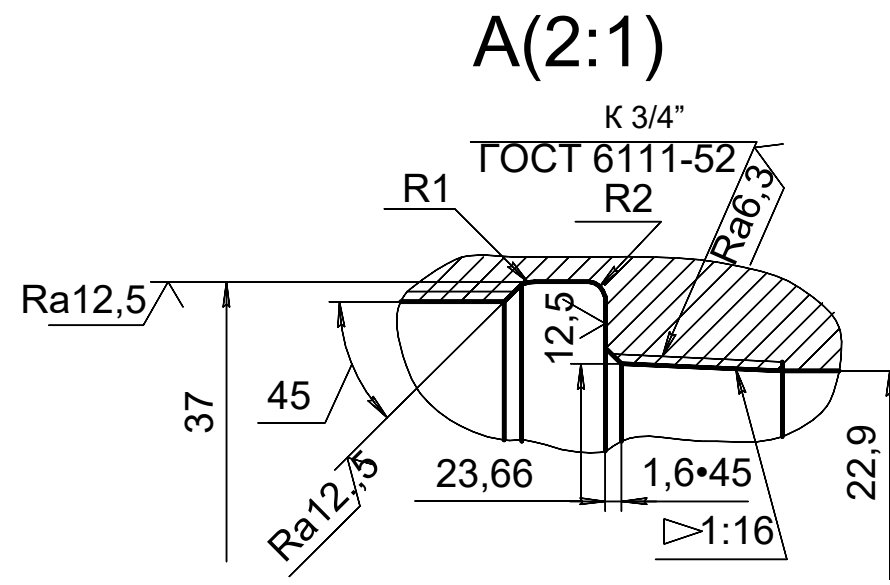
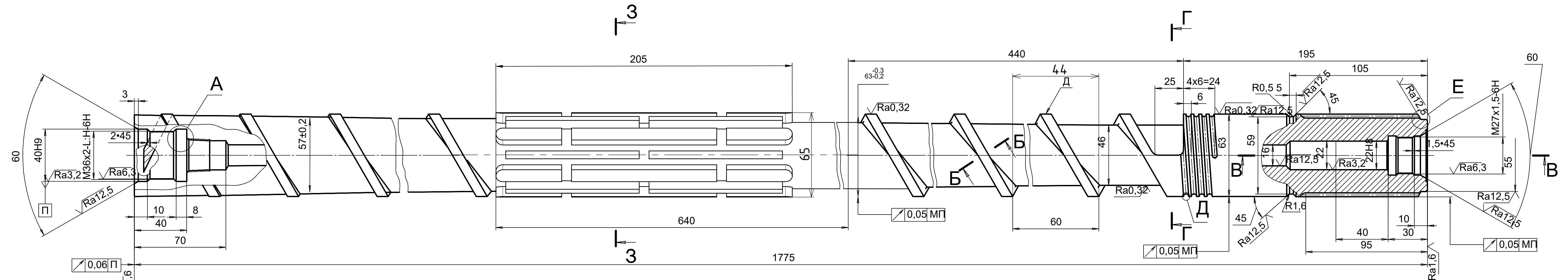
						ЛП91.037244.001-70ТС				
Зм. Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	Екструзійний агрегат із модернізацією черв'ячного преса				Літера	Маса	Масштаб
Розроб.	Горянова									
Т.контр.								Арк-ш	Арк-шів	
Керівник	Гурьбо							КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІХФ		
Т.контр.										
Затв.	Соколюк									



1. Поверхню Д витків наплавити плазмовим методом порошком ЛН-АН-2ТУ14-127-192-82. Твердість напаленого шару 45...50HRC.
2. Після наплавки провести термічну обробку для зняття внутрішніх напружень.
3. Неспівпадання осей отворів М не більше 3 мм.
4. 269...302HB
5. Нарізка черв'яка права однозахідна з постійним кроком 3 мм.
6. Поверхню черв'яка азотувати h0,4...0,6, 70...76HRA кругом, крім різьби
7. *Розміри для довідок
8. H14, h14, IT14
9. Стропувати за поверхню Т із застосуванням підкладок

				ЛП91.037244.002-70			
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Черв'як	Літера	Маса	Масштаб
							1:1
					Арк.зш	Арк.зш	
					КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІХФ		





1. Поверхню Д витків наплавити плазмовим методом порошком ЛН-АН-2ТУ14-127-192-82. Твердість наплавленого шару 45...50HRC.
2. Після наплавки провести термічну обробку для зняття внутрішніх напружень.
3. Неспівпадання осей отворів М не більше 3 мм.
4. 269...302HB
5. Нарізка черв'яка права однозахідна з постійним кроком 3 мм.
6. Поверхню черв'яка азотувати h0,4...0,6, 70...76HRA кругом, крім різьби
7. *Розміри для довідок
8. H14,h14, ±IT14/2
9. Стропувати за поверхню Т із застосуванням підкладок.

ЛП91.037244.004-70				Модернізований черв'як			Лист 1	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	Не докум.	Підпис	Дата	Арк.	Арк.	Арк.	Арк.	1:1
Розроб.	Горюхов				Арк.	Арк.	Арк.	Арк.	
Т.контр.	Горюхов				Арк.	Арк.	Арк.	Арк.	
Керівник	Горюхов				Арк.	Арк.	Арк.	Арк.	
І.контр.	Горюхов				Арк.	Арк.	Арк.	Арк.	
Затв.	Соколовський				Арк.	Арк.	Арк.	Арк.	

Черв'яки складаються з двох частин: робочої нарізної та хвостової. Конструкція робочої частини залежить від технічних операцій, що виконуються на екструдері, і повинна забезпечувати оптимальні умови протікання процесів у каналі нарізки, сукупність яких становить сутність цієї технологічної операції.



