

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

**Інженерно-хімічний факультет  
Кафедра хімічного полімерного і силікатного машинобудування**

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ О.Л.Сокольський  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою «Інжиніринг та комп'ютерно-інтегровані технології проектування інноваційного галузевого обладнання»**

**зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»**

**на тему: «Лінія для виробництва стрічкових гумових заготовок з модернізацією екструдера»**

Виконав:

студент 6 курсу, групи ЛП-21МП  
Онищенко Дмитро Володимирович \_\_\_\_\_

Науковий керівник:

Зав. каф., доктор технічних наук  
Сокольський Олександр Леонідович \_\_\_\_\_

Консультант з «Модернізація»:

д.т.н., проф. Щербина Валерій Юрійович \_\_\_\_\_

Консультант з автоматизації

ст. викл. Жураковський Ярослав Юрійович \_\_\_\_\_

Рецензент:

Посада, науковий ступінь, вчене звання,  
Прізвище, ім'я, по батькові \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2024 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**ІНЖЕНЕРНО - ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
**Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Інжиніринг та комп'ютерно-інтегровані технології проектування інноваційного галузевого обладнання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Сокольський О.Л.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
**Онищенку Дмитру Володимировичу**

1. Тема дисертації «Лінія для виробництва стрічкових гумових заготовок з модернізацією екструдера», науковий керівник дисертації Сокольський Олександр Леонідович, зав. каф., доктор технічних наук, затверджені наказом по університету від «01»11\_\_\_\_\_ 2023р. №5098
2. Термін подання студентом дисертації 19.01.2024
3. Об'єкт дослідження: Лінія для виготовлення гумових заготовок
4. Предмет дослідження: Розрахунки і вдосконалення екструзійного агрегату
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: пояснювальна записка, яка включає в себе: вступ, призначення та галузь застосування черв'ячного екструдера, літературно – патентний огляд варіантів модернізації черв'ячного екструдера, обґрунтування вибору варіантів модернізації черв'ячного екструдера, розрахунки які підтверджують працездатність черв'ячного екструдера, доцільність розробки та використання черв'ячного екструдера, модернізація черв'яка черв'ячного екструдера.
6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: технологічна лінія виготовлення гумових заготовок (формат А1); загальний вигляд машини (формат А1); базовий черв'як (формат А1); модернізований черв'як (формат А1); вальці (формат А1); модернізовані вальці (формат А1); плакат розрахунків (формат А1).

7. Орієнтовний перелік публікацій \_\_\_\_\_

8. Консультанти розділів дисертації

| Розділ                           | Прізвище, ініціали та посада консультанта  | Підпис, дата   |                  |
|----------------------------------|--|----------------|------------------|
|                                  |  | завдання видав | завдання прийняв |
| Монтаж і експлуатація обладнання | Борщик С.О., ст.викладач каф. ХПСМ         |                |                  |
| Автоматична система керування    | Жураковський Я. Ю., ст. викладач каф. ТПЗА |                |                  |
| Загальний                        | Щербина В.Ю., д.т.н., проф.                |                |                  |
| Перевірка                        | Щербина В.Ю., д.т.н., проф.                |                |                  |

9. Дата видачі завдання 14.11.2023р.

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання магістерської дисертації | Термін виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
|-------|---|--|----------|
|       | Вступ, опис лінії.                              | 06.11 – 16.11.2023                               |          |
|       | Літературно-патентний огляд                     | 17.11 – 26.11.2023                               |          |
|       | Розрахунки                                      | 27.11 – 03.12.2023                               |          |
|       | Креслення                                       | 04.12 – 10.12.2023                               |          |
|       | Охорона праці                                   | 11.12 – 17.12.2023                               |          |
|       | Монтаж та експлуатація                          | 18.12 – 19.12.2023                               |          |
|       | Автоматизація                                   | 20.12 – 31.12.2023                               |          |
|       | Модернізація                                    | 01.01 – 15.01.2024                               |          |

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Онищенко Д.В.

Керівник дисертації

\_\_\_\_\_ (підпис)

Сокольський Л.О.

## РЕФЕРАТ

Магістерська виконавча робота на тему «Лінія для виробництва стрічкових гумових заготовок з модернізацією екструдера», яка складається в свою чергу з теоретичної частини та графічних матеріалів (сюди входять 120 сторінок тексту, 40 схем, 25 таблиць, декілька додатків, 14 джерел та 6 креслень). Об'єкт нашого дослідження являється виробництво стрічкових гумових заготовок. Робота спрямована на модернізацію черв'яка екструдера для потрібної геометрії, що в свою чергу покращить виробництво.

Мета роботи полягає у розробці та створенні черв'яка екструдера для формування гумових заготовок. Крім цього виконуємо модернізацію по переобладнанню черв'яка.

Ця робота розглядає основні принципи функціонування та будову черв'яка екструдера, сам екструдер який використовується у технологічній лінії для виробництва гумових та стрічкових виробів. Проводячи технічний аналіз параметрів та характеристик роботи екструдера та черв'яка, було виконано параметричний та міцності розрахунки деталей та агрегатів за допомогою системи Ansys. Отримані фінальні результати підтверджують ефективність та доцільність модернізації, яку ми обрали.

Одним з наявних недоліків базової конструкції екструдера являється неможливість підвищити швидкість та якість виробництва через неякісну форму черв'яка. Для оновлення конструкції черв'яка проведено аналіз літературних джерел та патентів, що дозволило в свою чергу запропонувати 2 модифікації. Одна з них включає в себе вдосконалення штифтами для черв'яка.

Ключові слова: гумові вироби, стрічкові вироби, екструдер, черв'як, модернізація.

## **THE ABSTRACT**

The master's thesis focuses on "Production Line for Manufacturing Rubber Strip Blanks with modernization of extruder." It comprises a theoretical section and graphical materials, encompassing 120 pages of text, 40 diagrams, 25 tables, several appendices, 14 references, and 6 drawings. The research objective centers on modernizing the extruder worm to enhance production by achieving the necessary geometry. It aims to develop and create an extruder worm for shaping rubber blanks and involves re-equipping the worm.

The work examines the functioning principles and structure of the extruder worm used in manufacturing rubber and strip products. Technical analysis using Ansys involved parameter and strength calculations for components. The final outcomes validate the chosen modernization's efficiency. One drawback is the inability to enhance production speed and quality due to the worm's inadequate form. The thesis proposes two modifications, one of which involves improving the worm with pins based on the analysis of literature and patents.

key words: rubber products, tape products, extruder, worm, modernization.

## ЗМІСТ

|  |     |
|--|-----|
| Реферат .....  | 4   |
| ВСТУП .....  | 8   |
| 1 Опис базової конструкції, її основних частин та принципу дії. Лінія виробництва з використанням екструдера ..... | 10  |
| 2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ .....  | 18  |
| 3 Патентний огляд модернізації черв'яка екструдера.....  | 19  |
| 4 ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ .....   | 27  |
| 5 Розрахунки, які підтверджують працездатність та надійність конструкції.....                                      | 32  |
| 5.1 Параметричний розрахунок: .....  | 32  |
| 5.2 Тепловий розрахунок.....   | 38  |
| 5.3 Розрахунок черв'яка на міцність .....  | 45  |
| 5.4 Програмний розрахунок валка.....   | 55  |
| 6 СПЕЦІАЛЬНІ РОЗДІЛИ.....  | 73  |
| 6.1 Монтаж та експлуатація .....   | 73  |
| 6.2 Автоматизація.....   | 81  |
| 6.3 Стартап проект .....   | 95  |
| 6.4 Охорона праці.....   | 107 |
| 7.Модернізація вузла установки.....  | 114 |
| ВИСНОВКИ.....  | 119 |
| Список Посилань: .....   | 120 |

|           |      |             |        |      |   |      |                           |         |
|-----------|------|-------------|--------|------|---|------|---------------------------|---------|
|           |      |             |        |      | <b>ЛП-21мп.167240.01-70ПЗ</b>   |      |                           |         |
| Зм.       | Арк. | № Докум.    | Підпис | Дата | <b>Лінія для виробництва стрічкових<br/>гумових заготовок<br/>модернізації екструдера<br/>Сікорського</b> | Літ. | Арк.                      | Аркушів |
| Разраб    |      | Онищенко    |        |      |   |      | 1                         |         |
| Перевір   |      | Сокольський |        |      |   | 3    | КПІ ім. Ігоря Сікорського |         |
| Н. Контр. |      |             |        |      |   |      |                           |         |
| Затв.     |      | Сокольський |        |      |   |      |                           |         |

|  |     |
|--|-----|
| ДОДАТОК А: СПЕЦИФІКАЦІЇ .....                                | 123 |
| Черв'ячного екструдера та код програми виконання валка ..... | 123 |
| ДОДАТОК Б. ТАБЛИЦЯ РОЗГЛЯНУТИХ ПАТЕНТІВ ТА .....             | 131 |
| ЛІТЕРАТУРНИХ ПУБЛІКАЦІЙ.....                                 | 131 |

|      |      |             |         |      |                                 |      |
|------|------|-------------|---------|------|---------------------------------|------|
|      |      |             |         |      | <i>ЛП-21мп. 16724.0.01-70ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Підпись | Дата |                                 |      |

## ВСТУП

Черв'ячні машини призначені для виготовлення заготовок із гумових сумішей різного профілю та будь-якої довжини, для очищення гумових сумішей від сторонніх включень, для гранулювання каучуку і гумових сумішей, для пластифікації природного каучуку, віджимання вологи з каучуку і регенерата, для обкладання кабелів, шлангів і рукавів гумовою сумішею.

Черв'ячні машини використовуються як змішувачі для гуми та пластифікації в черв'ячно-поршневих литвових машинах.

За допомогою черв'ячних машин реалізується процес шприцевання гумових сумішей, який полягає в неперервному виштовхуванні розігрітого пластичного матеріалу через профільне отвір інструменту, розташованого в головці черв'ячної машини. В результаті цього виштовхування формується заготовка, поперечний переріз якої відповідає геометричній формі отвору. Таким способом отримують заготовки протекторів, камер, ущільнювачів, шнурів, шлангів тощо.

Принцип дії. Початковий матеріал, який підлягає обробці на черв'ячній машині, може мати форму кусків, смуг, гранул. Для машин теплого живлення гумова суміш подається у вигляді стрічки, зрізаної з валків вальців. Матеріал завантажується в бункер, потрапляє на поверхню обертаючогося черв'яка і його різанням вивозиться в циліндр. При цьому відбувається ущільнення і неперервна деформація матеріалу, супроводжувана переміщенням до головки. Головка і розміщений в ній профілюючий інструмент створюють опір руху матеріалу, завдяки чому і в самій головці, і в циліндрі створюється значний тиск, який впливає на роботу машини. Перероблюваний матеріал послідовно проходить через чотири робочі зони машини: зону завантаження I, зону пластифікації II, виштовхувальну (або дозуючу) зону III та зону формування (або зону головки) IV. Винтова нарізка черв'яка забезпечує деформацію матеріалу та його неперервне переміщення вздовж циліндра від лотка до

головки. У дозуючій зоні черв'як служить елементом винтового насоса; тут матеріал додатково гомогенізується і знаходиться в пластичному і в'язко-текучому стані. У четвертій зоні матеріал формується в заготовку того чи іншого профілю. Вирішальним фактором для переміщення матеріалу в черв'ячній машині є його взаємодія з рухомою поверхнею обертаючого черв'яка та непорушною поверхнею циліндра. У зоні завантаження велике значення має величина коефіцієнта тертя між матеріалом і поверхнею черв'яка, а також між матеріалом і поверхнею циліндра. Щоб матеріал міг переміщуватись вздовж осі черв'яка, коефіцієнт тертя матеріалу на поверхні черв'яка повинен бути мінімальним, а коефіцієнт тертя матеріалу на поверхні циліндра досить великим. Якщо це умова не виконується, то матеріал може обертатися разом із черв'яком, не переміщаючись в напрямку головки. Сприятливий режим роботи машини в зоні завантаження досягається вибором відповідної геометрії винтової нарізки черв'яка, форми завантажувального отвору в циліндрі, обробкою поверхні черв'яка і циліндра, а також підбором потрібних теплових і швидкісних параметрів технологічного процесу.

## 1 ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ. ЛІНІЯ ВИРОБНИЦТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ЕКСТРУДЕРА

Черв'ячний екструдер (Рисунок 1.1) складається з матеріального циліндру 5 із завантажувальною воронкою 13, і розміщеному в них черв'яка 6, який приводить в оберти рух від клиноременевої передачі електродвигуна постійного току. Тепловий режим підтримується за рахунок нагрівників 10, вентиляторів 12 і системи повітряного охолодження циліндру, пристрою охолодження черв'яка. Всі складальні одиниці пресу змонтовані на зварній рамі 1, а циліндр закритий спеціальним кожухом 2 [1].

Циліндр преса 5 представляє собою товстостінну трубу з двома фланцями та твердосплавною наплавкою всередині циліндру. Зовнішня поверхня циліндру розділена на 5 температурних зон. В кожній встановлені електронагрівники індукційні 10, а також перетворювач термоелектричний, сигнал від якого подається в комплектний пристрій терморегулювання.

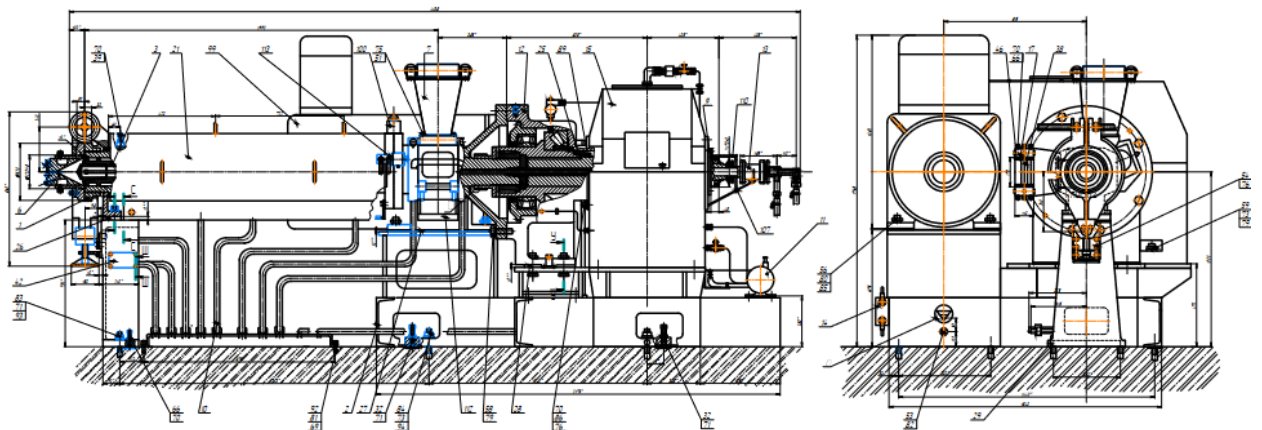


Рисунок 1.1 – Черв'ячний екструдер

1 – корпус; 2 – рама; 3 – черв'як; 4 – охолодження черв'яка; 5 – головка профільна; 6 – бункер; 7 – виштовхувач; 8 – вузол упорного підшипника; 9 – редуктор; 10 – шарнір; 11 – кожух;

В двох перших зонах вентилятори охолодження присутні, в третій зоні (перехідній до головки) – відсутній. В завантажувальній частині циліндру на зовнішній поверхні передбачені канали для охолодження завантажувальної воронки 13 водою, витрата води регулюється вручну та за допомогою вентиляю.

Для сприйняття осьових навантажень від черв'яка на тихохідному валу редуктора змонтований упорний підшипник 3. Редуктор 9 змащується від насоса. В картері редуктора встановлено теплообмінник для охолодження масла водою [2]. В системі змазки передбачено реле тиску, котре повинне давати сигнал для відключення електродвигуна приводу черв'яка при падінні тиску масла в системі менше 0,05 МПа.

Черв'як. Найважливішою деталлю черв'ячної машини, її робочим органом є черв'як. Технологічне призначення машини визначається в основному конструкцією черв'яка. Зазвичай черв'як складається з двох нероз'ємних частин: нарізної частини та хвостовика. Нарізна частина входить в циліндр машини і є її функціональним органом, хвостовик служить для з'єднання черв'яка з приводом машини.

За кількістю нарізних заходів черв'яки поділяються на:

1. Однозахідні, двозахідні, трьозахідні;
2. Комбіновані - однозахідні у зоні воронки і двозахідні в дозуючій зоні.

Двозахідна нарізка забезпечує більш рівномірне подавання перероблюваного матеріалу в головку, ніж однозахідна нарізка.

Черв'яки виготовляються з постійним за довжиною кроком нарізки і змінним. Глибина нарізки також може бути постійною або змінною. Відношення об'єму гвинтової канавки на довжину черв'яка за один крок нарізки у зоні воронки до такого ж об'єму у зоні нагнітаючої носить назву ступеня стиску.

Ступінь стиску вибирається експериментально і зазвичай становить 1,2-1,3. Необхідний ступінь стиску досягається або змінною глибиною нарізки, або змінним кроком, або і тим, і іншим одночасно.

За формою черв'яки конструюються:

1. Циліндричними;
2. Конічними;
3. Конічно-циліндричними.

Відношення довжини нарізної частини черв'яка до його діаметру  $D$  визначає технологічне призначення машини. Машини, призначені для переробки розігрітих гумових сумішей, мають це відношення в межах 3-5. В машинах, що переробляють каучуки та холодні гумові суміші, використовуються більш довгі черв'яки, довжина нарізної частини яких сягає 10 діаметрів і більше.

Тепер розглянемо більш детально лінію виробництва гумових виробів.

Стрічки для транспортерів і протектори шин є важливими компонентами у виробництві шин і транспортерних систем. Ось кілька ключових аспектів щодо цих стрічок:

#### **Матеріали:**

Транспортерні стрічки: Виготовляються з різних матеріалів, таких як гума, текстильні матеріали, сталеві волокна тощо. Головна мета - забезпечити міцність, гнучкість і зносостійкість.