A: Steady-State Thermal
Steady-State Thermal
Time: 1, s
19.05.2023 0:10

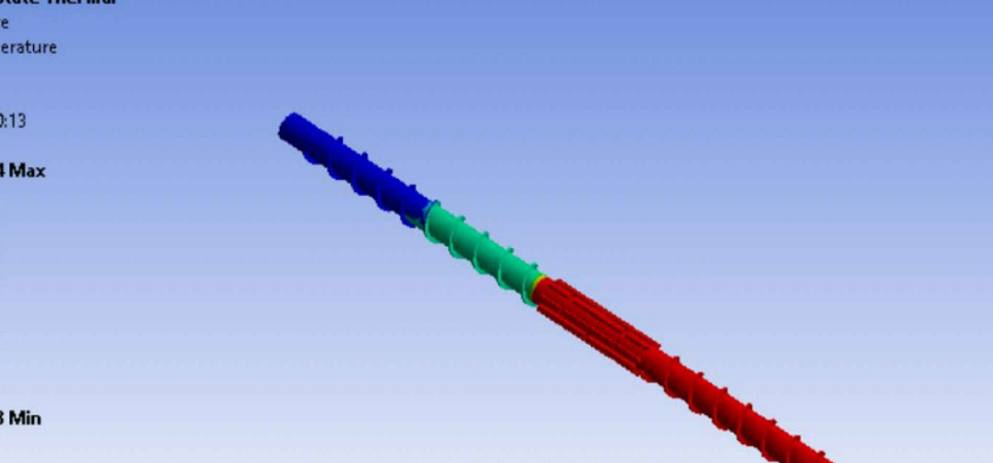
A Temperature: 40, °C
B Temperature 2: 80, °C
C Temperature 3: 140, °C
D Temperature 4: 150, °C



B: Static Structural
 Static Structural
 Time: 1, s
 19:05:2023 0:02

A Cylindrical Support: 0, mm
B Standard Earth Gravity: 9006,6 mm/s²
C Pressure: 75, MPa

A: Steady-State Thermal
Temperature
Type: Temperature
Unit: °C
Time: 1
19.05.2023 0:13



150.24 Max
137.71
125.19
112.66
100.14
87.61
75.094
62.559
50.034
37.508 Min

Рисунок 2.1.- Поле температур



Рисунок 2.2.– Поле густины теплового потока



Рисунок 2.3.– Поле результируючих переміщень



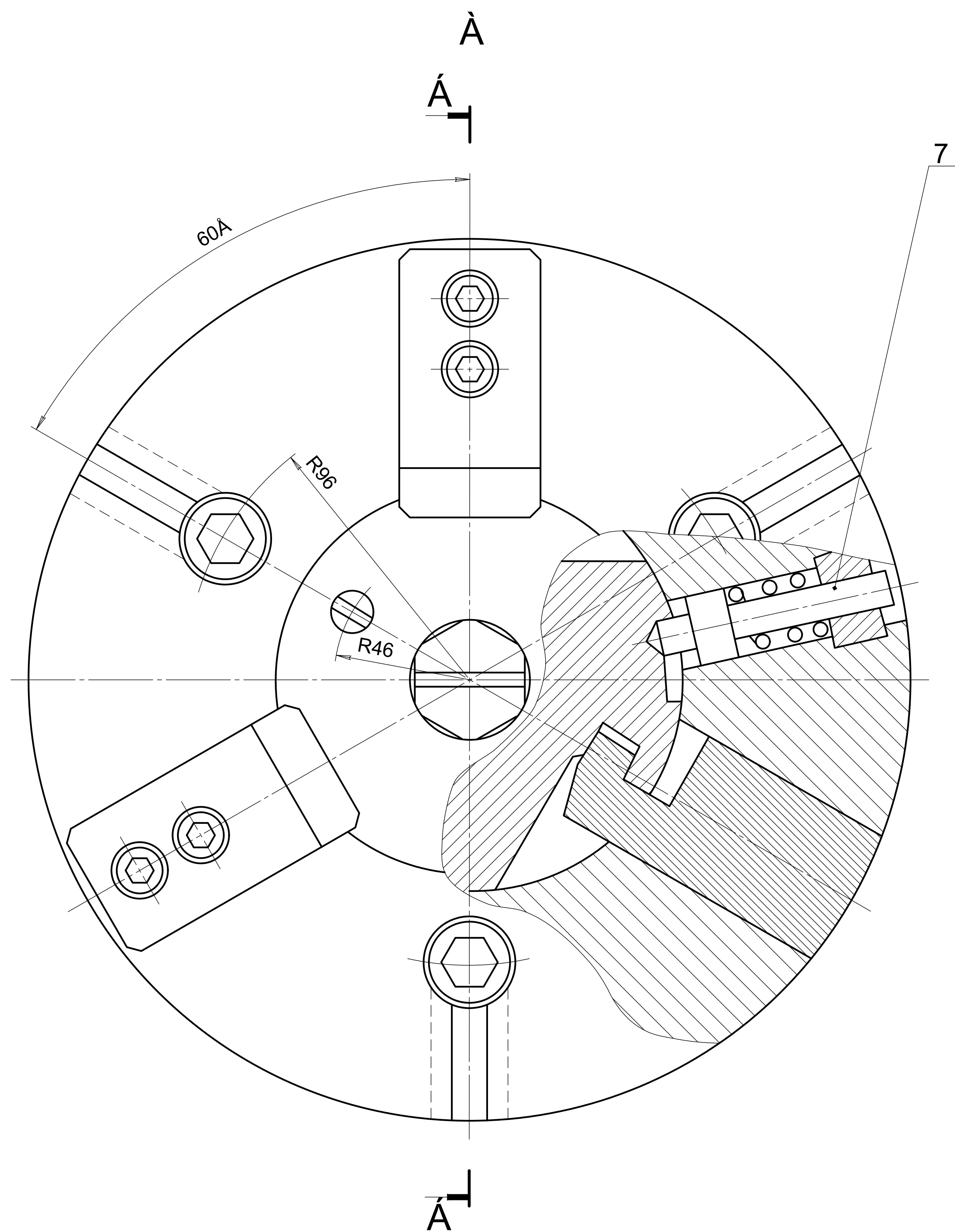
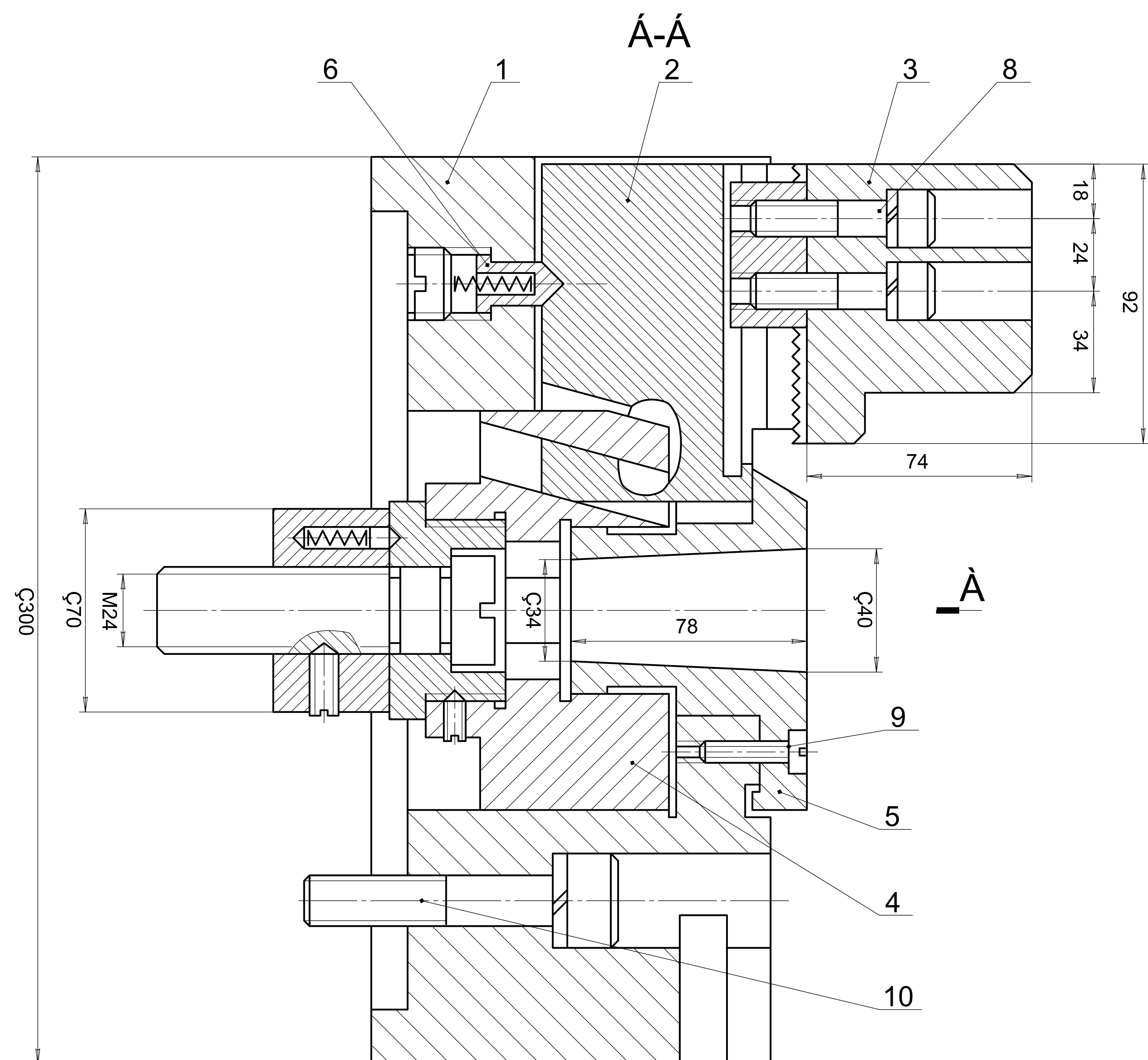
Рисунок 2.4.– Еквівалентні напруження за Мізесом



Рисунок 2.5.– Поле запасу міцності



					ЛП91.037244.005-70ПЛ				
Зм. Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	Результати розрахунків базової та модернізованої конструкції			Літера	Маса	Масштаб
Розроб.	Горянова								1:1
Перев.									
Т.контр.							Аркш	Аркш	
Керівник	Гурьєва						КП ім.Гора Сікорського, ІХФ		
Т.контр.									
Затв.	Сокольський								



					ЛП91.037244.006-70ТМ									
					Патрон трикулачковий									
Разроб. Перев.	Горянова								Масса	Масштаб				
										1:10				
Керівник Н.контр. Ватв.	Гурьева Сакольський													
					КПІ ім.Горьа Сікорського, ІХФ									

[illegible]

[illegible]

[illegible]

ВІДГУК

наукового керівника на бакалаврського проекту Освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування»

Виконаної на тему: Екструзійний агрегат з модернізацією черв'ячного преса

Виконана студенткою Горянковою Діаною Богданівною

Дана робота присвячена вдосконалення конструкції екструзійного агрегату, у якому його нове конструктивне виконання забезпечує, що істотно підвищує продуктивність та фінальну якість продукції агрегату. Таким чином поставлене завдання та проведенні дослідження, при виконанні бакалаврської роботи, є вкрай актуальними та відкривають шляхи до вирішення проблем енерго та ресурсозбереження в галузях де використовуються даний агрегат.

Горянова Д.Б. в достатній мірі володіє програмним забезпеченням AutoCAD та Ansys та може виконувати дослідно-проектні роботи на сучасному рівні. Дипломний проект перевірений на плагіат та має такі результати: 12,6% оригінальності, що дає можливість зробити висновок, що дана робота є унікальною.

Суттєві недоліки в роботі відсутні. До несуттєвих недоліків дипломного проекту можна віднести наступне: 1) у роботі зустрічаються описки й невдалі стилістичні звороти; 2) графічна частина дипломної роботи має несуттєві недоліки.

Якість виконаних робіт показує достатню інженерну підготовку студента, уміння використовувати придбані в процесі навчання знання і навички для вирішення конкретних наукових і технічних завдань, уміння проводити дослідження і оцінювати їх достовірність.

За матеріалами виконання БП бакалавр опублікував одну друковану працю, тезу доповідь у збірнику доповідей науково-технічної.

Грунтуючись на вищесказаному можна зробити висновок про те що на підставі виконання бакалаврського проекту студентка заслуговує присвоєння кваліфікації Бакалавр за спеціальністю 133 –Галузеве машинобудування за освітньо-професійною програмою «Інжиніринг обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів».

Науковий керівник
Бакалаврського проекту
Асистент

_____ Л.Н.Гур'єва

РЕЦЕНЗІЯ

на бакалаврський проект

освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр»

за спеціальністю 131 – 133 –Галузеве машинобудування

Виконаної на тему: Екструзійний агрегат з модернізацією черв'ячного преса

Виконана студенткою Горянковою Діаною Богданівною

Бакалаврський проект складається з 8 креслень та 84 сторінок розрахунково-пояснювальної записки.