Протектори шин: Тут також використовують гуму, яка має високий опір стиранню, абразивості і добру адгезію до дорожнього покриття. Склад і структура протектора визначають характеристики шини, включаючи тривалість служби і характеристики тягового зчеплення.

#### **Структура і Дизайн:**

Транспортерні стрічки: Зазвичай мають множинну шарів для забезпечення необхідних характеристик міцності та гнучкості.

Протектори шин: Мають специфічний дизайн, який впливає на водовідведення, адгезію та інші параметри. Різні глибини жолобків і блоків можуть підвищити ефективність у різних умовах.

### **Властивості:**

Транспортерні стрічки: Важливі властивості включають міцність на розтяг, стійкість до впливу агресивних середовищ, а також стабільність розмірів і форми під впливом навантаження.

Протектори шин: Основні характеристики - опір стиранню, абразивності, стійкість до перепадів температур і здатність до самоочищення.

### **Виробництво:**

Транспортерні стрічки: Виробляються шляхом обробки і змішування різних матеріалів, які потім формуються в стрічки під впливом тиску та температури.

Протектори шин: Процес виготовлення може включати екструзію гуми, шарування та інші операції для досягнення визначених властивостей.

Загалом, якість і характеристики цих стрічок визначають продуктивність транспортерів і якість шин, виготовлених з їх участю.

Розглянемо більш детально суміш гумову, яка використовується в нашому виробництві. Вона являє собою багатокомпонентну систему, яка складається з 10-15 компонентів; по об'єму гумові суміші складають біля 60-80% каучуку, 2-3% різних інгредієнтів і 17-38% сажі або крейди. Якість гумової суміші залежить від рівномірного розподілення в ній всіх компонентів і від її здатності легко піддаватися пластичним деформаціям при подальшій переробці. Порошкові інгредієнти, що вводяться в гумозмішувач, у тому числі й сажа, складаються з твердих дрібних частинок, в низці випадків агломерованих. Щоб ввести їх в каучукове середовище і розподілу в ньому прикладається зусилля для подолання сил взаємодії між частинками агломерованого наповнювача.

Що стосується змішувача, то тут застосовується **роторний тип**. Цей гумозмішувач призначено для змішування каучуку з наповнювачами, сіркою та іншими компонентами, тобто для приготування гумових сумішей з пластичністю не менш 0,03.

Він містить змішувальну камеру, яка зібрана із двох сталевих напівциліндрів та двох чавунних торцевих стійок – боковин, встановлена на фундаментній плиті. Змішування завантаженого матеріалу здійснюється двома сталевими фігурними роторами, встановленими у змішувальній камері та поворотними назустріч один одному з різними швидкостями. Над змішувальною камерою встановлена завантажувальна воронка, через яку проводиться завантаження компонентів у змішувальну камеру. Воронка зачиняється відкидними дверцятами, які рухаються за допомогою пневмоциліндра. Над завантажувальною воронкою встановлений другий пневмоциліндр з поршнем, до штоку якого прикріплений запірний пристрій, який являє собою клин прямокутного перерізу. У нижньому положенні поршня клин щільно зачиняє завантажувальний отвір змішувальної камери і за допомогою пневмоциліндра створює тиск на суміш від 0,5 до 2 Н/м<sup>2</sup>.

Ротори змішувача встановлюють на підшипниках ковзання або кочення та приводять до обертання від приводу через блок-редуктор за допомогою електродвигуна.

Робота змішувача здійснюється наступним чином. При зачиненому нижньому розвантажувальному отворі відкривається дверцята завантажувальної воронки, вантаж піднімається вгору та за допомогою автоматичних зважувальних пристроїв компоненти суміші завантажуються у змішувальну камеру за встановленою технологією послідовністю.

Після завантаження інгредієнтів суміші зачиняється верхній отвір, ротори обертаються та починається процес змішування.

По закінченню змішування відповідно до технологічного режиму обертання роторів призупиняється та відкривається нижній

розвантажувальний отвір. Знову вмикається обертання роторів та отримана суміш вивантажується на приймальний транспортер або приймальний пристрій наступних машин технологічної лінії.

Розвантаження гумової суміші здійснюється через отвір, який розміщений у нижній частині змішувальної камери. Затвор являє собою дверцята, які приводиться в дію за допомогою гідроциліндра.

Крім роторного гумозмішувача для змішування з різноманітними інгредієнтами застосовують гумообробні **вальці**. Крім змішування вальці забезпечують листування гумових сумішей з температурою в межах 15-130°C.

Вальці являють собою двовалкову машину, основними робочими органами якої являються валки, що розміщені в горизонтальній площині і обертаються назустріч одне одному. Валки вальців обертаються в підшипниках кочення, змонтованих в двох станінах. Станини являють собою Н-подібні рами, що закріплені нижніми стійками на фундаментній плиті. Верхні стійки кожної рами охоплені траверсами і утворюють разом з перекладиною рами прямокутний отвір, в якому розміщуються корпуси підшипників. Підшипники заднього валка прикріплюються нерухомо до станіни, підшипники переднього валка встановлені так, що їх можна пересувати по станіні для регулювання зазору між валками. Регулювання величини зазору між валками відбувається за допомогою спеціальних механізмів регулювання зазору. На кожній з станін вальців є указники величини зазору.

Вальці приводяться до руху від спеціального приводу, що складається з блоку редуктора, універсальних муфт та електродвигуна. Привід і вальці змонтовано на спільній фундаментній плиті.

Валок виготовлено з чавуну. По всьому діаметру валка просвердлено канали для охолоджувальної води. Праву сторону валка закрито заглушкою, яка ущільнюється за допомогою прокладки. Внутрішня порожнина валка призначена для приєднання та розташування у ній механізму подачі

охолоджувальної води. Вода, потрапивши в праву порожнину, поступає по похилим каналам, просвердленим в корпусі валка. Кожний канал з'єднано з горизонтальним каналом охолодження. Пройшовши по цим каналам, вода потрапляє в ліві похилі канали і крізь ліву порожнину охолодження йде на злив. Отвори похилих каналів доходять до внутрішньої порожнини. З торця бочки валка просвердлені похилі та горизонтальні отвори закриті кільцем з прокладкою. Кільце притягується до площини торця бочки за допомогою спеціальних пробок, які вставлені в корпус валка.

Схема лінії виробництва наведена на Рис.1.2:

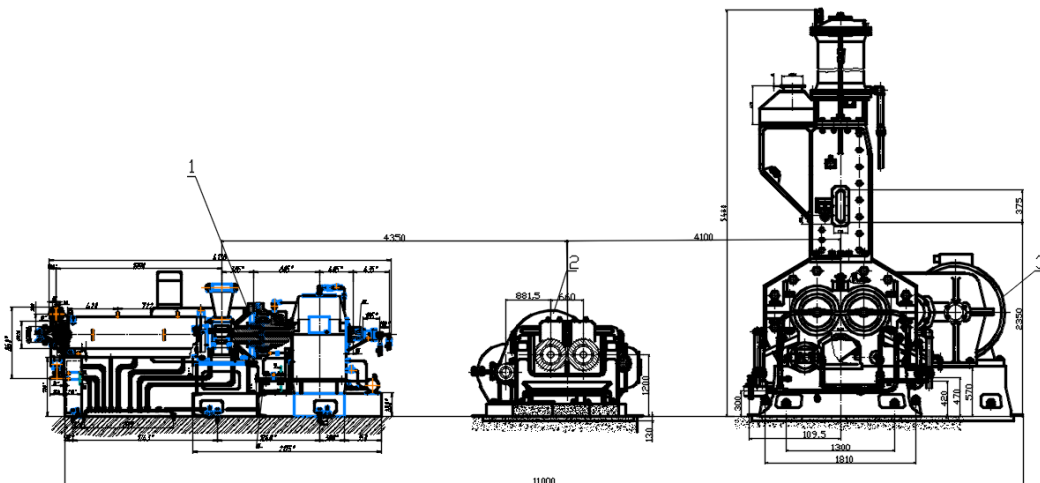


Рис.1.2 – Схема лінії для виробництва стрічкових гумових:

1 – Черв'ячний екструдер; 2 - Редуктор; 3 - Компресор.

За допомогою екструдера 1 матеріал розплавляється і надається форма виробу виготовлення. Після розплаву подається в охолоджувальні ванни 2 та 3 і подається до різака, яким регулюється довжина труб. Після різака за допомогою захвата готові вироби подаються на пакувальний пристрій для готової продукції.

У представленій лінії використовується екструдер з черв'яком діаметром  $D=63\text{мм}$ , відношення довжини робочої частини до його діаметра  $L/D=32$ .

Однією з основних технологій переробки пластмас та виготовлення з них різноманітних деталей та профільної продукції є екструзія. Полягає вона

в приготуванні розплаву полімерів з подальшим продавлювання його через формуючі сопла - спеціальні насадки, що надають матеріалу задану форму. Головним елементом виробничої лінії, що використовує подібну методику, є екструдер для пластику (дану інформацію було запозичено в посиланні [5]).

Принцип виробництва конвеєрних стрічок і приводних пасів продемонстровано в ролику [3].

## 2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ

Для складання точного робочого процесу машини, було виділено в окрему таблицю основну технічну характеристику (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика черв'ячного екструдера

|   |  |
|---|--|
| 1. Продуктивність екструдера  | до 1200 кг/год   |
| 2. Діаметр черв'яка екструдера  | 160 мм   |
| 3. Відношення діаметра черв'яка екструдера до його довжини  | 1:30   |
| 4. Частота обертання черв'яка   | 0.29-1.667с <sup>-1</sup>  |
| 5. Число заходів черв'яка   | 2  |
| 6. Тип формуючої головки екструдера   | Головка протекторна  |
| 7. Привід екструдера:<br>1) електродвигун:<br>2) Потужність двигуна<br>Число обертів<br>Робоча напруга<br>3) редуктор приводу | 4А 200 С4 У3<br>200 кВт<br>До 1000 об/хв<br>380 В<br>1Ц2У-400-10-14-У3 |
| 8. Габарити<br>1) довжина<br>2) ширина<br>3) висота   | 2865<br>2400<br>2200   |
| 9. Маса   | 2590 кг  |
| 10. Перероблюваний матеріал   | Гумова суміш   |

### 3 ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД МОДЕРНІЗАЦІЇ ЧЕРВ'ЯКА ЕКСТРУДЕРА

В даному пункті розглядається модернізація черв'яка екструдера. Для порівняння і вибору потрібної модернізації проведено патентне дослідження.

Патентні дослідження:

Розглянемо більш детальніше конструкції даних нам патентних матеріалів.

1) Патент [6]:

Пропонується конструкція черв'яка екструдера для переробки матеріалів, що містить осердя з розташованим на ньому по гвинтовій лінії гребнем, який відрізняється тим, що осердя має щонайменше одну ділянку із закріпленою на ньому в один або декілька шарів стрічкою.

Корисна модель належить до пресового обладнання, зокрема до елементів екструзійних пристроїв для переробки різноманітних матеріалів, наприклад на основі полімерів.

Одними з найрозповсюдженіших екструдерів є черв'ячні, одним з основних робочих органів яких є черв'як. Так, традиційний черв'як екструдера для переробки матеріалів, що містить осердя з розташованим на ньому по гвинтовій лінії гребнем. Цей черв'як забезпечує ефективну переробку певного класу матеріалів, проте його застосування обмежено, оскільки він має незмінну геометрію міжвиткового простору по всій робочій довжині.

В основу корисної моделі 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.

Технічний результат продемонстровано на схемі даного пристрою (рис. 3.1):

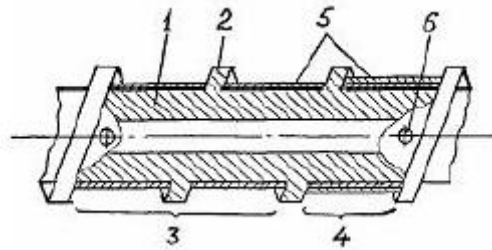


Рисунок 3.1 – Черв'як екструдера

Черв'як екструдера містить осердя 1 з розташованим на ньому по гвинтовій лінії гребенем 2. Осердя 1 має ділянки 3 і 4 із закріпленою на ньому в один (ділянка 3) або декілька (ділянка 4) шарів стрічкою 5 (Рис. 3.1).

Принцип роботи:

Залежно від перероблюваного матеріалу й режиму переробки підбирають геометрію черв'яка за рахунок закріплення на певних ділянках його осердя стрічку. При цьому стрічку в один або декілька шарів можна закріплювати на осерді гвинтами. Стрічка може бути виготовлена зі зносотривкого матеріалу й мати необхідну шорсткість. Бажано також, щоб коефіцієнт температурного розширення матеріалу стрічки був не більше коефіцієнта температурного розширення осердя черв'яка, тоді під час роботи екструдера не відбудеться відшарування їх один від одного. Краї кожного шару стрічки з метою запобігання утворенню "сходинок" у міжвитковому просторі черв'яка бажано звести нанівець. Найбільш технологічним і зручним в експлуатації є черв'як, коли його осердя має постійний зовнішній діаметр, а гвинтова лінія, утворена гребенем, - постійний крок.

Пропонований черв'як, нескладний у виготовленні та експлуатації, забезпечує ефективну переробку найрізноманітніших матеріалів.

2) Патент [8]:

Відомий черв'як екструдера, що містить розташований між витками черв'яка змішувальний елемент, виконаний з пазами, відкритими з боку входу та виходу у напрямку руху матеріалу, розділеними між собою основними перегородками.

Такий черв'як є найбільш близьким до винаходу по технічній сутності і досягається результату.

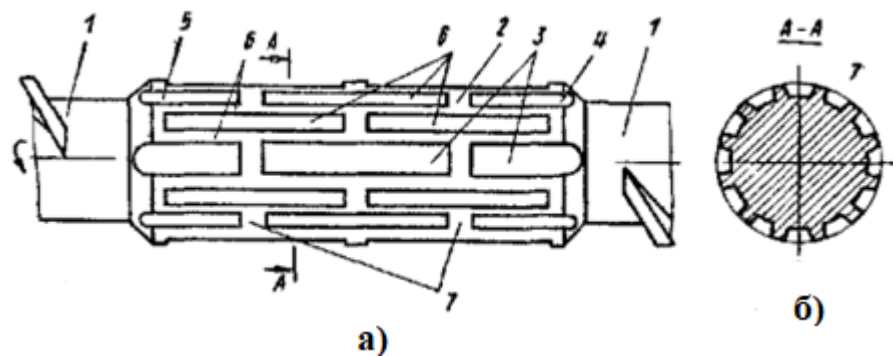
Недоліком черв'яка є невисока якість змішування внаслідок одноразового проходження матеріалу через зону інтенсивного зсуву в зазорі між перегородками та внутрішньою поверхнею корпусу.

Метою винаходу є поліпшення якості змішування та підвищення продуктивності екструдера.

Вказана мета досягається тим, що змішувальний елемент виконано з проміжними пазами, розділеними між собою перегородками, утворюють з основними перегородками замкнуті контури.

При цьому поверхня змішувального елемента утворена площинами, нахиленими до поздовжньої осі змішувального елемента.

Ідея технічного рішення поставленої задачі показана на рис. 3.2.



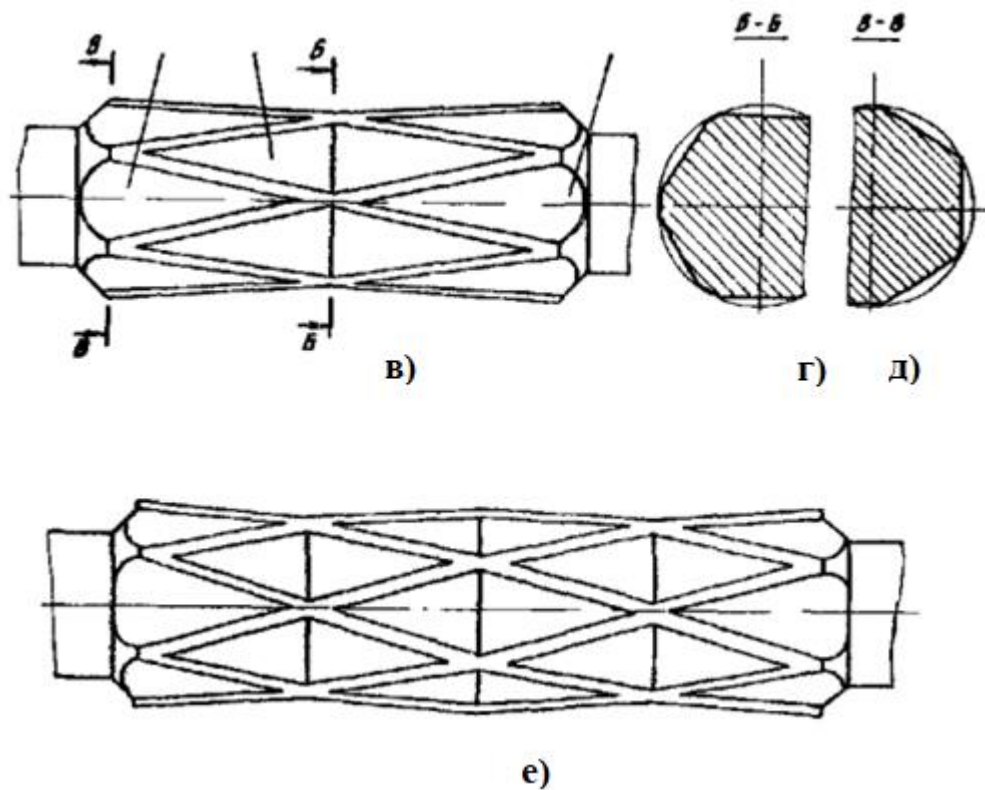


Рисунок 3.2 – а) – Черв'як з змішувальним елементом; б) – переріз змішувального елемента по А-А; в) - черв'як із змішувальним елементом, поверхня якого утворена площинами, похилими до поздовжньої осі змішувального елемента;  
 г) - переріз змішувального елемента Б-Б; д) - переріз В-В; е) - зображено черв'як, який містить кілька рядів проміжних пазів

Черв'як екструдера містить розташований між витками черв'яка 1 змішувальний елемент 2, виконаний з пазами 3, відкритими з боку входу 4 і 5 виходу у напрямку руху матеріалу. Змішувальний елемент містить 2 основні перегородки 6 і поперечні перегородки 7, розташовані між входом 4 та виходом 5 пазів 3 та розділяючі пази 3 окремі ділянки. Поверхня змішувального елемента 2 може бути утворена площинами 8, нахиленими до поздовжньої осі змішувального елемента 2. Отримані таким чином пази мають у кожній точці клиноподібний переріз, причому їх висота змінюється вздовж осі елемента від нуля до максимуму та знову до нуля.