№ Зауваження до текстовій частині

1. В рефераті проекту , замінити слово «включає» на «вивчає» Виконанно

2. 5.2.2 прибрати розрив сторінки Виконанно

3. П. 2.5.8. орфографічна помилка Виконанно

Графічна частина

1. Креслення корпусу екструдера додати габаритні розміри Виконанно

Тема дисертації відповідає затвердженій наказом темі та завданню. Робота виконана за науковою тематикою кафедри та рекомендована до захисту.

Рецензент

д.т.н.,професор каф.ХПСМ

Сокольський Олександр Леонидович

РЕЦЕНЗІЯ

на бакалаврський проект освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» за спеціальністю 133 –Галузеве машинобудування

Виконаної на тему: Екструзійний агрегат з модернізацією черв'ячного преса

Виконана студенткою Горянковою Діаною Богданівною

Бакалаврський проект складається з 8 креслень та 84 сторінок розрахунково-пояснювальної записки. Тема проекту відповідає затвердженій наказом темі та завданню. Бакалаврський проект включає такі розділи: Зміст, Вступ, Опис конструкції, її основних частин та принципу дії, Технічна характеристика машини, Технологічна лінія з виробництва труб ПВХ, Літературно-патентний огляд, Модернізація, Охорона праці та навколишнього середовища, Очікувані механіко-економічні показники, Розрахунки, Технологія машинобудування, Загальні висновки, Список літератури, Додатки. Всі розділи виконано в повному обсязі. Тема роботи – актуальна.

В розділі «Вступ» докладно пояснено сутність роботи, об'єкт дослідження, предмет, мета, актуальність. В розділі «Опис конструкції, її основних частин та принципу дії» в повному обсязі описано базову установку, її конструкції та принцип роботи.

В розділі «Модернізація», використовуючи наявну літературу, виконавець проаналізувала та обгрунтувала недоліки базової конструкції, провела патентний пошук та аналіз знайдених патентів для зменшення впливу виявлених недоліків, що відображено в розділі «Обгрунтування обраної модернізації» описала та в повному обсязі обгрунтувала вибір модернізації наявного устаткування. Описані основні конструктивні елементи нового рішення та пояснила принцип роботи.

Розділ «Розрахунки» виконано правильно, з описом та висновками до кожного підрозділу розрахунків. Було розроблено 3D модель у системі проектування "CATIA V5" та проведені розрахунки у системі комп'ютерного обрахунку ANSYS.

В розділі 3 включає в себе підрозділи: «технологію виготовлення деталі дорн» та «вибір пристосування для обробки» виконано за всіма необхідними стандартами.

Бакалаврський проект в відповідає вимогам до робіт освітньо-професійного рівня «Бакалавр», заслуговує оцінки «відмінно», а студентка Горянова Д.Б. присвоєння освітньо-професійного рівня «Бакалавр», за освітньо-професійною програмою підготовки бакалавра «Галузеве машинобудування».

Рецензент

к.т.н., доцент каф.ТПЗА

Цапар Віталій
Степанович

Вплив зміни геометрії черв'яка на продуктивність черв'ячної машини.

Горянова Д.Б., студент; Гур'єва Л.Н., асистент.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Мета роботи є модернізація удосконалення задля досягнення більшої продуктивності за рахунок зміни геометрії черв'яка

Предметом дослідження є екструдер для виготовлення полімерних труб.

Опис роботи даної машини полягає в наступному: полімерний матеріал зі складу 3 перекачується в матеріальний циліндр 2, де захоплюється обертовим черв'яком 1 і переноситься до формуючої голівки 7. При цьому полімер в зоні живлення черв'яка зм'якшується та стискається в пробку, розплавляється в зоні стиснення та гомогенізується в зоні дозування, готуючись до подачі у формуючу головку. Для забезпечення необхідного теплового режиму та оптимальних умов транспортування, на матеріальному циліндрі встановлені зони охолодження 4, а термopари 6 служать для контролю температури. Конструкція черв'яка, як правило, передбачає внутрішнє охолодження водою, яка подається та відводиться за допомогою пристрою 10. Черв'як отримує обертання від електромеханічного приводу, що складається з електродвигуна 12 (постійного або змінного струму), муфти 13 та редуктора 9. Осьове зусилля, що діє на черв'як в напрямку, протилежному транспортуванню розплаву, сприймається підшипниковим вузлом 11. Усі робочі вузли екструдера змонтовані в корпусі 8, що знаходиться на станині 5, як показано на рис. 3.

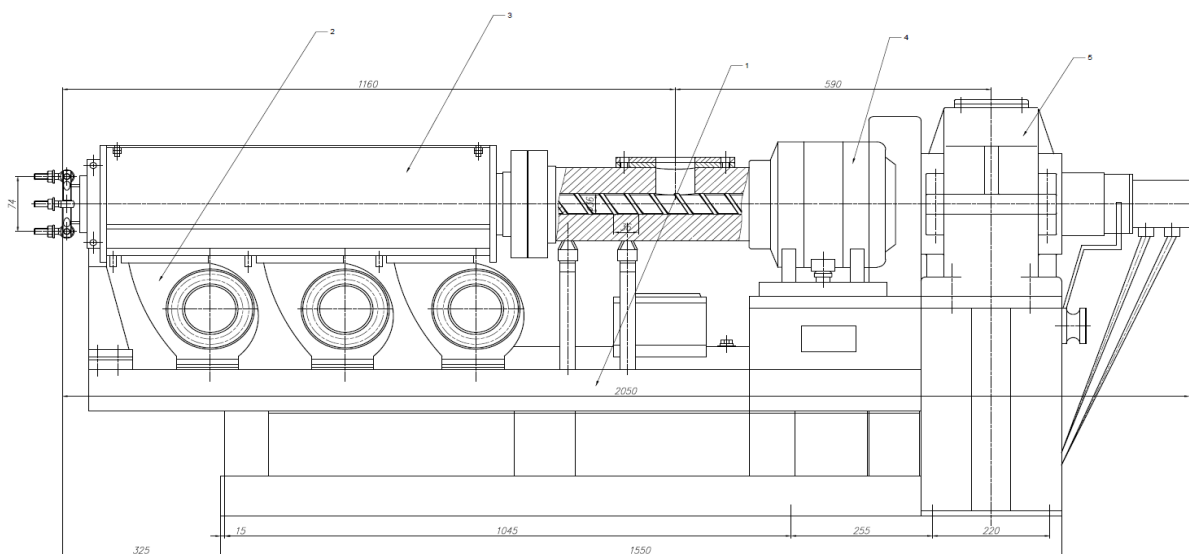


Рисунок 1.1 — Конструкція черв'ячного прессу.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення продуктивності екструдера та збільшення терміну експлуатації черв'яка. Поставлена задача вирішується тим що до черв'яка додають елемент виконується з проміжними пазами, розділеними між собою перегородками, що утворюють з основними перегородками замкнуті контури. При цьому поверхня змішувального елемента утворена площинами, похилими до поздовжньої осі змішувального елемента

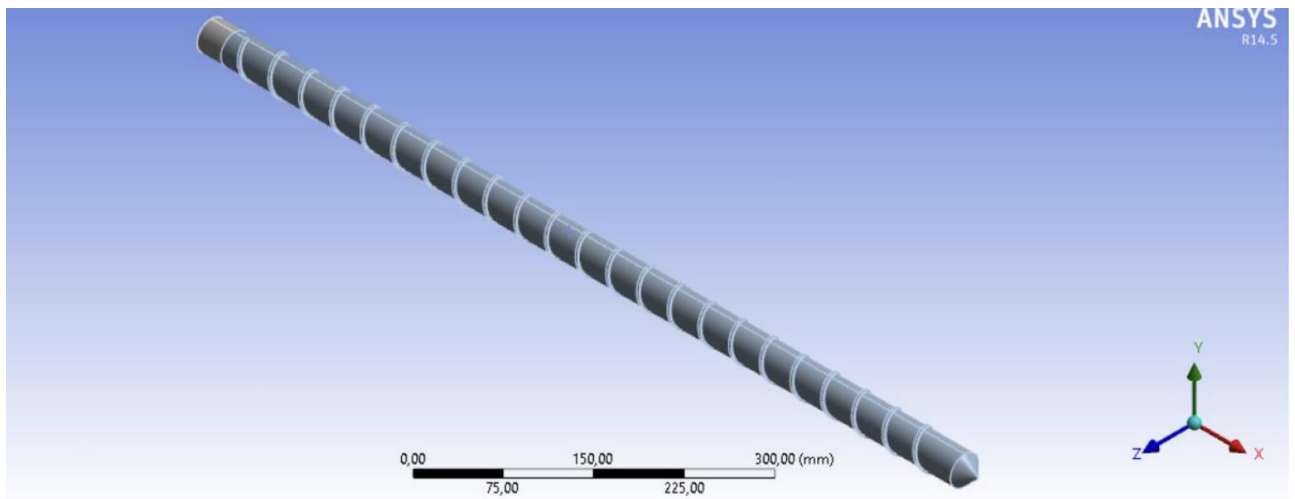


Рис. 2 – Базова 3D модель черв'яка

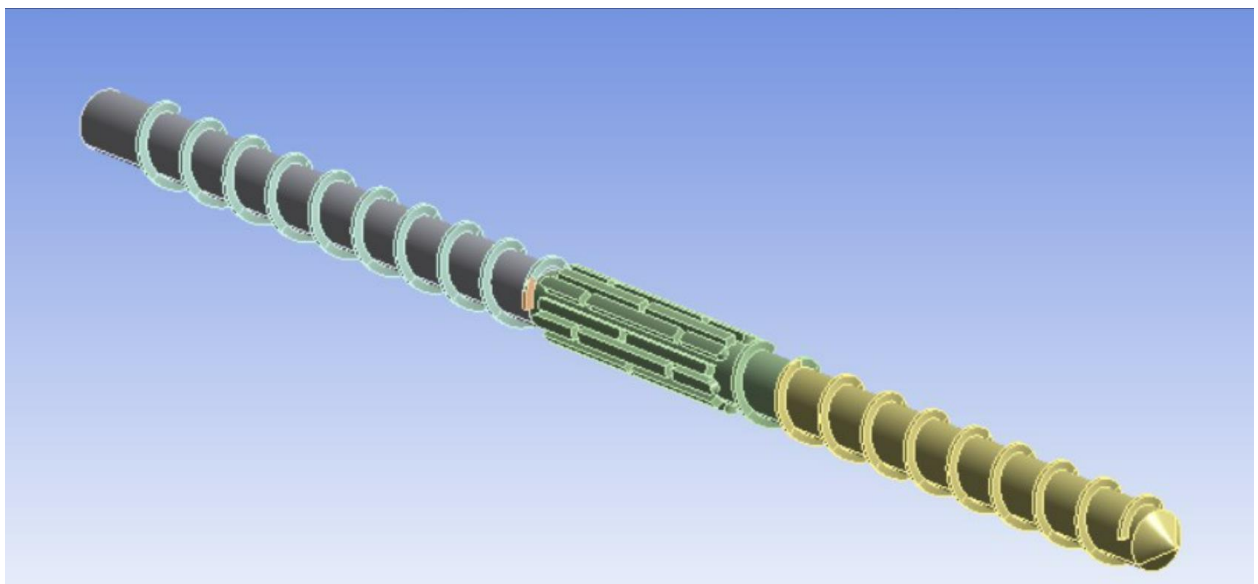


Рис. 3 – Модифікована 3D модель черв'яка

Оскільки в процесі роботи агрегат піддається температурним навантаженням, створюємо у системі ANSYS модуль “Steady-State Thermal” та у розділ геометрії імпортуємо створену 3D модель Скріншот 3D моделі зазначений на рисунок 4.