При роботі екструдера розплав полімеру подається витками черв'яка 1 змішувальний елемент 2 і потрапляє у вхідні пази 4. Під дією обертання черв'яка і тиску, розвивається витками черв'яка 1, розплав продавлюється через зазор між перегородками б змішувального елемента 2 і внутрішньою стінкою корпусу екструдера в сусідній проміжний паз 3, з якого таким же чином у сусідній паз тощо. До виходу із змішувального елемента 2 через вихідний паз 5 (рис. 4.3 – а). У зазорах полімер піддається інтенсивному зсуву і відбувається його змішування та гомогенізація. Потрапляючи в пази 3, де інтенсивність зсуву значно менша, полімер змішується з порціями матеріалу, що надійшли з інших пазів, внаслідок чого відбувається усереднення температурного поля. Проходячи послідовно через зони з різною інтенсивністю зсуву і переміщаючись через змішувальні контури за складними траєкторіями, матеріал знаходиться в оптимальних умовах для гомогенізації та змішування. Зміною довжини пазів, їх перетину, кількості замкнених змішувальних контурів, ширини перегородок можна забезпечити необхідний ступінь змішування, запобігти перегріву та деструкції матеріалу.

Виконання змішувального елемента є дуже простим у виготовленні, забезпечує високу якість змішування завдяки, зокрема, клиноподібній формі пазів та виключає утворення застійних зон внаслідок плавної зміни перерізу пазів за довжиною.

### 3) Патент [9]:

Корисна модель належить до обладнання для перероблення термопластичних матеріалів, у тому числі й композиційних, і може бути використана в полімерпереробних екструзійних лініях, зокрема при виготовленні робочого органу одночерв'ячних або двочерв'ячних екструдерів.

Для перероблення термопластичних матеріалів (полімерів, пластичних мас, гумових сумішей і композицій на їх основі) широкого поширення набули одночерв'ячні та двочерв'ячні екструдери, робочими органами яких є черв'яки. Так, відомий черв'як екструдера для перероблення полімерних матеріалів, що

містить вал з послідовно розташованими хвостовиком, зонами живлення, стискання й дозування, а також наконечником, при цьому вал на ділянках зон живлення, стискання й дозування споряджений гвинтовою нарізкою. Цей черв'як є найрозповсюднішим у полімерпереробному екструзійному обладнанні. Забезпечуючи достатньо надійну роботу екструдерів, він проте має суттєвий недолік - низьку змішувальну здатність. Особливо це проявляється під час перероблення композиційних матеріалів, коли необхідно ретельно перемішати компоненти суміші.

Найбільш близьким до пропонованої корисної моделі є черв'як екструдера для перероблення полімерних матеріалів, що містить вал з послідовно розташованими хвостовиком, зонами живлення, стискання й дозування, а також наконечником, при цьому вал на ділянках зон живлення, стискання й дозування споряджений гвинтовою нарізкою, а на гребені нарізки зони дозування виконані поперечні пази постійної глибини.

В основу корисної моделі покладено задачу 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.

Ідея технічного рішення поставленої задачі показана на рис. 3.3.

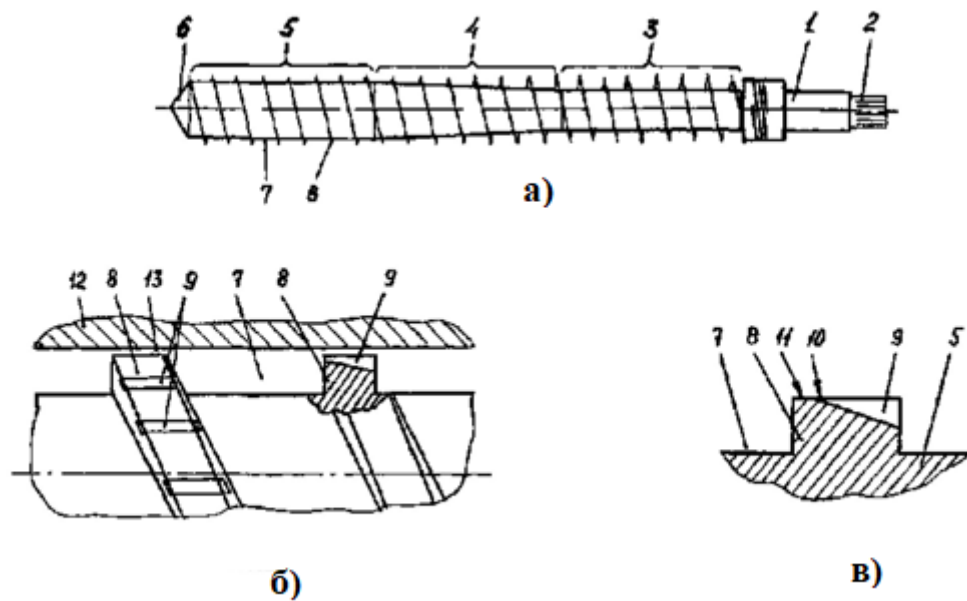


Рисунок 3.3 – а) – загальний вигляд черв'яка; б) – поперечний розріз гребеня нарізки зони дозування черв'яка; в) – поперечний переріз гребеня нарізки

Черв'як екструдера містить вал 1 з послідовно розташованими хвостовиком 2, зонами живлення 3, стискання 4 і дозування 5, а також наконечником 6. При цьому вал 1 на зазначених ділянках 3-5 споряджений гвинтовою нарізкою 7, а на гребені 8 нарізки 7 зони дозування 5 виконані розташовані поперечно йому пази 9, які скошені в бік хвостовика 2 вала 1 (рис. 4.4 - а). Вихід 10 пазів 9 з боку наконечника 6 вала 1 може бути виконаний на зовнішній поверхні 11 гребеня 8 нарізки 7 (рис. 4.4 - б).

Черв'як працює таким чином:

Перероблюваний термопластичний матеріал просувається нарізкою 7 від зони живлення 3 через зону стискання 4 до зони дозування 5, поступово нагріваючись та ущільнюючись. У зоні дозування 5 розплавлений матеріал під впливом опору формувальної головки (не показана) частково намагається перетікти через гребінь 8 нарізки 7, але, потрапляючи при цьому в пази 9, він поступово гальмується. Наявність матеріалу в пазах 9 при цьому зменшує

тертя черв'яка об корпус 12 екструдера, що не тільки підвищує надійність машини в цілому, але й також сприяє зменшенню потоку витoku перероблюваного матеріалу крізь зазор 13 "черв'як – корпус екструдера".

Пропонована корисна модель, нескладна у виготовленні та експлуатації, значно покращить умови роботи черв'ячних екструдерів.

## 4 ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Для виконання потрібних модернізацій було обрано дві публікації для розкриття головної мети.

**Перша публікація** обґрунтовує черв'як екструдера[7], що містить вал з послідовно розміщеними хвостовиком, ділянкою з гвинтовим гребенем, ділянкою зі штифтами, а також наконечником, який відрізняється тим, що ділянка зі штифтами виконана у вигляді втулки, вал на ділянці зі штифтами виконано з гвинтовою нарізкою, при цьому штифти розміщені в стінці втулки і встановлені з можливістю контакту з гвинтовою нарізкою вала і зворотно-поступального переміщення, а втулка встановлена на валу з можливістю повороту й фіксації в заданому положенні.

При виконанні черв'яка із зазначеними ознаками шляхом повороту втулки відносно вала з подальшою фіксацією їх взаємного положення забезпечує можливість регулювання висоти активної частини штифтів, яка виступає над поверхнею вала. Це забезпечує активний вплив на перероблюваний матеріал завдяки зміні напружень зсуву в робочому каналі черв'яка на його ділянці зі штифтами, а також безперервний перерозподіл елементарних потоків матеріалу, а отже і диспергувально-змішувальний ефект черв'яка в цілому.

Ідея рішення поставленої задачі продемонстрована на рис. 4.1.

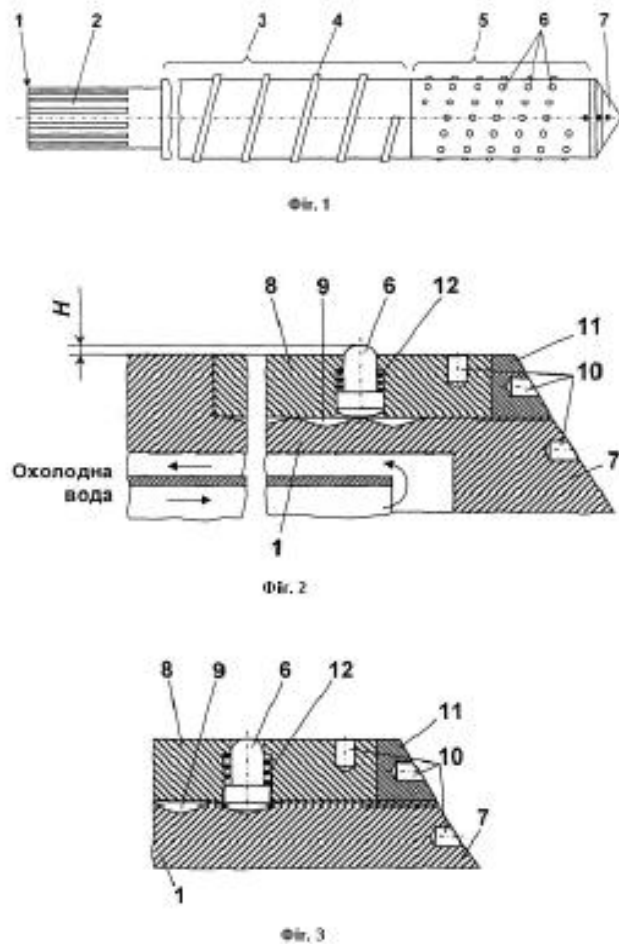


Рисунок 4.1 – а) – Загальний вигляд черв'яка; б) – розтин ділянки зі штифтами, максимально піднятих над поверхнею вала черв'яка; в) - те саме, максимально занурених у вал черв'яка

Черв'як екструдера містить вал 1 з послідовно розміщеними хвостовиком 2, ділянкою 3 з гвинтовим гребенем 4, ділянкою 5 зі штифтами 6, а також наконечником 7 (рис. 4.2 - а). Ділянка 5 зі штифтами 6 виконана у вигляді втулки 8, вал 1 на ділянці 5 зі штифтами 6 виконано з гвинтовою нарізкою 9, при цьому штифти 6 розміщені в стінці втулки 8 і встановлені з можливістю контакту з гвинтовою нарізкою 9 вала 1 і зворотно-поступального переміщення, а втулка 8 встановлена на валу 1 з можливістю повороту й фіксації в заданому положенні (рис. 4.2 - б, в). Поворот втулки 8 на валу 1 здійснюють за допомогою ключа (не показано), розміщеного в отворах 10, а фіксацію втулки 8 у заданому положенні відносно вала 1 - за допомогою

нарізного кільця 11. Штифти 6 підтискаються до гвинтової нарізки 9 вала 1 за допомогою пружин 12 (див. рис. 4.2 - б, в).

Залежно від властивостей перероблюваного матеріалу й режимів його переробки нарізне кільце трохи скручують з вала, а потім, утримуючи вал від повороту, обертають втулку. Залежно від кута повороту втулки гвинтовою нарізкою виставляють штифти на потрібну висоту, після чого втулку (а отже і виставлені штифти) фіксують на валу за допомогою нарізного кільця. Контроль висоти  $H$  виходу штифтів над поверхнею втулки сприяють пружини, які забезпечують постійний контакт штифтів з гвинтовою нарізкою вала.

Після цього черв'як монтують в корпусі екструдера (не показано) і здійснюють переробку матеріалу за рахунок обертання черв'яка в нерухомому корпусі й забезпечення необхідних температурних режимів як корпуса, так і черв'яка екструдера.

Пропонований черв'як забезпечує ефективну переробку найрізноманітніших матеріалів, що суттєво розширює технологічні можливості екструдера і чудово підходить під наші вимоги.

**В свою чергу друга** розкриває черв'ячний екструдер, як винахід, що стосується розвитку та обробки термопластичних матеріалів для виробництва однорідної екструзії, а зокрема, до апаратури для послідовного покращення розширюваних термопластичних матеріалів через зони подачі, компресії, розгрузки та дозування екструдера для виробництва пористих пластмасових ізоляційних та оболонкових матеріалів шляхом створення можливостей в компресійній зоні, які не переривають спіральний хід гвинтового екструдера, для забезпечення практично однакової теплової історії для послідовних ділянок розплаву на виході з дозуючої зони.

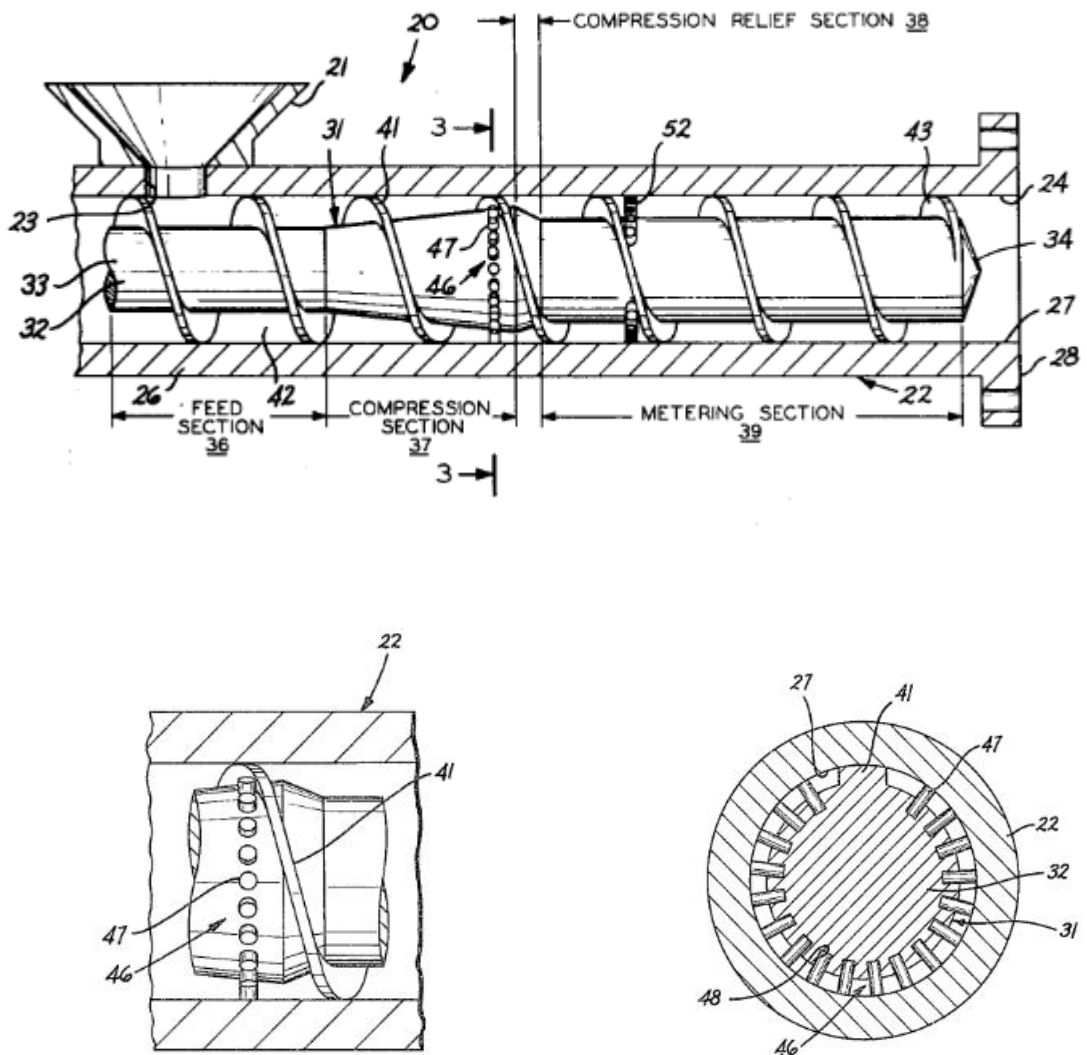


Рис. 4.2 – 1-вид черв'яка з елевачії в розрізі; 2-детальний вигляд гвинта екструдера; 3-поперечний розріз гвинта

З перелічених прототипів модернізацій, найбільш доцільнішою буде варіант, де шуруп 31 включав подачу довжиною 24,5 дюйма 36 з глибиною 0,400 дюйма, компресійну секцію 31,5 дюйма і глибиною 0,100 дюйма на кінці зі сторони внизу, розділ знебарвлення компресії 38 довжиною 1,75 дюйма та секцію дозування 39 довжиною 33,625 дюйма і глибиною 0,135 дюйма. Кільце шпилек діаметром 3/16 дюйма, розташованих на відстані 3/16 дюйма одна від одної, було приєднано до шурупа 31 на відстані 42 дюйма від початку секції подачі. Розширювальний ізоляційний матеріал наносився при лінійній швидкості 4000 футів за хвилину, швидкості обертання гвинта 31 обертів за

хвилину та температурах бочки від 225 F в секції подачі до 395 F в голові. Виявлено, що відхилення в ємності становило 0,2 міль та +0,5 пФ/фут від номінальних значень.