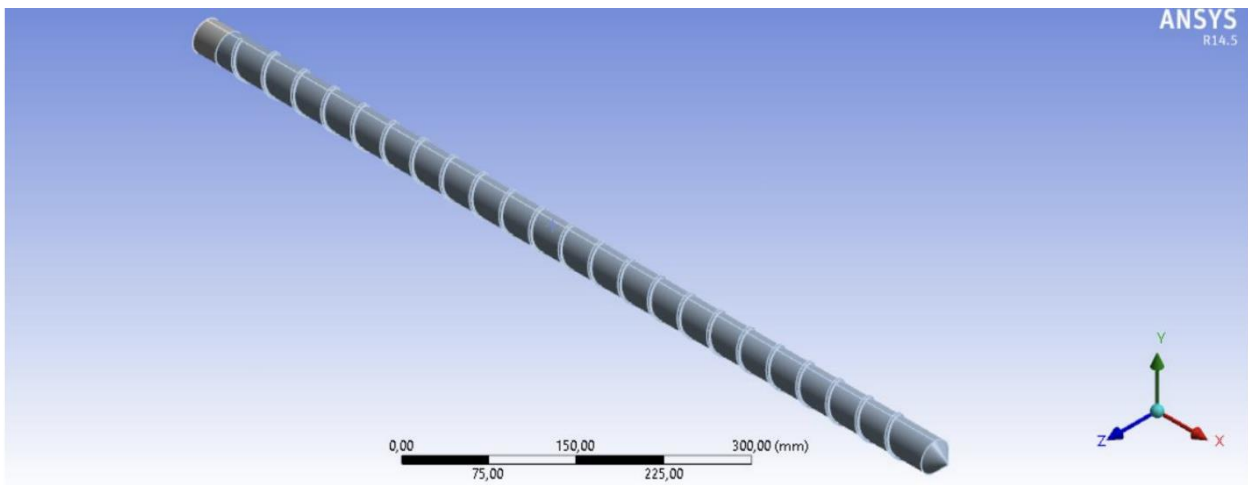


Рисунок 4 – Скріншот 3D моделі черв’яка екструдера

Для можливості розрахунку термопружного стану трубного млина було використано об’єднання модулів Steady-State Thermal та Static Structural

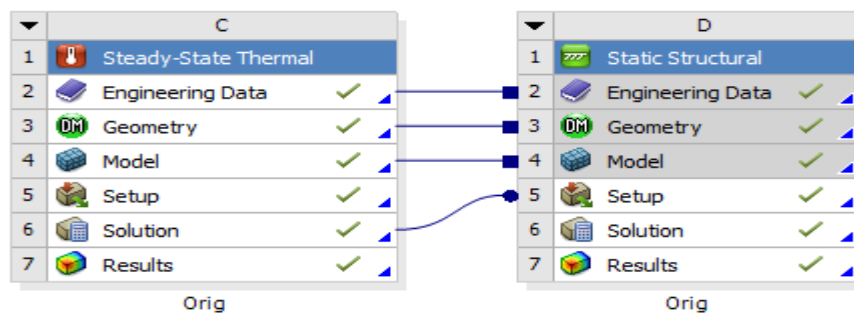


Рисунок 5 – Скріншот об’єднаних модулів Steady-State Thermal та Static Structural

За матеріал черв’яка було обрано сталь 38Х2МЮА .

Геометрична модель базової конструкції черв'яка на рисунку 6, а розрахункова сітка – на рисунку 7.

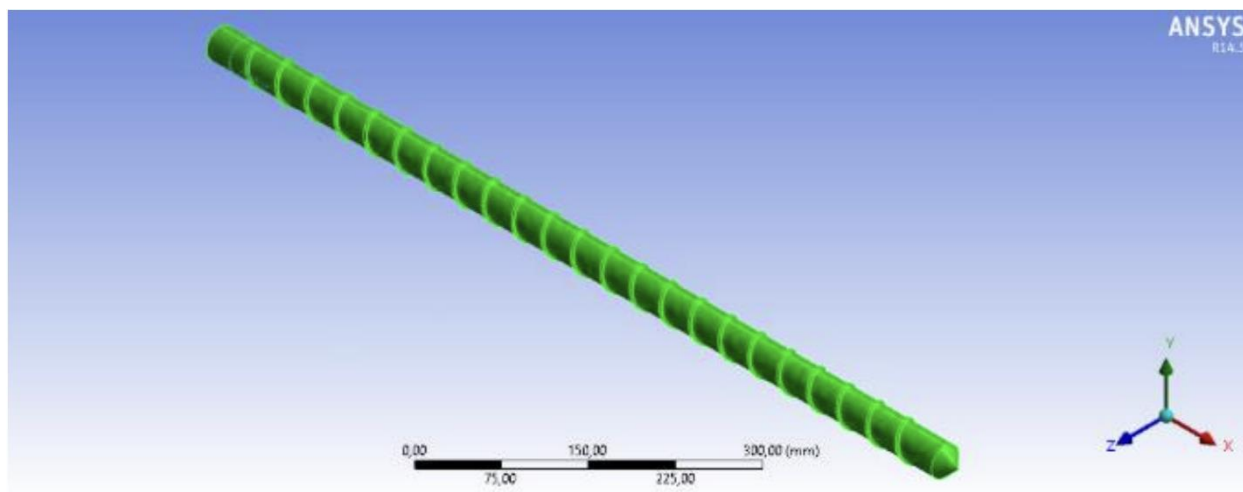
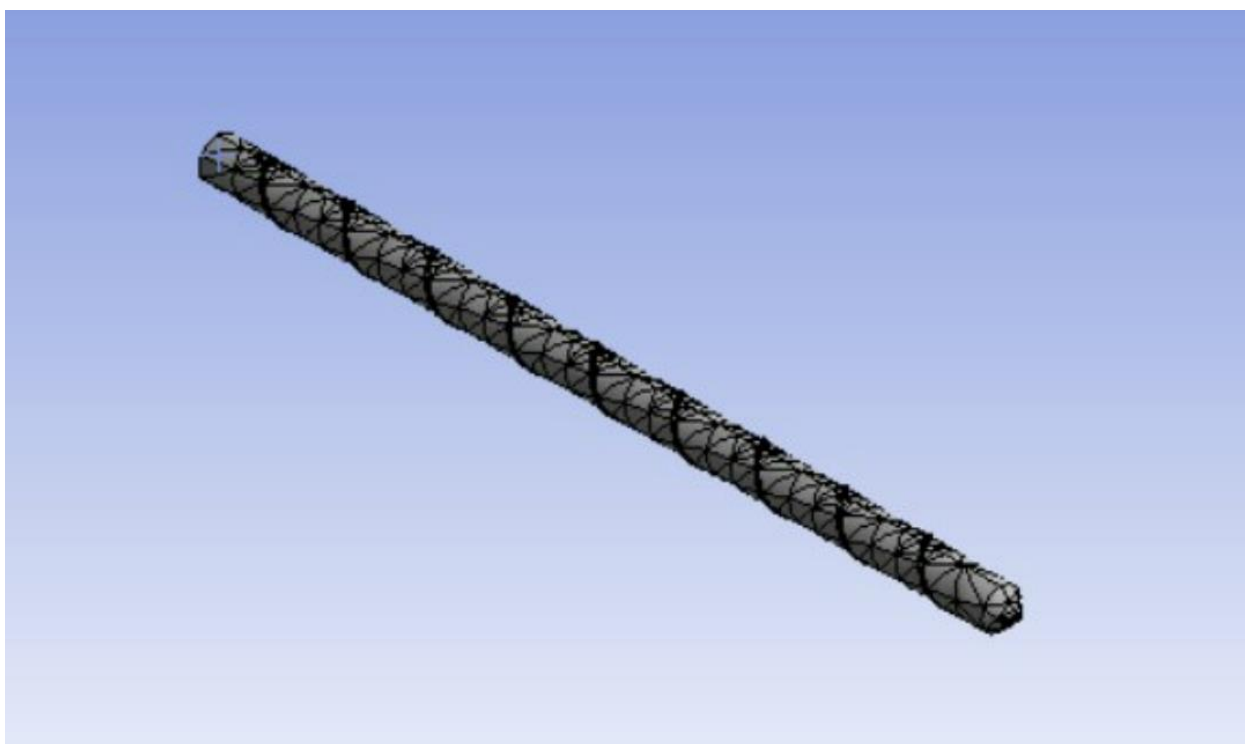