## 5 РОЗРАХУНКИ, ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ

### 5.1 Параметричний розрахунок:

Метою параметричного розрахунку є :

- визначення продуктивності черв'ячної машини;
- визначення тиску суміші в головці;
- визначення потужності приводу черв'ячної машини.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.1.

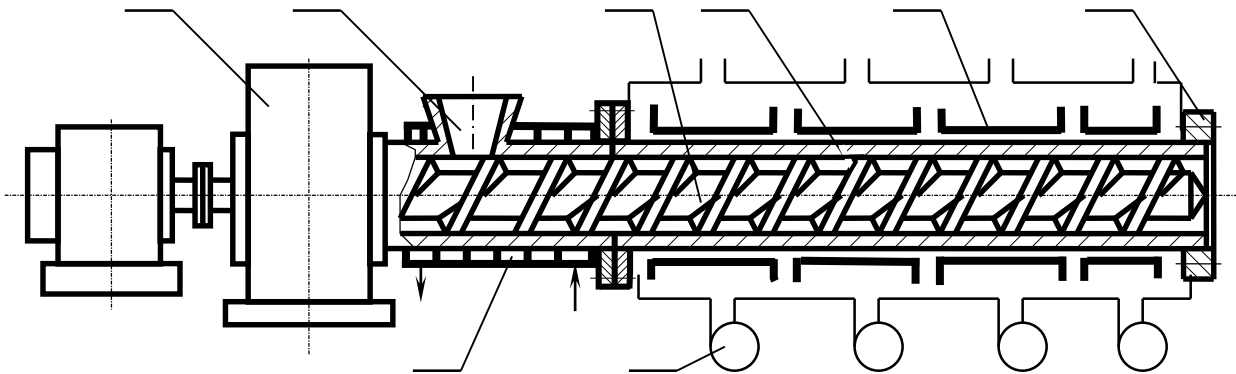


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема екструдера

Вихідні дані:

Черв'як двохзахідний, циліндричний з постійним кроком та змінною глибиною нарізки.

|   |        |
|---|--------|
| Зовнішній діаметр черв'яка, $D$                           | 160 мм |
| Число заходів черв'яка, $i$                               | 2      |
| Внутрішній діаметр в зоні завантаження, $d_{1\text{ вн}}$ | 112 мм |
| Внутрішній діаметр в зоні змішування, $d_{2\text{ вн}}$   | 98 мм  |

|   |         |
|---|---------|
| Внутрішній діаметр на початку зони виштовхування, $d_{3\text{ вн}}$ | 98 мм   |
| Внутрішній діаметр в кінці зони виштовхування, $d_{4\text{ вн}}$    | 112 мм  |
| Крок витка в зоні завантаження, $S_1$                               | 176 мм  |
| Крок витка в зоні змішування, $S_2$                                 | 192 мм  |
| Крок витка в зоні видавлювання, $S_3$                               | 160 мм  |
| Товщина витка, $b$  | 12 мм   |
| Довжина нарізки черв'яка, $L$                                       | 2110 мм |

Розрахунок ведемо по методиці, приведеній в [на стор 120].

### 5.1.1 Визначення продуктивності черв'ячної машини

Середній діаметр черв'яка в зоні завантаження:

$$d_{cn} = \frac{D + d_{\text{вн}}}{2} = \frac{160 + 112}{2} = 136 \text{ мм}$$

Середній внутрішній діаметр черв'яка в зоні виштовхування:

$$d_{\text{ср.внш.}} = \frac{d_{3\text{ вн}} + d_{4\text{ вн}}}{2} = \frac{98 + 112}{2} = 105 \text{ мм}$$

Середній діаметр черв'яка в зоні виштовхування:

$$d_{\text{ск}} = \frac{D + d_{\text{ср.внш.}}}{2} = \frac{160 + 105}{2} = 132,5 \text{ мм}$$

Кут підйому витка черв'яка в зоні завантаження:

$$\lambda_n = \text{arc} \leftrightarrow \text{tg} \frac{S_1}{\pi \cdot d_{cn}} = \text{arc} \leftrightarrow \text{tg} \frac{176}{\pi \cdot 136} = \text{arc} \leftrightarrow \text{tg} 0,412 = 22,46^\circ$$

Кут підйому витка черв'яка в зоні виштовхування:

$$\lambda_k = \text{arc} \leftrightarrow \text{tg} \frac{S_3}{\pi \cdot d_{ck}} = \text{arc} \leftrightarrow \text{tg} \frac{160}{\pi \cdot 132,5} = \text{arc} \leftrightarrow \text{tg} 0,385 = 22,57^\circ$$

Об'єм впадини на довжині одного кроку в зоні завантаження:

$$V_n = \pi d_{cn} F_3,$$

де  $F_3$ - площа зони завантаження.

$$F_3 = \frac{D - d_{1 \text{ вн}}}{2} \left( \frac{S_1}{i} - b \right) = \frac{160 - 112}{2} \left( \frac{176}{2} - 12 \right) = 1820 \text{ мм}^2$$

$$V_n = \pi \cdot 136 \cdot 1824 = 0,78 \text{ м}^3$$

Об'єм впадини черв'яка на довжині одного кроку в зоні виштовхування:

$$V_k = \pi d_{ck} F_6,$$

де  $F_6$ - площа зони виштовхування

$$F_6 = \frac{D - d_{cp.виш.}}{2} \left( \frac{S_3}{i} - b \right) = \frac{160 - 105}{2} \left( \frac{160}{2} - 12 \right) = 1870 \text{ мм}^2$$

$$V_k = \pi \cdot 132,5 \cdot 1870 = 0,78 \text{ м}^3$$

Ступінь стискання черв'яка:

$$K = \frac{D^2 - d_1^2}{D^2 - d_2^2} = \frac{160^2 - 112^2}{160^2 - 112^2} = 1$$

Ефективна продуктивність машини при максимальному числі обертів черв'яка і для добре екструдуючих сумішей:

$$Q = 60 \cdot V \cdot n \cdot i \cdot \gamma_0 \cdot \beta,$$

де  $V$  - об'єм проміжку між двома витками черв'яка,  $V = 0,78 \text{ м}^3$

$n$  - максимальне число обертів черв'яка,  $n = 50 \text{ об/хв}$

$i$  - число заходів черв'яка,  $i = 2$

$\gamma_0$  - питома вага гумової суміші,  $\gamma_0 = 1,42 \text{ кг/м}^3$

$\beta$  - коефіцієнт заповнення гумовою сумішшю об'єму між витками,

$$\beta = 0,15$$

$$Q = 60 \cdot 0,778 \cdot 50 \cdot 2 \cdot 1,42 \cdot 0,15 = 980 \text{ кг/год}$$

### 5.1.2 Визначення тиску суміші в головці

Тиск суміші в головці визначається по формулі:

$$P_r = \frac{P_{oc}}{F} = \frac{P_{oc}}{\pi \cdot R^2},$$

де  $P_{oc}$  - осьове зусилля, яке виникає в гвинтовому каналі черв'яка;

$R$  - зовнішній радіус нарізки черв'яка,

$$R = 0,08 \text{ м}$$

$$P_{oc} = \frac{71620 \cdot 1,36 \cdot N}{n \cdot r_s \cdot tg(\alpha + \rho)},$$

де  $N$  - потужність, яка передається черв'яком,  $N = 200$  кВт

$n$  - максимальне число обертів черв'яка,  $n = 200$  об/хв

$r_s$  - середній радіус витка в зоні виштовхування,  $r_s = 0,066$  м

$\alpha$  - кут підйому гвинтової лінії черв'яка,  $\alpha = 22,57^\circ$

$\rho$  - кут тертя гумової суміші по сталі,  $\rho = \arctg 0,43 = 23^\circ$ .

$$P_{oc} = \frac{71620 \cdot 1,36 \cdot 200}{50 \cdot 0,066 \cdot tg(22,57^\circ + 23^\circ)} = 575,6 \text{ кН}$$

Питомий тиск в головці, що розвиває черв'як, складає:

$$P_r = \frac{575600}{\pi \cdot 0,08^2} = 28,64 \text{ МПа}$$

Загальне осьове зусилля, яке діє на упорний підшипник, дорівнює сумі сил  $A$  і тангенціальної складової тертя матеріалу по поверхні черв'яка:

$$K = A + T,$$

де  $K$  - загальне осьове зусилля, Н;

$A$  - осьове зусилля, Н.

$$A = F_c + P_r$$

Площа поперечного перерізу черв'яка:

$$F_c = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 = 0,785 \cdot 0,16^2 = 0,020 \text{ м}^2$$

Тоді осьове зусилля визначається за формулою:

$$A = 0,020 \cdot 28,6 = 574,76 \text{ кН}$$

Тангенціальна складова від тертя визначається як:

$$T = F_p \cdot 2\pi \cdot r_s \cdot tg\rho$$

де:

$$F_p = \frac{1}{3} \cdot P \cdot \frac{l}{2} = \frac{P \cdot l}{6} = \frac{28,6 \cdot 1,055}{6} = 5,03 \text{ кг/м}$$

$l$  - довжина заповненої гвинтової частини черв'яка (приймається її половина),  $l = 1,055$  м

Середній радіус витка черв'яка:

$$r_s = \frac{160 + 112}{4} = 0,068 \text{ м}$$

Коефіцієнт тертя  $tg\rho = tg 23^\circ = 0,43$

Тоді тангенціальна складова становить:

$$T = 5029 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 6,8 \cdot 0,43 = 923,9 \text{ кН}$$

Загальне осьове зусилля визначається за формулою:

$$K = 574,76 + 923,9 = 1500 \text{ кН}$$

### 5.1.3 Визначення потужності приводу черв'ячної машини

Визначимо потужність приводу машини:

$$N = \frac{P \cdot D \cdot L \cdot f \cdot t \cdot n \cdot i}{3900 \cdot \eta}$$

де  $P_r$  – тиск суміші при видавлюванні,  $P_r = 28,64$  МПа

$D$  – діаметр робочої частини циліндра,  $D = 160$  мм

$L$  – довжина робочої частини циліндра,  $L = 1760$  мм

$f$  – коефіцієнт тертя суміші об циліндр,  $f = 0,43$

$t$  – крок між витками,  $t = 160$  мм

$n$  – число обертів черв'яка,  $n = 50$  об/хв

$i$  – число заходів черв'яка,  $i = 2$

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії приводу і підшипників машини,  $\eta = 0,8$ .

Відповідно потужність приводу машини становить:

$$N = \frac{28,6 \cdot 0,16 \cdot 1,76 \cdot 0,43 \cdot 0,16 \cdot 50 \cdot 2}{3900 \cdot 0,8 \cdot 10^3} = 178 \text{ кВт}$$

Приймаємо двигун потужністю  $N = 200$  кВт.

Виконані розрахунки дали можливість отримати такі параметри екструдера:

- $Q$  – продуктивність,  $Q = 980$  кг/год;
- $P_r$  – тиск суміші в головці,  $P_r = 28,6$  МПа;
- $N$  – потужність приводу,  $N = 200$  кВт.

## 5.2 Тепловий розрахунок

### 5.2.1 Тепловий розрахунок охолодження черв'яка

Метою даного розрахунку являється визначення необхідної поверхні теплообміну черв'яка, яка зможе забезпечити відбір тепла.

Вихідні дані:

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| діаметр каналу черв'яка $D_1$ | 0,05 м  |
| довжина каналу черв'яка $l_1$ | 1,2 м   |
| діаметр каналу черв'яка $D_2$ | 0,032 м |

|   |        |
|---|--------|
| довжина каналу черв'яка діаметром $l_2$ | 0,91 м |
| початкова температура суміші $t_{нсм}$  | 333 К  |
| кінцева температура суміші $t_{ксм}$    | 413 К  |

Розраховуємо теплообмінну поверхню черв'яка:

$$F_{\text{ч}} = \pi \cdot D_1 \cdot l_1 + \pi \cdot D_2 \cdot l_2 = \pi \cdot 0,05 \cdot 1,2 + \pi \cdot 0,032 \cdot 0,91 = 0,28 \text{ м}^2$$

Визначаємо кількість теплоти, яка йде на розігрів суміші:

$$Q_{\text{см}} = G_{\text{см}} \cdot C \cdot (t_{\text{кгс}} - t_{\text{нгс}}),$$

де  $G_{\text{см}}$  – максимальна продуктивність машини:

$$G_{\text{см}} = 1250 \text{ кг/год};$$

$C$  – питома теплоємність гумової суміші:

$$C = 1,38 \frac{\text{кДж}}{(\text{кгК})}.$$

$$Q_{\text{см}} = \frac{1250}{3600} \cdot 1,38 \cdot (413 - 333) = 34,62 \text{ кВт}$$

Кількість теплоти, яка виділяється за одну годину роботи екструдера від перетворення корисної потужності:

$$Q_N = 860 \cdot N \cdot \eta_{\text{пр}} \cdot \eta_2,$$

де  $N$  – встановлена потужність,  $N = 200$  кВт;

$\eta_{\text{пр}}$  – коефіцієнт корисної дії привода,  $\eta_{\text{пр}} = 0,8$ ;

$\eta_2$  – коефіцієнт використання корисної потужності,  $\eta_2 = 0,6$ .

Тоді визначимо кількість теплоти:

$$Q_N = 860 \cdot 200 \cdot 0,8 \cdot 0,6 = 76,8 \text{ кВт}$$

Кількість теплоти, яку необхідно відвести охолоджувальною водою:

$$Q_{\text{вод}} = Q_N - Q_{\text{см}} = 76,8 - 34,6 = 42,2 \text{ кВт}$$

Приймаємо, що кількість теплоти, яка повинна відводитись від кожної секції, буде пропорційною їх теплопровідним поверхням.

Сумарна поверхня теплообміну машини:

$$F_{\text{сум}} = 1,3408 \text{ м}^2.$$

Поверхня теплообміну черв'яка дорівнює:

$$F_{\text{ч}} = 0,28 \text{ м}^2.$$

Тоді кількість теплоти, яка має бути відведена від черв'яка, дорівнює:

$$Q_{\text{ч}} = Q_{\text{вод}} \cdot \frac{F_{\text{ч}}}{F_{\text{сум}}} = 42,2 \cdot \frac{0,28}{1,3408} = 8,5 \text{ кВт}$$

Визначимо швидкість руху води в каналі черв'яка:

$$\omega_{\text{ч}} = \frac{G_{\text{ч}}}{S_{\text{кан.ср.}} \cdot \gamma \cdot 3600}$$

де  $G_{\text{ч}}$  – витрата води на охолодження черв'яка,  $G_{\text{ч}} = 2500$  кг/год;

$\gamma$  – питома вага води при  $t_{\text{в}} = 353^{\circ}\text{К}$ ,  $\gamma = 972$  кг/м<sup>3</sup>;

$S_{\text{кан}}$  – площа перерізу каналу черв'яка:

$$S_{\text{кан.ср.}} = \frac{S_{\text{кан1}} + S_{\text{кан2}}}{2}$$

$\left. \begin{matrix} D_1 \\ d \end{matrix} \right\}$  – геометричні розміри I перерізу каналу черв'яка,  $D_1 = 0,05$  м,  $d = 0,022$  м.

$D_2$  – зовнішній діаметр II перерізу каналу черв'яка,  $D_2 = 0,032$  м.

$$S_{\text{кан1}} = \frac{\pi}{4}(D_1^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} \cdot (0,05^2 - 0,022^2) = 0,0016 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{кан2}} = \frac{\pi}{4}(D_2^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} \cdot (0,032^2 - 0,022^2) = 0,00042 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{кан.ср.}} = \frac{0,0016 + 0,00042}{2} = 0,001 \text{ м}^2$$

Тоді швидкість руху води в каналі черв'яка визначимо за формулою:

$$\omega_{\text{ч}} = \frac{2500}{0,001 \cdot 972 \cdot 3600} = 0,78 \text{ м/с}$$

Визначимо критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega_{\text{ч}} \cdot d_{\text{екв}}}{\nu}$$

де  $\nu$  – кінематична в'язкість води при  $t_{\text{Г}} = 80^{\circ}\text{С}$ ,

$$\nu = 0,365 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$d_{екв}$  – еквівалентний діаметр каналу:

$$d_{екв.ср.} = \frac{d_{екв1} + d_{екв2}}{2}$$

$$d_{екв1} = D_1 - d = 0,05 - 0,022 = 0,028 \text{ м}$$

$$d_{екв2} = D_2 - d = 0,032 - 0,022 = 0,01 \text{ м}$$

Тоді еквівалентний діаметр каналу визначиться за формулою:

$$d_{екв.ср.} = \frac{0,028 + 0,01}{2} = 0,019 \text{ м}$$

Відповідно визначимо критерій Рейнольда:

$$Re_T = \frac{0,78 \cdot 0,019}{0,365 \cdot 10^{-6}} = 37654 > 10000$$

Звідси виходить, що режим течії води в каналі черв'яка турбулентний.

Для турбулентного режиму течії визначаємо критерій Нусельта:

$$\begin{aligned} Nu_f &= 0,021 \cdot Re_T^{0,8} \cdot Pr_T^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_T}{Pr_\omega}\right)^{0,25} = \\ &= 0,021 \cdot 37654^{0,8} \cdot 2,2^{0,43} \cdot \left(\frac{2,2}{2,1}\right)^{0,25} = 132 \end{aligned}$$

де  $Pr_T$  – критерій Прандтля за середньої температури теплоносія  $t_T = 353^\circ\text{К}$ ,  $Pr_T = 2,2$ .

$Pr_\omega$  – критерій Прандтля за середньої температури стінки зі сторони теплоносія  $t_\omega = 358^\circ\text{К}$ ,  $Pr_\omega = 2,1$ .

Визначаємо тепловіддачі від стінки до води:

$$\alpha_{2ч} = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_{екв}} = \frac{132 \cdot 0,58}{0,02} = 3912 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності води при  $t_T = 353 \text{ K}$ ,  $\lambda = 0,58 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$

$d_{екв}$  – середній еквівалентний діаметр каналу,  $d_{екв} = 0,02 \text{ м}$ .

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{650} + \frac{0,025}{40} + \frac{1}{3912}} =$$

$$= 0,48 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

де  $\alpha_1$  – коефіцієнт тепловіддачі від маси до стінки,  $\alpha_1 = 650 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$ ;

$\delta_{ст}$  – товщина стінки, через яку проходить теплопередача,  $\delta_{ст} = 0,025 \text{ м}$ ;

$\lambda_{ст}$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки,  $\lambda_{ст} = 40 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$ .

Визначаємо необхідну поверхню теплообміну черв'яка, яка зможе забезпечити відбір тепла:

$$F_{ч,роз.} = \frac{Q_{ч}}{K \cdot \overline{\Delta t_{ч}}}$$

де  $Q_{ч}$  – кількість теплоти, яке необхідне відвести від черв'яка,  $Q_{ч} = 8,5 \text{ кВт}$ ;

$\overline{\Delta t_{ч}}$  – різниця між середньою температурою суміші і води.

$$313^{\circ}\text{K} \xrightarrow{\text{суміш}} 413^{\circ}\text{K}$$

$$353^{\circ}\text{K} \xrightarrow{\text{вода}} 355^{\circ}\text{K}$$

$$\overline{\Delta t_1 = 100^{\circ}\text{K} \quad \Delta t_2 = 2^{\circ}\text{K}}$$

$\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = \frac{100}{2} = 50 > 2$ , то визначаємо середньоарифметичну різницю температур.

$$\overline{\Delta t} = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2} = \frac{100 + 2}{2} = 51 \text{ K.}$$

$$F_{\text{ч.роз.}} = \frac{8,5}{0,48 \cdot 51} = 0,21 \text{ м}^2$$

Дійсна поверхня теплообміну:

$$F_{\text{ч.дійс.}} = 0,28 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{дійс.}} > F_{\text{розр.}}$$

Аналіз результатів розрахунків показує, що дійсна поверхня теплообміну черв'яка приблизно в 1,4 рази більша за розрахункову, що дозволяє їй повністю відводити надлишок теплоти.

### 5.3 Розрахунок черв'яка на міцність

Метою розрахунку є перевірка запроєктованих розмірів черв'яка і визначення максимального допустимого прогину.

Вихідні дані:

|                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| Матеріал черв'яка:               | сталь 40Х;          |
| встановлена потужність, $N$      | 200 кВт             |
| кількість обертів черв'яка, $n$  | 50 об/хв            |
| площа на яку діє тиск, $F \cdot$ | 0,02 м <sup>2</sup> |
| діаметр виступів черв'яка, $D$   | 0,160 м             |

Розрахункова схема сил, що діють на черв'як зображені на рисунку 5.2.

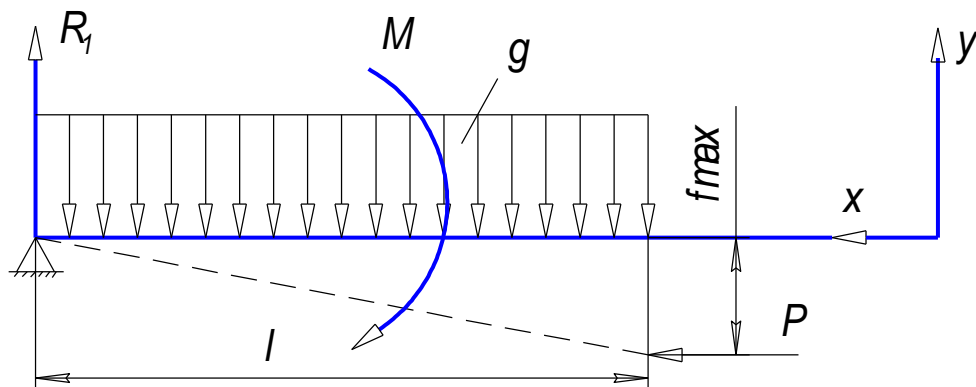


Рисунок 5.2 – Схема сил, що діють на черв'як

Розрахунок ведемо по методиці, наведеній в [Ошибка! Закладка не определена.].

Максимальний прогин повинен бути менше практично встановленого зазору між черв'яком і внутрішнім діаметром циліндра, щоб не допустити тертя витків черв'яка по внутрішній поверхні циліндра.

На черв'як діє сила  $P$ , крутний момент  $M_{кр}$  та рівномірно розподілене навантаження  $q$  від власної ваги черв'яка.

Сили  $P$  та  $q$  викликають прогин черв'яка  $f$ .

Вихідні дані для розрахунку черв'яка:

Крутний момент на черв'яку:

$$M_{кр} = 9740 \frac{N}{n},$$

де  $N$  - встановлена потужність:  $N = 200$  кВт;

$n$  - кількість обертів черв'яка:  $n = 50$  об/хв.

$$M_{кр} = 9740 \frac{200}{50} = 38960 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осьове зусилля  $P$  визначаємо за формулою:

$$P = p \cdot F,$$

де  $P$  - максимальний допустимий питомий тиск матеріалу,  $P = 0,0286 \text{ Н/м}^2$

$F$  - площа на яку діє тиск,  $\text{м}^2$ ,  $F = 0,785 \cdot D^2$

$D$  - діаметр виступів черв'яка,  $D = 0,160 \text{ м}$

$$P = 0,0286 \cdot 0,785 \cdot 0,160^2 = 574750 \text{ Н}$$

Для визначення методу розрахунку попередньо перевіримо черв'як на гнучкість за формулою:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot L}{i}$$

де  $\lambda$  - гнучкість черв'яка;

$\mu$  - коефіцієнт, який залежить від способу кріплення,  $\mu = 2$

$L$  - робоча довжина черв'яка,  $L = 0,211\text{м}$

$i$  - радіус інерції перерізу, який визначається за формулою:

$$i = \sqrt{\frac{J}{F}}$$

де  $J$  - момент інерції поперечного перерізу черв'яка в перерізі А-А;

$$J = \frac{\pi \cdot D^4}{64} (1 - \alpha^4)$$

$$\alpha = \frac{d}{D},$$

де  $d$  - діаметр отвору в черв'яку,  $d = 0,032\text{м}$

$D$  - діаметр впадин гвинтової нарізки,  $D = 0,098\text{м}$

$$\alpha = \frac{0,032}{0,098} = 0,327$$

$$J = \frac{\pi \cdot 0,098^4}{64} (1 - 0,327^4) = 0,000447 \text{ м}^4$$

$F$  - площа поперечного перерізу черв'яка в перерізі А-А;

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} (1 - \alpha^2)$$

$$F = \frac{\pi \cdot 0,098^2}{4} (1 - 0,327^2) = 0,0067 \text{ м}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{0,000447}{0,0067}} = 0,026 \text{ м}$$

$$\lambda = \frac{2 \cdot 0,211}{0,026} = 164 > 50$$

Отже, розрахунок черв'яка проводимо як для гнучкого валу на поздовжньо-поперечний вигин з урахуванням осьового зусилля та власної ваги черв'яка.

Приведений момент інерції поперечного перерізу черв'яка, який визначається з урахуванням впливу жорсткості витків:

$$J_{np} = \frac{\pi \cdot D_{i4}^4}{64} \left( 0,375 + 0,625 \frac{D_{e4}}{D_{i4}} \right)$$

де  $D_{e4}$  - діаметр виступів черв'яка:  $D_{e4} = 0,160$  м

$D_{i4}$  - діаметр впадин черв'яка:  $D_{i4} = 0,98$  м.

$$J_{np} = \frac{\pi \cdot 0,098^4}{64} \left( 0,375 + 0,625 \frac{0,16}{0,98} \right) = 6,3147 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

Момент інерції отвору для охолодження черв'яка:

$$J_o = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 0,032^4}{64} = 5,145 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

$$J = 631,474 - 5,145 = 626,3 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

$$k = \sqrt{\frac{57475}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 626,3}} = 0,0066$$

Початкове значення поперечної сили при  $x = 0$ :

$$Q_n = \frac{q \left( L - \frac{1}{k} \sin k L \right)}{\cos k L}$$

де  $q$  - рівномірне навантаження від ваги черв'яка:

$$q = \frac{G_{\text{чер}}}{L}$$

$G_{\text{чер}}$  - загальна вага черв'яка:  $G_{\text{чер}} = 230$  кг;

$L$  - робоча довжина черв'яка:  $L = 0,211$  м;

$L'$  - загальна довжина черв'яка:  $L' = 0,2435$  м;

$$q = \frac{230,3}{0,211} = 1090 \text{ Н/м}$$

Тоді

$$\begin{aligned} Q_n &= \frac{1090 \left( 211 - \frac{1}{0,0066} \sin 0,00661 \cdot 0,21 \right)}{\cos 0,0066 \cdot 0,21} = \\ &= \frac{1,091(0,21 - 151,29 \cdot \sin 1,3947)}{\cos 1,3947} = 3864 \text{ Н} \end{aligned}$$

Вигинаючий момент визначаємо з рівняння:

$$M_u = \frac{q}{k^2} (1 - \cos kx) + \frac{Q_H}{k} \sin kx$$

З урахуванням попередньо обчислених значень

$$M_u = 385,98 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо максимальне навантаження:

$$\sigma = \frac{P M_{max}}{F W_{н.о}}$$

де  $P$  - осьове зусилля  $P = 574750 \text{ Н}$

$F$  - площа поперечного перерізу черв'яка,  $F = 0,006733 \text{ м}^2$

$W_{н.о}$  - момент опору вигину перерізу:

$$W_{н.о} = \frac{\pi}{32D} (D^4 - d^4) = \frac{\pi}{32 \cdot 16} (0,16^4 - 0,032^4) = 401,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$D = 0,160 \text{ м}$$

$$d = 0,032 \text{ м}$$

$$\sigma_{max} = \frac{574750}{0,006733} \frac{385,98}{401,3 \cdot 10^{-3}} = 164,8 \text{ МПа}$$

Матеріал черв'яка – сталь 40Х.



$$J_x = J_{np} - J_o$$

$J_{np}$  - приведений момент інерції перерізу II-II черв'яка;

$J_o$  - момент інерції отвору для охолодження черв'яка:

$$J_{np} = \frac{\pi D_{i4}^4}{64} \left( 0,375 + 0,625 \frac{D_{e4}}{D_{i4}} \right)$$

де  $D_{e4}$  - діаметр виступів черв'яка:  $D_{e4} = 0,160$  м

$D_{i4}$  - діаметр впадин черв'яка,  $D_{i4} = 0,098$  м.

$$J_{np} = \frac{\pi \cdot 0,098^4}{64} \left( 0,375 + 0,625 \frac{0,16}{0,098} \right) = 631,474 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

$$J_o = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 0,032^4}{64} = 5,145 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

$d$  - діаметр отвору для охолодження черв'яка,  $d = 0,032$  м

$$J_x = 631,474 - 5,145 = 626,3 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

$R_{i4} = \frac{D_{i4}}{2} = \frac{9,8}{2}$  - радіус впадин черв'яка

$$W_u = \frac{626,3 \cdot 10^{-8} \cdot 2}{0,098} = 127,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Напруження вигину:

$$\sigma_p = \frac{385,98}{127,8 \cdot 10^{-3}} = 30,2 \text{ МПа}$$

Запас міцності по межі втоми при врахуванні вигину:

$$n_\sigma = \frac{3600}{\frac{2,3}{1,9 \cdot 0,59} \cdot 302 + 0,1 \cdot 0} = 5,8$$

Запас міцності по межі втоми при врахуванні тільки кручення:

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\tau_{розр} \left( \frac{k_\tau}{\beta \cdot \varepsilon_\tau} + \psi_\tau \right)},$$

де  $\tau_{-1}$  - межа втоми при крученні,  $\tau_{-1} = 240 \text{ МПа}$

$\beta$  - коефіцієнт стану поверхні,  $\beta = 1,7$

$\varepsilon_\tau$  - масштабний фактор, враховуючий зміну меж втоми при крученні, внаслідок впливу абсолютних розмірів вала,  $\varepsilon_\tau = 0,59$

$k_\tau$  - ефективний коефіцієнт концентрації напружень при крученні,  $k_\tau = 1,7$

$\psi_\tau$  - коефіцієнт, враховуючий вплив на втому постійного доданку напруження  $\tau_m$ ,  $\psi_\tau = 0,05$

$\tau_{розр}$  - розрахункове напруження кручення.

$$\tau_{розр} = \frac{M_{кр}}{2 \cdot W_p}$$

$M_{кр}$  - крутний момент, який діє на валу черв'яка,  $M_{кр} = 3896 \text{ Н} \cdot \text{м}$

$W_p$  - полярний момент опору.

$$W_p = \frac{J_k}{R}$$

$$J_k = 2 \cdot J_x = 2 \cdot 626,3 = 1252,6$$

$$W_p = \frac{2 \cdot 626,3 \cdot 10^{-8} \cdot 2}{0,098} = 255,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\tau_{\text{розр}} = \frac{3896}{2 \cdot 255,6 \cdot 10^{-3}} = 76,2 \text{ МПа}$$

$$n_\tau = \frac{2400}{762 \left( \frac{1,5}{1,7 \cdot 0,59} + 0,05 \right)} = 2,04$$

Повний запас міцності:

$$n = \frac{5,8 \cdot 2,04}{\sqrt{5,8^2 + 2,04^2}} = 1,92$$

$$n \approx [n]$$

Умова міцності виконується.

Проектовані розміри черв'яка задовольняють умовам міцності та жорсткості.

## 5.4 Програма побудови валка

### 5.4.1 Вступ

В даний час найбільш популярним засобом автоматизації проектування в машинобудуванні є графічна система AutoCAD фірми "Autodesk" (США). AutoCAD дозволяє створювати геометричні моделі на площині й у тривимірному просторі. У кожній новій версії системи з'являються все більш потужні засоби для моделювання в просторі. Але спочатку основним призначенням системи була автоматизація креслярсько-графічних робіт. Режим графічного редагування найбільш близький до того стилю роботи, до якого звик конструктор, тільки звичайний кульман з набором креслярських інструментів тут замінюється "електронним кульманом. Ефект зменшення трудомісткості виходить за рахунок деяких факторів. При створенні повністю нового креслення деяке скорочення часу можливо за рахунок: "печатки" текстової частини замість вимальовування букв; напівавтоматичного проставляння розмірів; штрихування (найбільш помітний ефект); проставляння умовних позначень, креслення рамки і штампа, якщо ці графічні елементи вже були створені раніше. Істотний ефект (в 2-3 рази і більше) може проявитися в тих випадках, коли:

- в кресленні багаторазово повторюються одні й ті ж графічні фрагменти, особливо якщо ці фрагменти повторюються в багатьох кресленнях (ця ситуація характерна в першу чергу для будівельних креслень, а також схем);
- в креслення неодноразово доводиться вносити зміни, причому відсоток змінюваної частини від усього креслення невисокий, але перекреслювати доводиться все креслення. Так як в системі AutoCAD реалізований і другий спосіб автоматизації креслярсько-графічних робіт - графічне програмування, то в цих випадках (при його використанні) ефект використання AutoCAD може

зрости на кілька порядків. Мовою графічного програмування в AutoCAD є функціональна мова AutoLISP.

Отримання креслень з використанням графічних програм значно відрізняється від роботи як за електронним, так і за звичайним кульманом. Можна домогтися того, що конструктору взагалі не доведеться креслити! Програма може попросити конструктора відповісти на деякі питання, наприклад ввести номер варіанта виконання, значення базових розмірів, позначення матеріалу, характерних розмірів, а все інше програма зробить автоматично. Графічна програма може скоротити час роботи конструктора в декілька, і навіть у десятки разів (в залежності від креслення), але для цього необхідно, щоб попередньо хтось написав цю програму на AutoLISP'і, витративши на це значний час, багато більше того часу, яке було б витрачено на виготовлення цього креслення за допомогою графічного редактора. Таким чином, графічне програмування дає ефект в тих випадках, коли в конструкторському підрозділі проектується велика кількість однотипних об'єктів, що розрізняються значеннями розмірів і (у заздалегідь визначених межах) варіантами виконання. Можливості мови AutoLISP не обмежуються створенням програм для автоматичного випуску креслень, вони значно ширше. AutoLISP є основним засобом розширення системи AutoCAD і розробки на її основі спеціалізованих систем проектування, орієнтованих на конкретного користувача або групи користувачів. При цьому AutoLISP доповнюється мовою створення користувальницьких меню та мовою створення власних символічних позначень, шрифтів і видів штрихування.

Останнім часом проводяться розробки систем з виконання так званих параметризованих креслень, тобто креслень у яких розміри позначені символами, які і є параметрами креслення. Метою даної роботи є розробка програмного забезпечення для автоматизованого проектування черв'яка на базі параметризованих креслень цієї деталі. Розроблена система призначена для виконання зазначених креслень з використанням інтерактивного режиму

введення. Система виконана на базі графічного пакету AutoCAD з використанням програм і функцій написаних на функціональній мові.

AutoLISP. Вона являє собою багаторівневу віконну структуру, призначену для оперативного введення або коригування параметрів і виконання креслення деталі.

#### 5.4.2 Завдання до розробки системи

Розробити програмне забезпечення для проектування «Валок» при задаванні розмірів по формальними параметрами.