Рисунок 6 – Базова геометрія для числової моделі



кількість скінченних елементів – 10368

Рисунок 7 – Розрахункова сітка числової моделі базової конструкції

До силового та теплового навантаження чисельної моделі базової

конструкції черв'яка належать: сила тяжіння, інерційна сила, пов'язана з обертанням черв'яка; гідростатичний тиск, пов'язаний із завантаженням матеріалу в екструдер, і температурне навантаження під межею третього типу умови. Закріплення та силові та теплові навантаження на черв'як наведено на рисунках 8, 9.

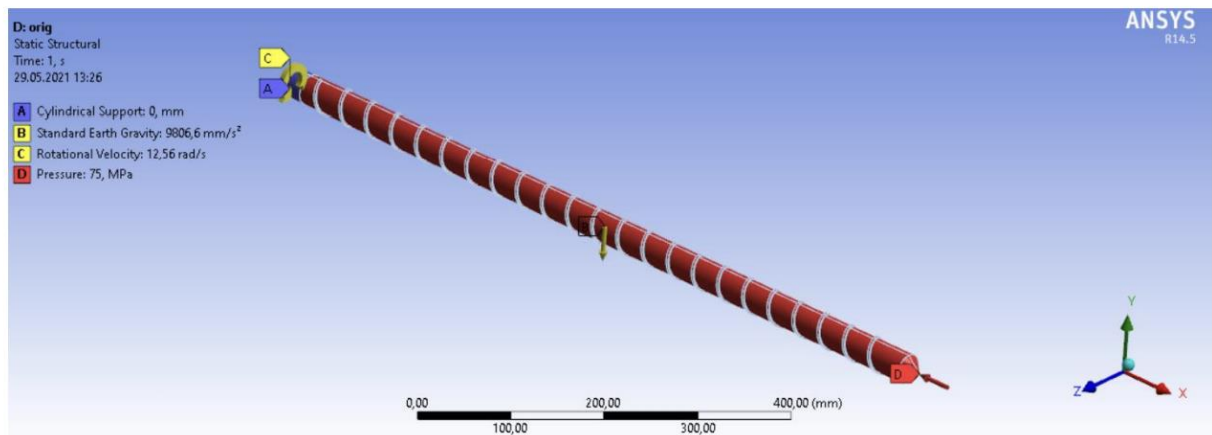


Рисунок 8 – Схема закріплення та силового навантаження на модель черв'яка в модулі Static Structural

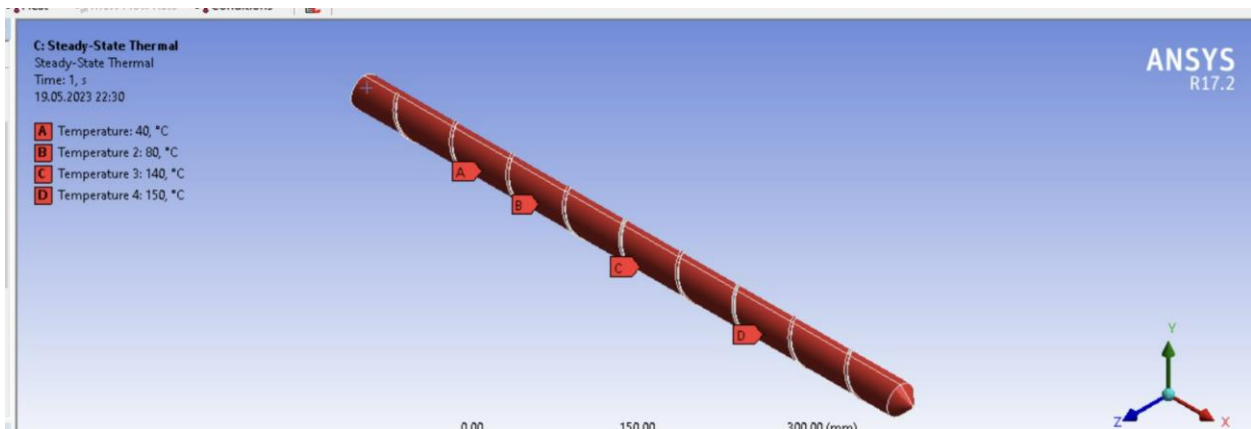


Рисунок 9 – Схема теплового навантаження на модель черв'яка в модулі Static Structural