Програмі виконати на функціональній мові AutoLISP в програмному середовищі AutoCAD.

Програмне забезпечення має містити автоматизовану систему що забезпечує:

- 1) інтерактивний ввід вихідної інформації засобами багаторівневого віконного меню або інтерактивних графічних засобів;
- 2) оперативну обробку проектної документації, виконаної в системі AutoCAD;
- 3) можливість доповнення системи програмами для виконання креслень нових деталей без суттєвого доопрацювання системи;
- 4) вихідні тексти програм повинні бути написані на функціональній мовою AutoLISP і орієнтовані на використання в середовищі AutoCAD.

Метою даної роботи є розробка програмного забезпечення для автоматизованого проектування валка на базі параметризованого креслення представленого на **Ошибка! Источник ссылки не найден.** 5.3.

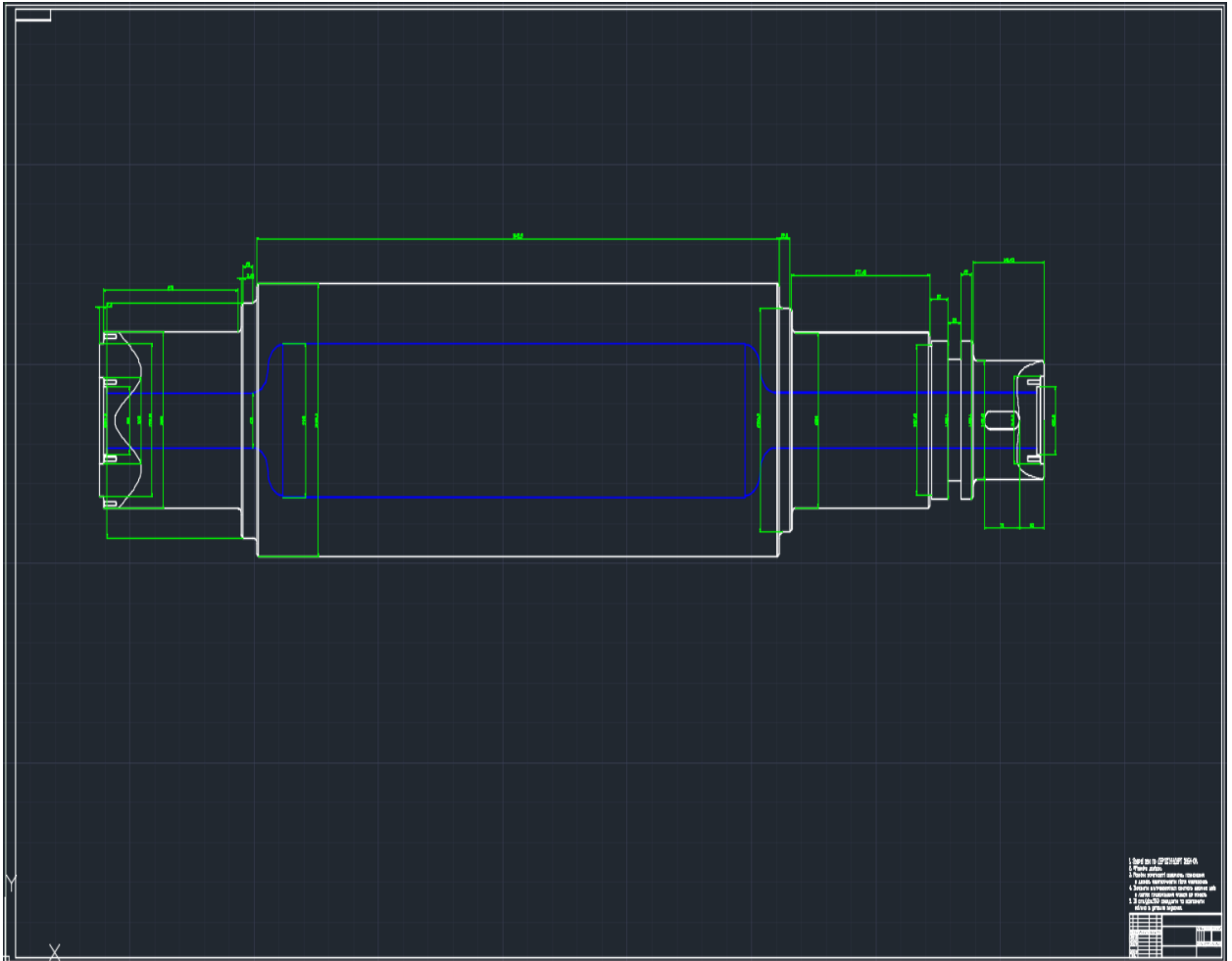


Рис. 5.3 – Креслення деталі

### 5.4.3 Структура системи

#### 5.4.3.1 Структура програмного модуля

Розроблена система надає можливість виконувати параметризовані креслення за допомогою задання значень параметрів або їх корегуванням. Введення і коректування задається інформації здійснюється в інтерактивному режимі з використанням екранного і падаючого меню AutoCAD, а також із середовища графічного редактора. Введення чисельних величин здійснюється з екрану і рядків підказок.

Система розміщена в каталозі C:\. У каталозі повинні знаходитися файли «KP5DD.LSP», «Dial-KP2D.lsp»,

«KPdial.DCL» в яких містяться програми. Крім того в каталозі також знаходяться файл: «Ramka.LSP» , «Detal.SLD» та «text.txt».

Всі виконувані функції наведені в додатку. У файлі «KPdial.DCL» знаходиться програма з «ресурсів» для опису формату діалогового вікна, для виконання креслення

У файлі «KP5DD.LSP» розміщена програма на мові AutoLISP, яка виконує креслення деталі і прив'язана до програми «Dial-KP2D.lsp», яка дає можливість використання діалогових вікон у які знаходяться у програмі «KPdial.DCL» .

У файлі «Detal.SLD» розміщено зображення валка, що передається в діалогове вікно.

У файлі «Ramka.LSP» знаходиться функція для побудови рамки та ще декілька корисних функцій для полегшення креслення деталі.

У програмах використовуються наступні підпрограми для виконання певних функцій:

1. (sim-dan)– введення в основну програму стандартних початковихданих;
2. (draw\_2d)– побудова основного креслення конструкції;
3. (point\_draw) – розрахунок всіх точок, необхідних для креслення;
4. (draw\_3d) – побудова твердотілої деталі;
5. (otp) – повертає координати точки, розміщеної між двома заданими точками на відстані , відображені у точках (в абсолютних одиницях– від 0 до 1) від величини відрізка між двома початковими точками;
6. (sp) – повертає координати точки, симетричній заданій точці відносно горизонтальної лінії, що проходить через базову точку;
7. (Ramka) – підпрограма виконує креслення рамки і штампа креслення;

8. (Perev) – підпрограма виконує перевірку правильності вводу числових значень змінних.

### 5.4.3.2 Підготовка середовища AutoCAD

При запуску програми функція «с: rol ()» за допомогою функції MODES створює спеціальну середовище AutoCAD, яка визначається опціями, зазначеними в цій функції:

CMDECHO = 0 При виконанні функції AutoLISP підказки й введена інформація не відображаються;

OSMODE = 0 Не встановлюється код об'єктної фіксації;

APERTURE = 3 Висота прицілу об'єктної прив'язки в пікселях;

PICKBOX = 3 Висота прицілу вибору об'єкта в пікселях;

UCSICON = 0 Видалення піктограми системи координат для поточного видового екрану;

UCSFOLLOW = 0 При зміні ПСК вид не змінюється;

DIMTON = 0 Текст поза продовжень горизонтальний;

DIMASO = 1 Управління створенням розмірних примітивів;

TEXTSTYLE - «STANDART» Стиль тексту;

DIMTXSTY - «STANDART» Стиль тексту при простановці розмірів (в DIM);

DIMTIH = 0 Текст поза продовжень горизонтальний;

DIMTAD = 1 Розміщення тексту над розмірною лінією;

DIMEXE = 2 Продовження на розмірну лінію;

DIMASZ = 4 Розмір стрілки;

DIMTXT = 4 Висота тексту;

DIMEXO = 0.01 Зсув початку виносної лінії;

$DIMTOFL = 1$  відображення розмірних ліній між стрілками навіть якщо текст знаходиться за розмірними лініями.

$DIMGAP = 1.5$  Відстань між розмірною лінією і текстом.

$DIMCLRT = 3$  Колір тексту при простаноці розмірів (в DIM).

У кресленні створюються декілька шарів з різним кольором для виділення примітивів, які знаходяться на них. Цим верствам присвоєні імена:

- "osi" - шар для осей симетрії, примітиви синього кольору;
- "osn" - шар для основних ліній, примітиви білого (чорного) кольору;
- "shtr" - шар для штрихування, примітиви червоного кольору;
- "razm" - шар для розмірів і текстів, примітиви зеленого кольору.

При зміні тексту технічних вимог користувачеві надається можливість зайти, за допомогою будь-якого текстового редактора, у відповідний файл «text.txt» і виправити текст.

### 5.4.3.3 Блок схема програми

Блок-схема програми приведена на Рисунку 5.4. Вона складається з блоків:

1. Введення початкових даних.
2. Виклику діалогового вікна.
3. Розрахунку базових точок приведених на Рисунку 5.5.
4. Блок виконання креслення
5. Блок виконання твердо тільної моделі
6. Блок запису результатів
7. Зупинка

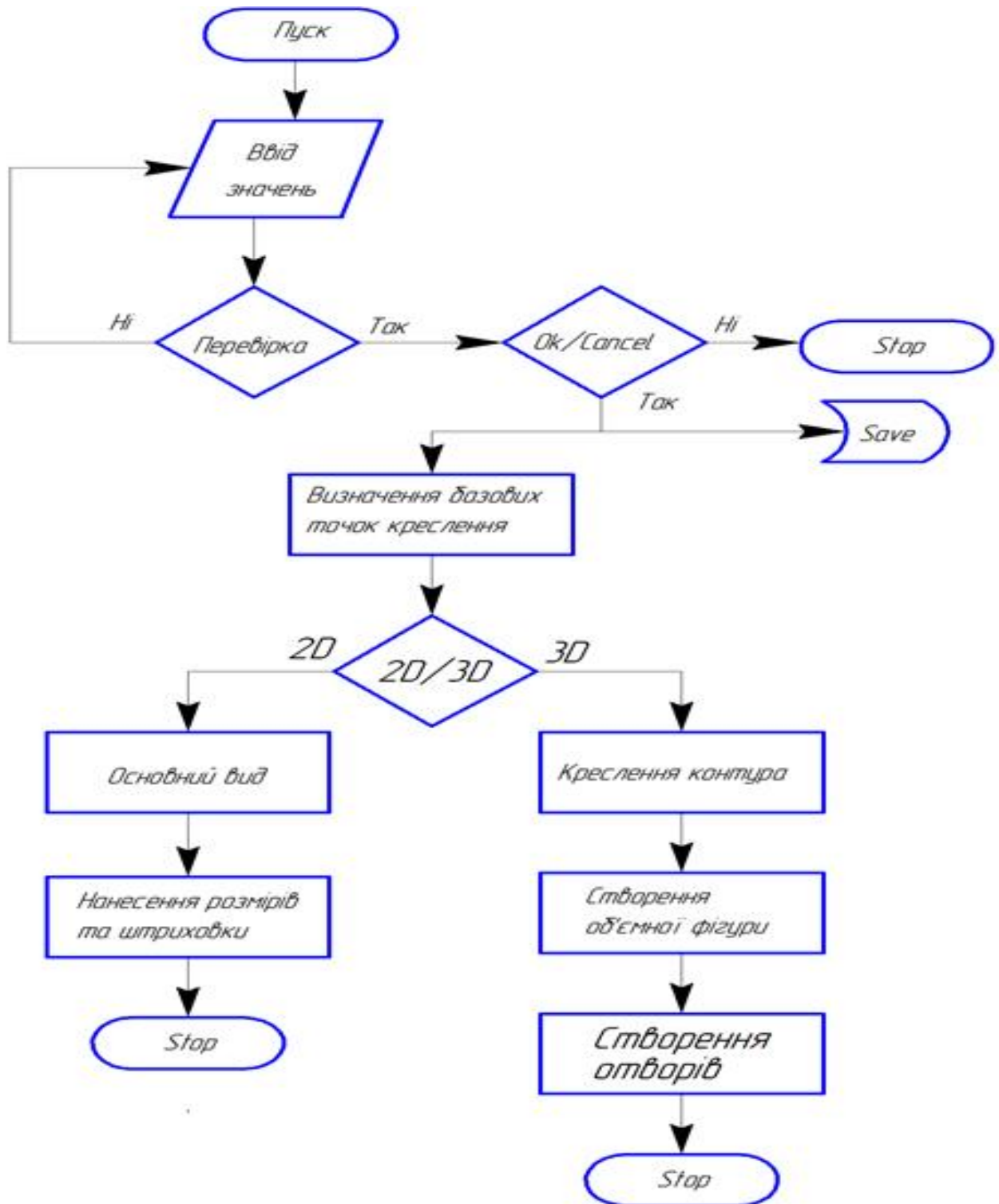


Рис.5.4. Блок схема програми

### 5.4.3.4 Розрахункова схема

Розрахункова схема валка приведена на рисунку 5.5. Відповідно вказаних точок розроблена програма на функціональній мові AutoLISP, яка приведена в додатку 1. Базова точка розміщена на осі обертання.

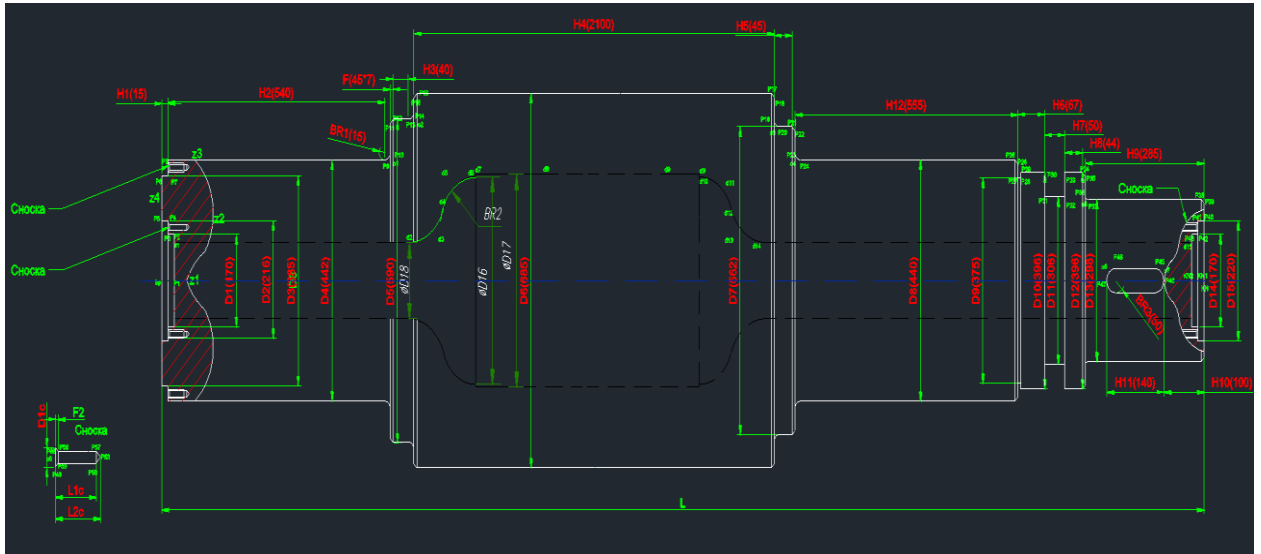


Рис.5.5. Базові точки

### 5.4.3.5 Системні змінні

Основні ідентифікатори, що використовуються в програмі і їх зв'язок з параметрами, що вводяться, наведені в таблиці 5.1 та показані на рисунку 5.5.

Табл. 5.1

| Позначення у програмі | Умова виконання | Тестові числові значення, мм |
|-----------------------|-----------------|------------------------------|
| _H1                   | _H1>0           | 15.0                         |
| _H2                   | _H2> 0          | 540.0                        |
| _H3                   | _H3> 0          | 40.0                         |

|      |            |         |
|------|------------|---------|
| _H4  | _ H4> _H5  | 2100.0  |
| _H5  | _ H5<_ H4  | 45.0    |
| _H6  | _ H5<_ H6  | 67.0    |
| _H7  | _H7> 0     | 50.0    |
| _H8  | _H8> 0     | 44.0    |
| _H9  | _ H9>_H11  | 285.0   |
| _H10 | _ H10>0    | 100.0   |
| _H11 | _ H9>_H11  | 140.0   |
| _H12 | _ H12>0    | 555.0   |
| _D1  | _ D1<_ D2  | 170.0   |
| _D2  | _D2>_ D1   | 216.0   |
| _D3  | _ D3<_ D4  | 385.0   |
| _D4  | _ D4>_ D3  | 442.0   |
| _D5  | _ D5>0     | 590.0   |
| _D6  | _ D6>0     | 685.0   |
| _D7  | _ D7 >0    | 562.0   |
| _D8  | _ D8<_D1   | 440.0   |
| _D9  | _ D9>0     | 375.0   |
| _D10 | _ D10>0    | 396.0   |
| _D11 | _ D11>0    | 306.0   |
| _D12 | _ D12>0    | 396.0   |
| _D13 | _ D13>0    | 298.0   |
| _D14 | _ D14>0    | 170.0   |
| _D15 | _ D15>0    | 220.0   |
| _D16 | _ D16>_D14 | 380.0   |
| _D17 | _ D17>0    | 386.0   |
| _D18 | _ D18>0    | 138.0   |
| _BR1 | _ BR1>0    | 15.0    |
| _BR2 | _ BR2>0    | 60.0    |
| _BR3 | _ BR3>0    | 22.0    |
| _F   | _ F>0      | 7.0     |
| _F1  | _ F1>0     | 9.75798 |
| _F2  | _ F2>0     | 3.0     |

|      |         |      |
|------|---------|------|
| _F3  | _ F3>0  | 4.0  |
| _L1C | _ L1C>0 | 47.0 |
| _L2C | _ L2C>0 | 52.0 |
| _D1C | _ D1C>0 | 16.0 |

#### 5.4.4 Опис роботи системи

При запуску програми на екрані з'являється діалогове вікно наведене на рисунку 5.6. «KPdial.DCL»- у цьому файлі визначається формат діалогового вікна, яке приєднується до потрібних змінних та функцій і стає функціональним за допомогою програми «Dial-KP2D.lsp», яка вже викликається в програмі «KP5DD.LSP». Вікно складається з трьох основних частин:

1. Ескізу креслення – служить для полегшення вводу формальних параметрів, і відображає їх назву. Використовується слайд, записаний в файлі «Detal.sld».