До модернізованого черв'яка прикладенно аналогічні навантаження

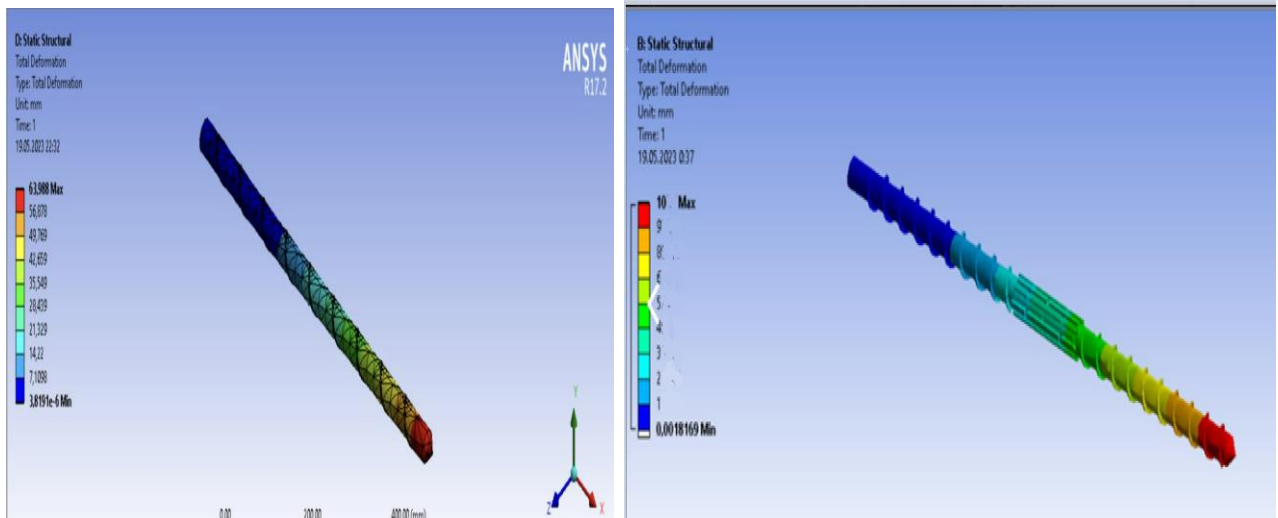


Рисунок 10 –Поле результуючих переміщень

Висновки: Максимальне напруження в черв'яку не перевищує допустимого значення для даного типу сталі. З використанням розрахованої температури черв'яка ми обчислюємо середній тепловий потік черв'яка для базової та модернізованої конструкції. Аналізуючи наведені раніше результати розрахунків, ми можемо зробити висновок, що загальна деформація на модернізованій машині менша та це покращить експлуатаційні характеристики машини.

Перелік розглянутих патентів

№ п.п.	Предмет пошуку	Країна видачі, вид та номер документу	Сутність заявленого технологічного рішення і ціль його створення
1	2	3	4
1	Черв'ячний пресс	№ 2 460 644 (МПК В02С17/06, 2005р.)	В патенті № 2 460 644 (МПК В02С17/06, 2005р.) розглянуто задачу з розширення асортименту продукції, результат досягається тим, що мундштук черв'ячного преса встановлений в корпусі головки черв'ячного преса з можливістю обертання навколо горизонтальної осі, причому на зовнішній циліндричній поверхні мундштука, що виступає з корпусу, виконані шестигранник і різьблення, за допомогою якої і за допомогою гайки мундштук кріпиться до корпусу, а на вільному кінці мундштука виконано зовнішнє різьблення.
2	Черв'ячний пресс	№1737 (МПК В29С 47/60, 2002р.)	В патенті №1737 (МПК В29С 47/60, 2002р.) було поставлено за мету вдосконалити черв'як екструдера для перероблення полімерних матеріалів, в якому нове конструктивне виконання гребенів його нарізки зменшило би зворотний потік перероблюваного матеріалу крізь зазор "гребінь нарізки - корпус екструдера" при збереженні високого змішувального ефекту черв'яка, поставлена задача вирішується тим, що в черв'яку екструдера для перероблення полімерних матеріалів, що містить вал з послідовно розташованими хвостовиком, зонами живлення, стискання и дозування, а також наконечником, при цьому вал на ділянках зон живлення, стискання й дозування споряджений

			гвинтовою нарізкою, а на гребені нарізки зони дозування виконані розташовані поперечно йому пази, згідно з пропонованою корисною моделлю новим є те, що пази скошені в бік хвостовика вала
3	Черв'ячний пресс	№3799 (МПК В29С47/00, 2004р.)	В патенті №3799 (МПК В29С47/00, 2004р.) покладено задачу вдосконалення черв'яка екструдера для переробки матеріалів, в якому його нове конструктивне виконання забезпечує регулювання розмірів міжвиткового простору, а отже і розширяє технологічні можливості черв'яка за рахунок переробки широкого класу матеріалів. Поставлена задача вирішується тим, що в черв'яку екструдера для переробки матеріалів, що містить осердя з розташованим на ньому по гвинтовій лінії гребенем, згідно з пропонованою корисною моделлю новим є те, що осердя має щонайменше одну ділянку із закріпленою на ньому в один або декілька шарів стрічкою.
4	Черв'ячний пресс	№5074 (МПК В29С47/60, 1978р.)	В патенті №5074 (МПК В29С47/60, 1978р.) було поставлено за мету підвищити якість змішування внаслідок одноразового проходження матеріалу через зону інтенсивного зсуву в проміжках між перегородками і внутрішньою поверхнею корпусу, а також підвищення продуктивності черв'яка. Ціль досягається тим, що змішувальний елемент виконується з проміжними пазами, розділеними між собою перегородками, що утворюють з основними перегородками замкнуті контури. При цьому поверхня змішувального елемента утворена

			площинами , похилими до поздовжньої осі змішувального елемента
5	Черв'ячний пресс	№48384 (МПК В29С 47/38, 2009р)	В патенті №48384 (МПК В29С 47/38, 2009р) покладено задачу вдосконалити циліндр черв'ячного екструдера, у якому нове конструктивне виконання його циліндричної труби забезпечує зменшення теплових втрат під час нагрівання циліндра, а також зниження його матеріалоемності. Поставлена задача вирішується тим, що в циліндрі черв'ячного екструдера, що містить циліндричну трубу з фланцями на кінцях, споряджену теплообмінною оболонкою зі штуцерами для підводу й відводу теплоносія, згідно з корисною моделлю, що пропонується, новим є те, що у стінці циліндричної труби виконані поздовжні отвори для розміщення в них