2. «Команди» – містить клавіші такі керування: «Перевірка», «2D», «3D», «Тест», «Cancel» і поле задання масштабу.

3. Поля задання розмірів, для зручності керування поділено погрупам: «Діаметри», «Довжини», «Діаметр отворів та їх кількість».

Зміна параметрів креслення кришки виконується вибором одного з дійсних значень або вводом необхідного значення параметра в відповідне віконце діалогового вікна. Для зміни параметра в діалоговому вікні потрібно за допомогою "миші" підвести курсор до відповідного вікна і натиснути ліву клавишу на "миші". Після цього з клавіатури вводиться нове значення. Введене нове значення відображається в відповідному віконці діалогового вікна.

В ці поля задання розмірів вносяться значення діаметрів , довжин і допоміжних величин в відповідності з слайдом.

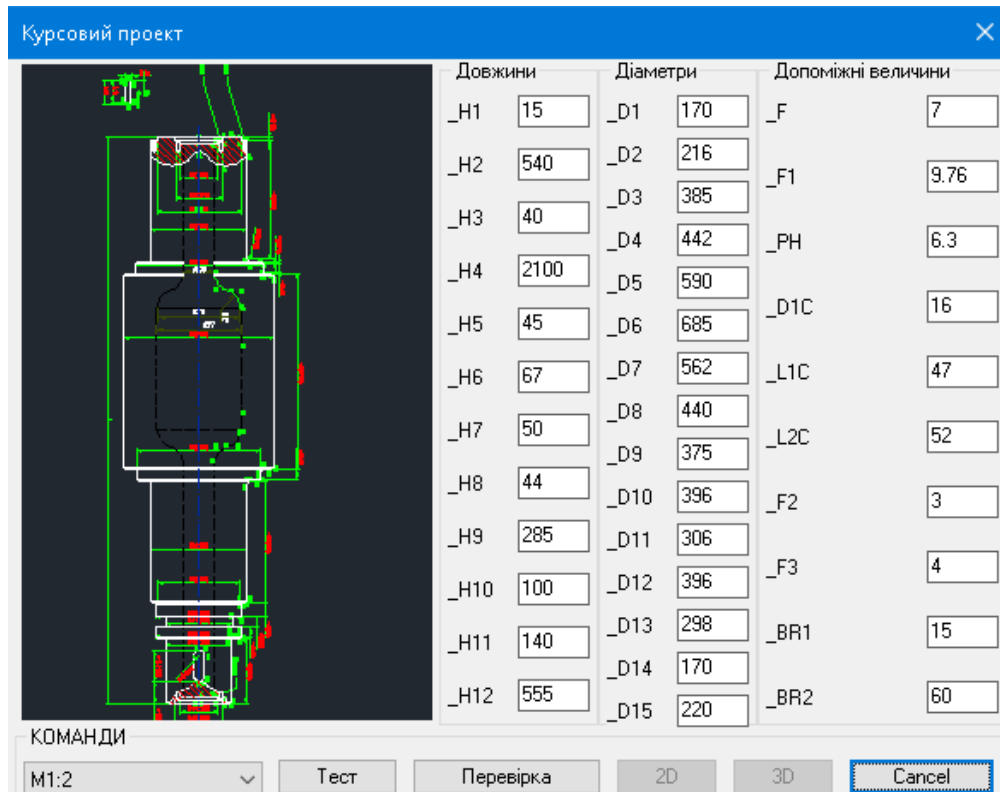


Рис.5.6 Діалогове вікно

## 5.4.5 Тестування програми

### 5.4.5.1 Тестування розмірів по зміні довжини

Для перевірки тестування розробленої програми були проведені перевірки роботи програми при зміні довжини. ( $H_3=300$  та  $H_4=800$ ) Отримані результати приведені на рисунку 5.7.

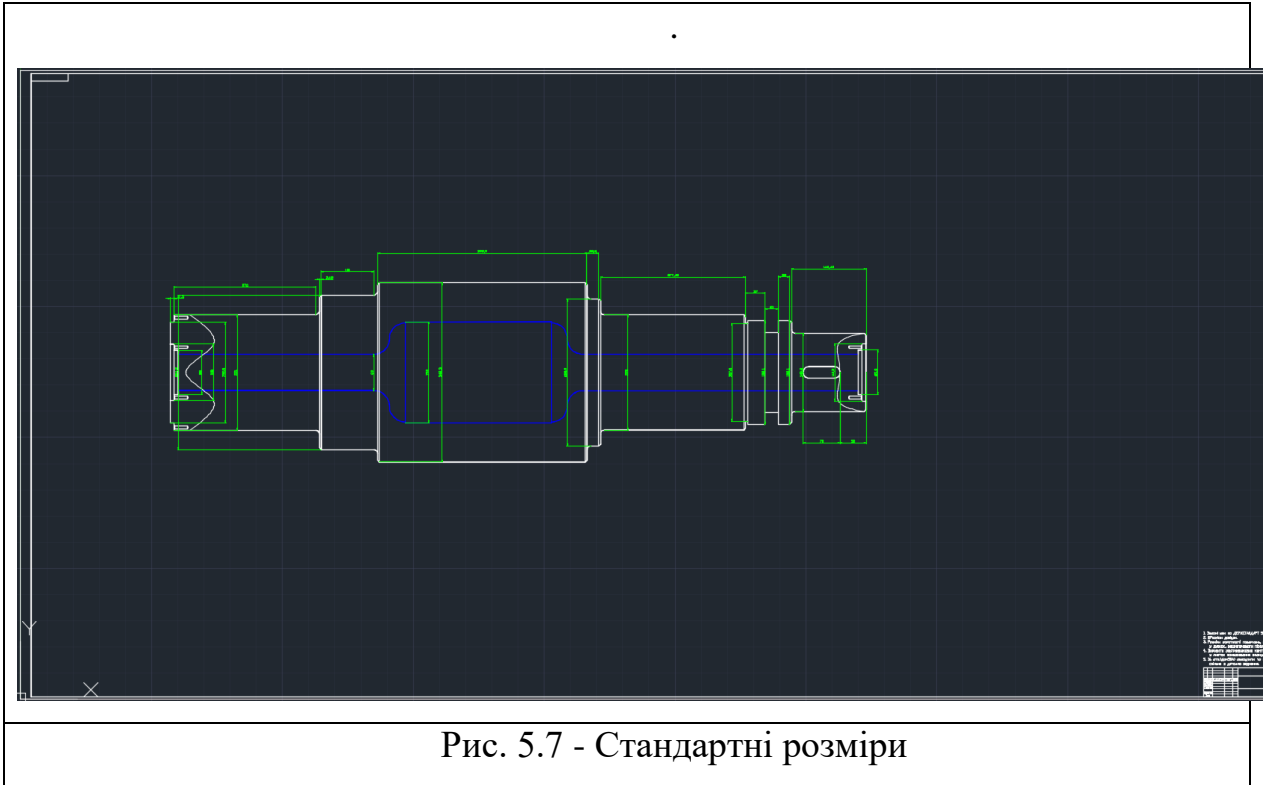


Рис. 5.7 - Стандартні розміри

#### 5.4.5.2 Тестування розмірів по заміні діаметрів

Для перевірки тестування розробленої програми були проведені перевірки роботи програми при зміні діаметрів осі. ( $D_4=400$   $D_5=500$   $D_6 = 100$ ) Отримані результати приведені на рисунку 5.8.

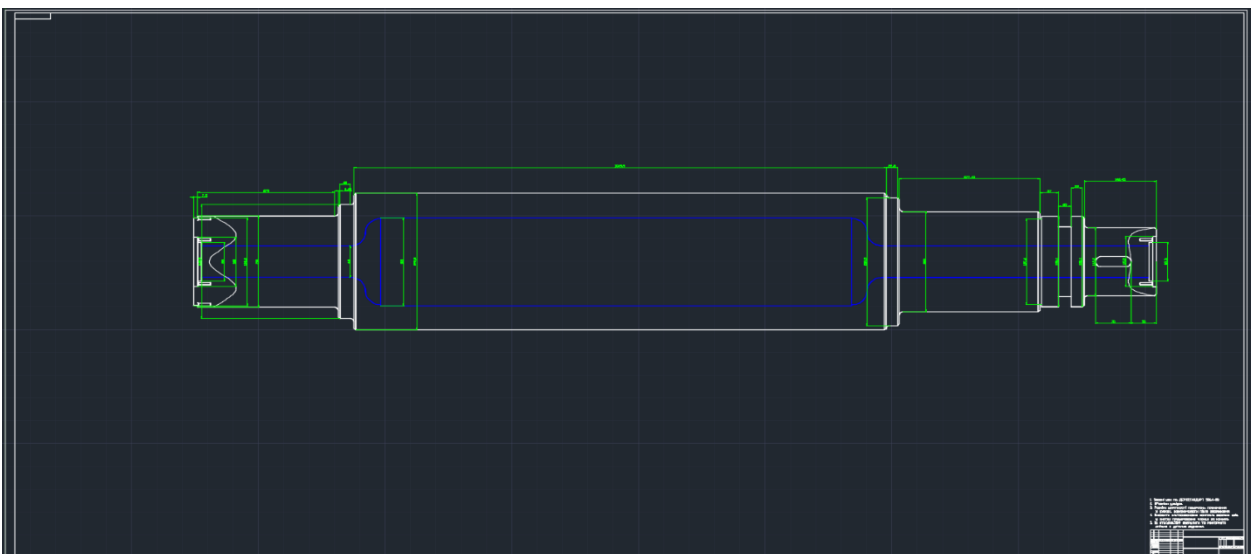
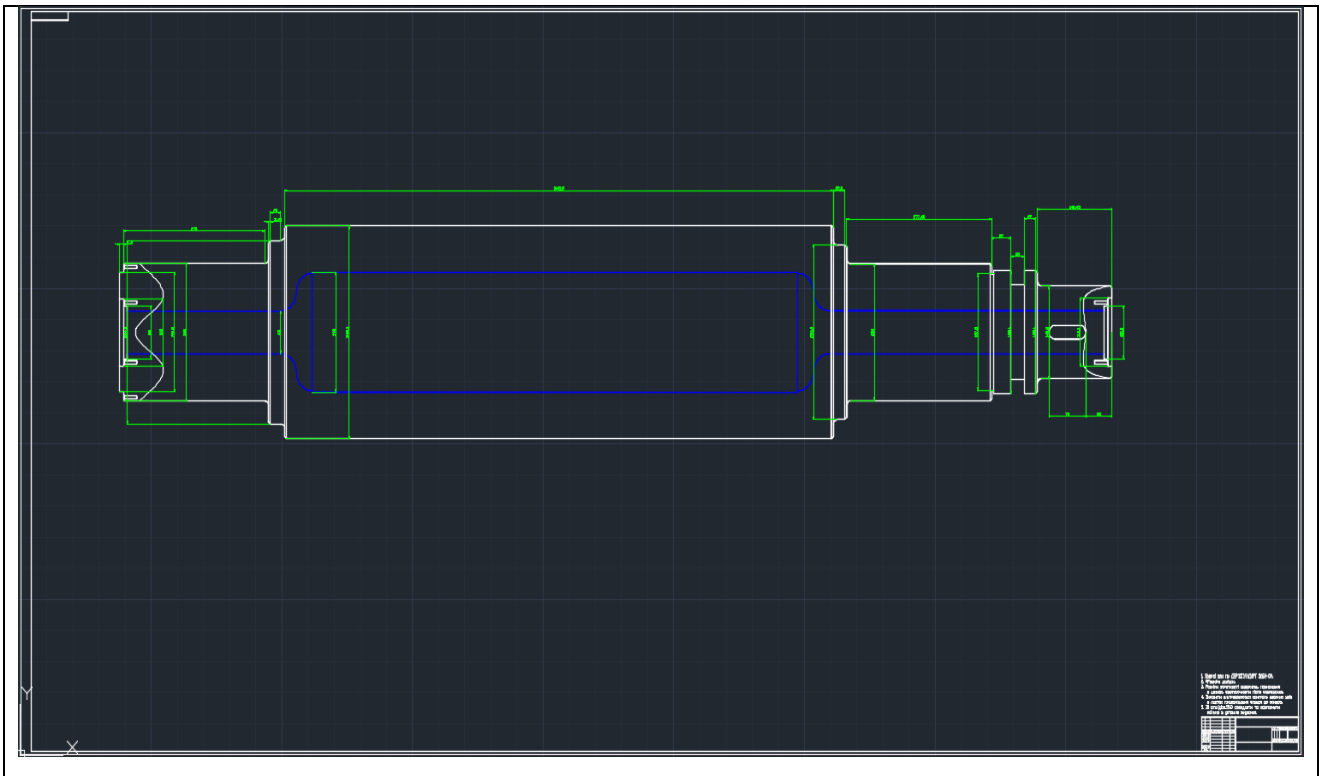


Рис. 5.8 – Зміна діаметрів

### 5.4.5.3 Тестування розмірів по заміні діаметрів

Для перевірки тестування розробленої програми були проведені перевірки роботи програми при зміні масштабу креслення ролика. (М1:2 М1:2.5) Отримані результати приведені на рисунку 5.9.



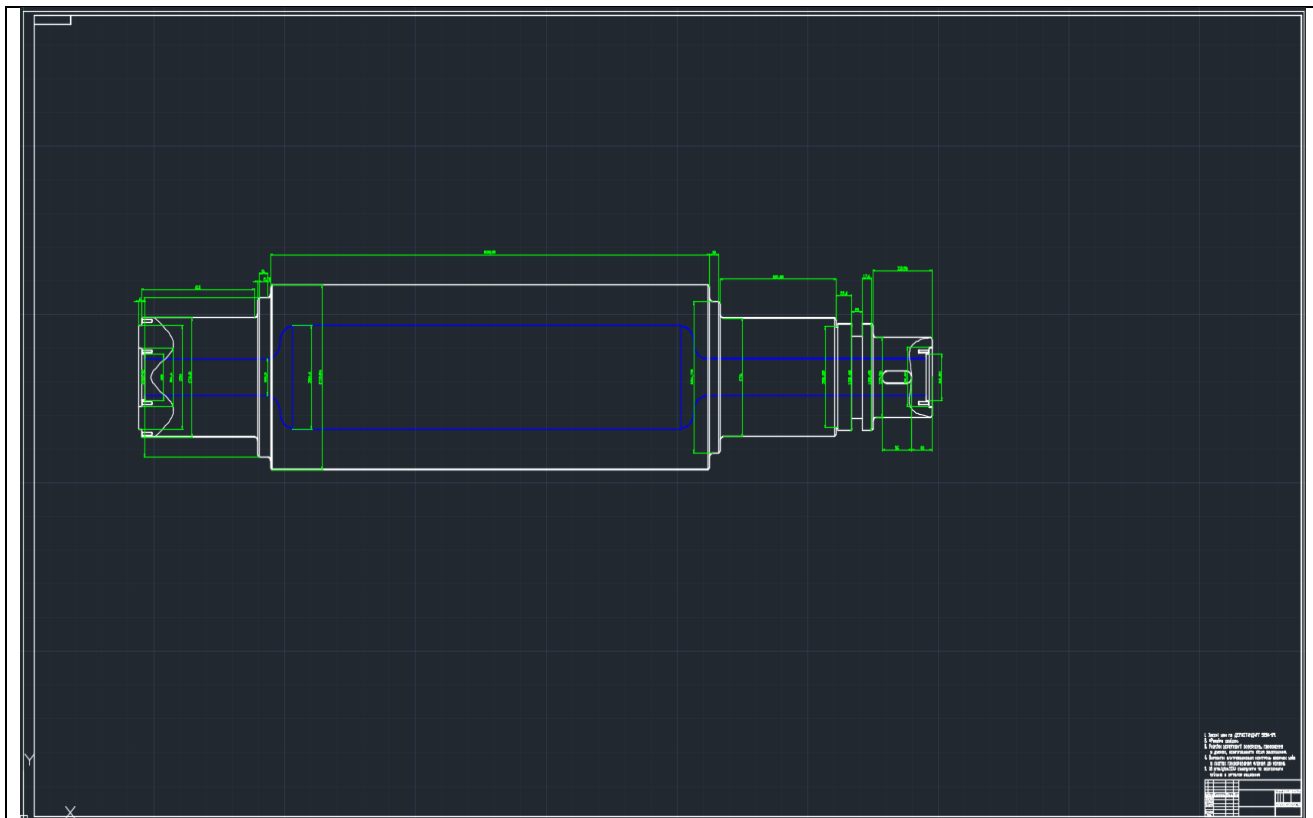


Рис. 5.9 -Тестування на зміну масштабу

## 5.4.6 Результати використання програми

### 5.4.6.1 Креслення деталі валок

При виконанні креслення валка з базовими даними приведеними в таблиця 1 та використанні масштабу М1:2 отримаємо креслення приведенне на рисунку 5.10. Креслення виконується після перевірки введених даних кнопка «Перевірка» та виконання креслення – кнопка «2D».

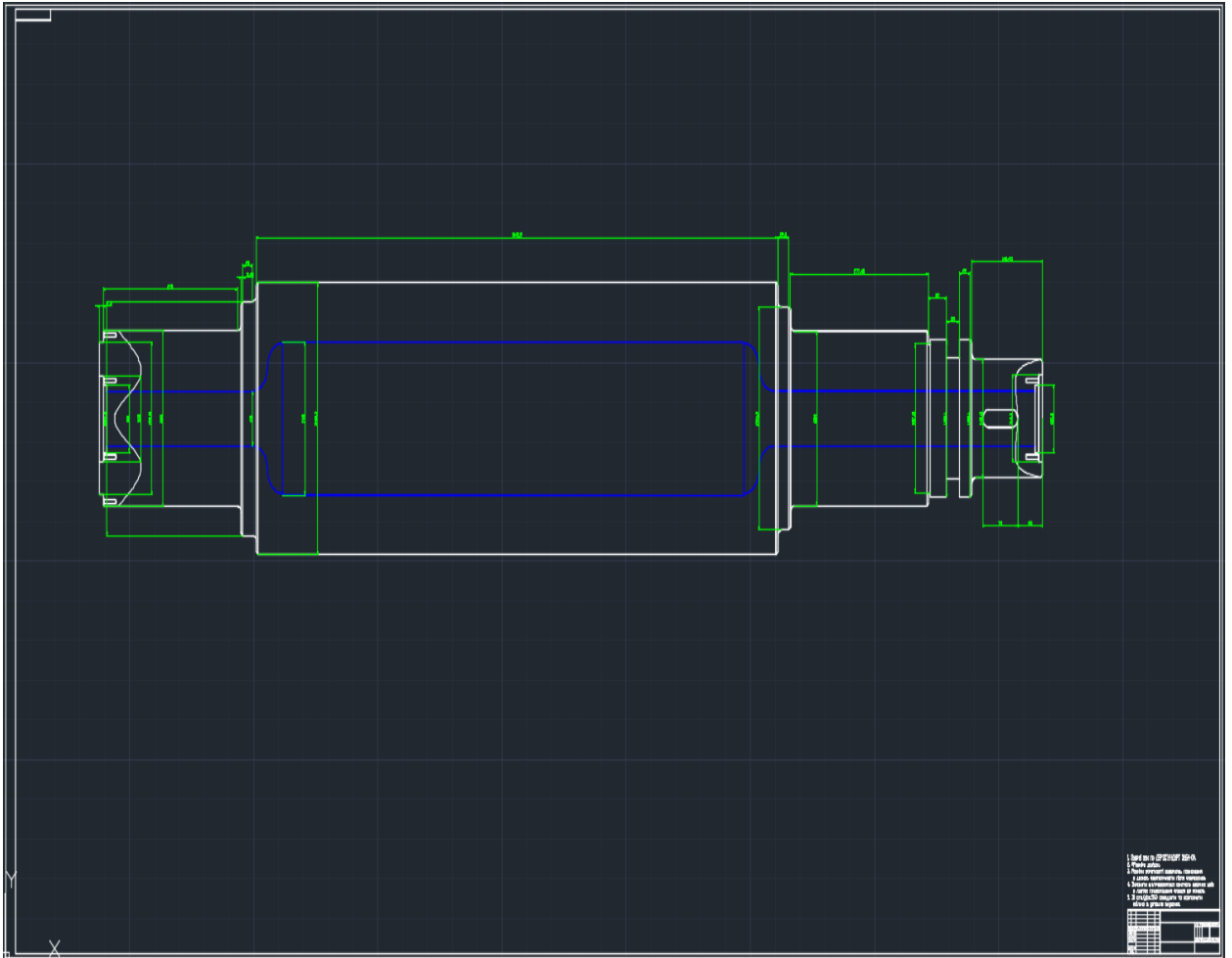


Рис. 5.10 – отримане креслення валка

#### 5.4.6.1 Твердотільна модель валка

Після ініціалізації кнопки «3D Модель» виконання твердотільного моделювання за даними введеними при задані даних для креслення.

За точками геометрії (рисунок. 5.6.) визначається контур і будується твердотільна модель шляхом обертання контура на кут  $360^{\circ}$  (рисунок 5.11.). Модель може бути побудована незалежно від креслення, оскільки має власний алгоритм розрахунку упорних точок. Проте є необхідним ввід даних в діалоговому окні.

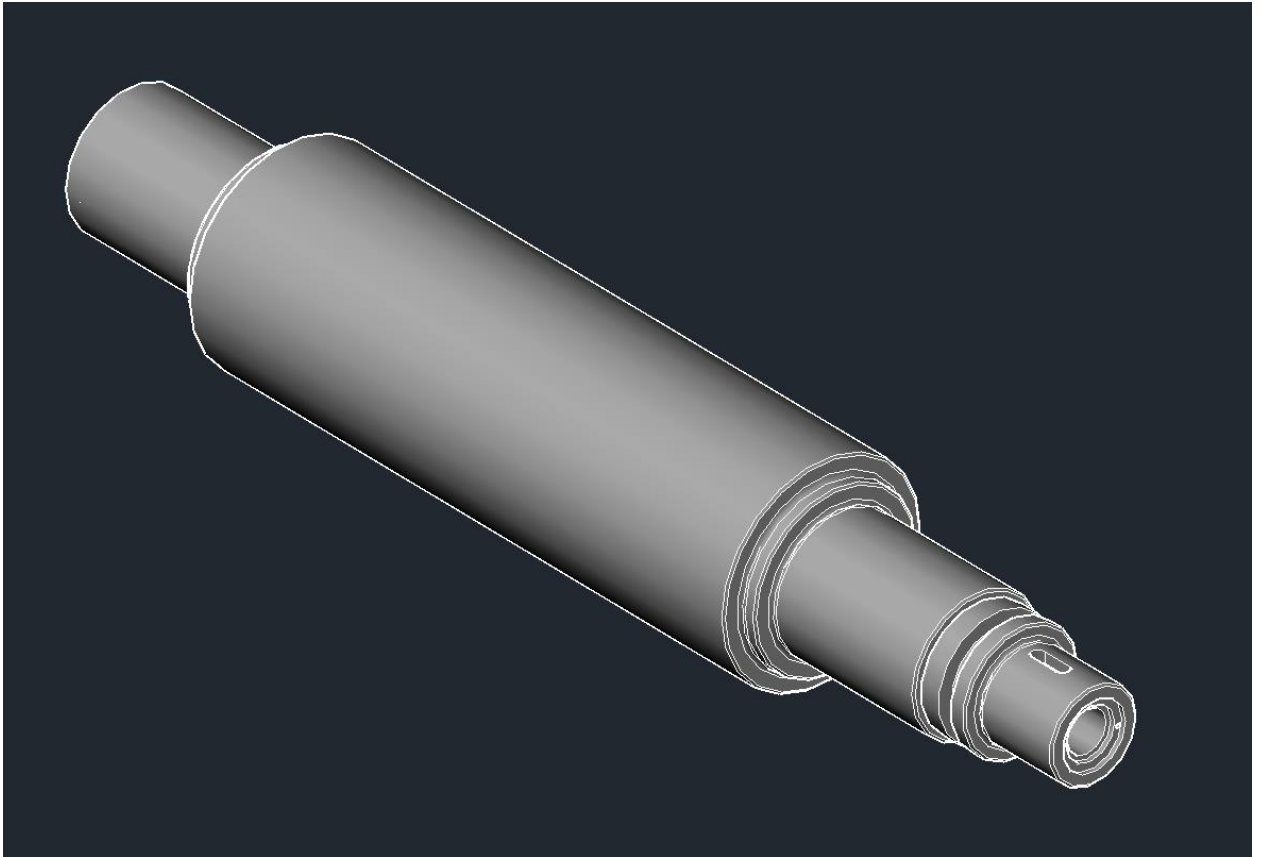


Рис. 5.11 – Твердотільна модель валка

Контур об'єкту будується за упорними точками з'єднаних полілінією. Після чого готовий контур обертаються навколо вісі утворюючи тіло обертання. При цьому будуються тіла , які потім видавлюються з фігури.

### **Висновки**

У даній роботі була досягнута мета з розробки програмного забезпечення для автоматизованого проектування валка, на базі параметризованого креслення цієї деталі. У результаті отримано програмне забезпечення, що включає автоматизовану систему, яка забезпечує:

- 1) інтерактивне введення вихідної інформації за допомогою багаторівневого віконного меню або інтерактивних графічних засобів;
- 2) оперативну обробку проектної документації, виконану в системі

AutoCAD;

3) можливість доповнення системи програм для виконання креслень нових деталей без суттєвого доопрацювання системи;

4) вихідні тексти програм повинні бути написані на функціональній мові AutoLISP і орієнтовані на використання в середовищі AutoCAD.

## 6 СПЕЦІАЛЬНІ РОЗДІЛИ

### 6.1 Монтаж та експлуатація

Лінія виробництва повинна бути розташована на першому поверсі з урахуванням маси самої лінії для оптимального розподілу навантаження. Черв'ячний екструдер слід встановлювати на фундамент, враховуючи геометрію лінії. Строповку під час монтажу слід виконувати відповідно до схем стороповки, забезпечуючи правильну горизонтальність за вказівкою на кресленні [121].

Монтаж електрообладнання проводиться відповідно до схеми електричного підключення, а після завершення монтажу оформлюється акт готовності лінії до пусконаладних робіт.

Для введення лінії в експлуатацію виконуються наступні перевірки:

- 1) Перевірка відсутності сторонніх предметів у завантажувальному бункері екструдера та налаштування датчиків температури відповідно до технологічного регламенту;
- 2) Перевірка кріплення всіх машин та вузлів лінії, а також кріплення щитів та огорожень. Встановлення необхідного зазору екструдера та його фіксація. Перевірка наявності змазки в редукторі [121];
- 3) Перевірка регулюючих та вимірювальних приладів відповідно до інструкцій на монтаж та експлуатацію.

Після усіх перевірок слід увімкнути живлення схеми та перевірити прилади та апарати при включенні напруги.

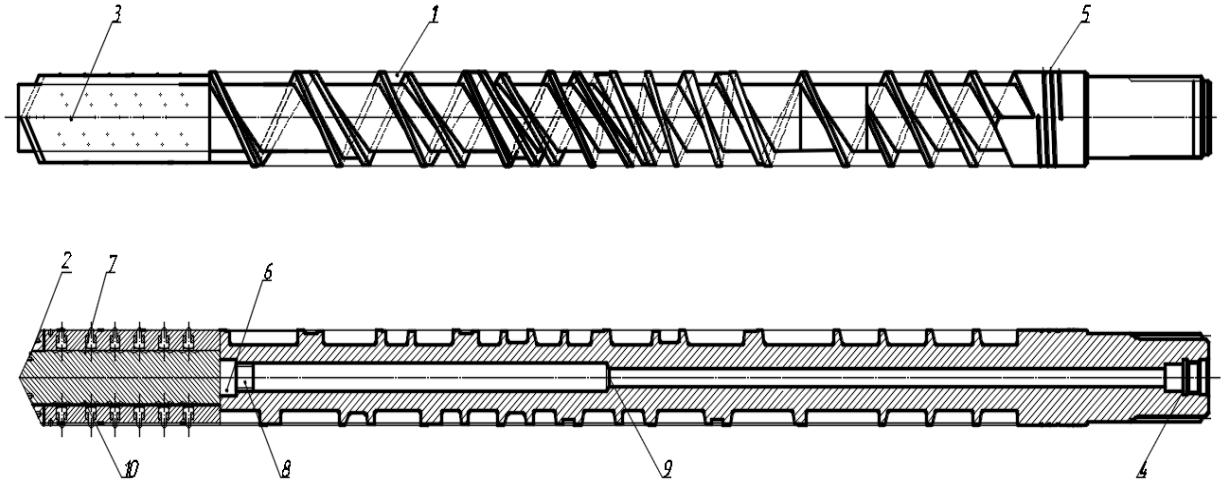
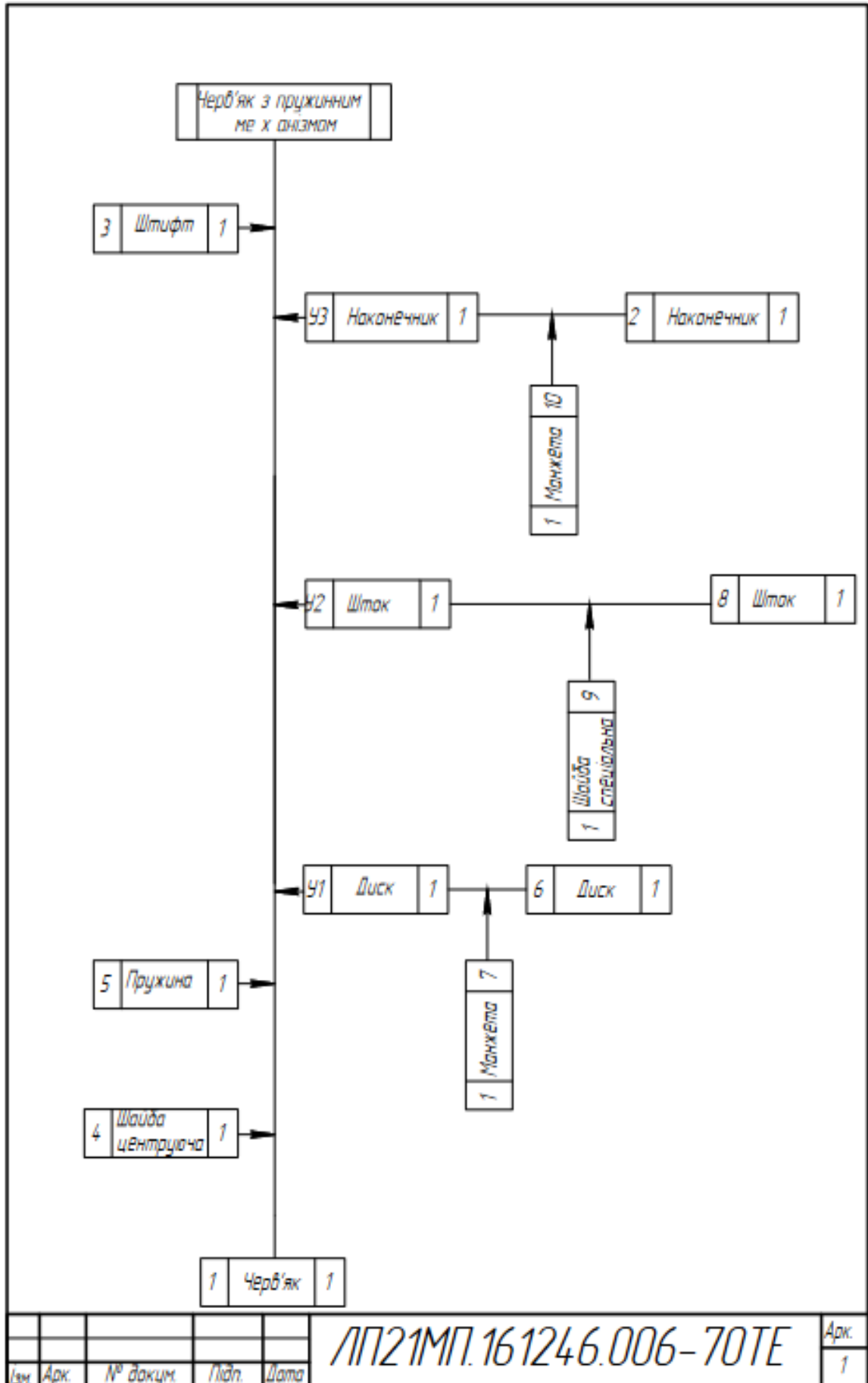


Рис. 6.1 – Черв'як з пружинним елементом (пояснення в тексті)





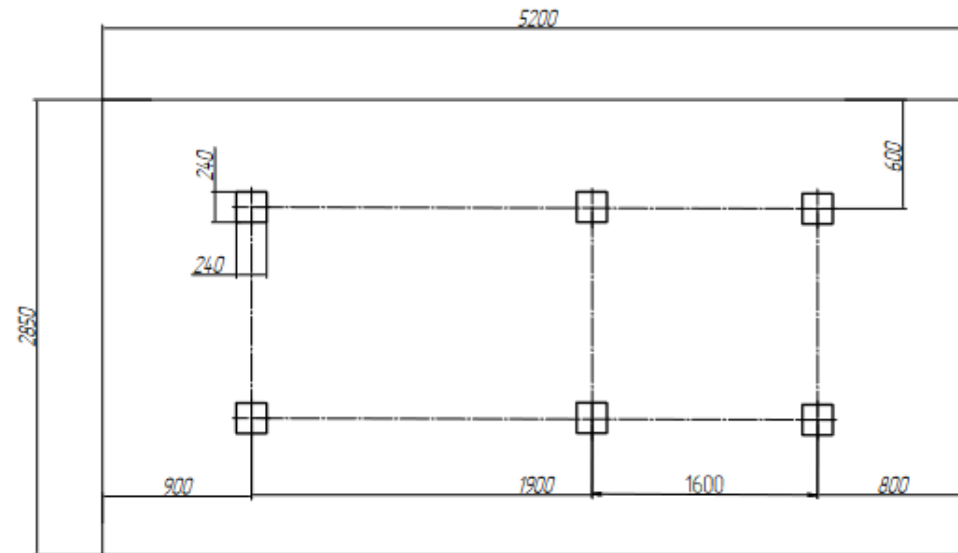
| Інв. № дубл.   |  | Підпис і дата |          | Взам.інв. №       |      | Інв. № дубл.   |      | Підпис і дата                           |                             |                              |                                |        |
|--|--|---------------|----------|-------------------|------|----------------|------|---|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------|
| <b>Операційна карта<br/>слюсарно-складальних робіт</b> |  |               |          |                   |      |                |      |   |                             |                              |                                |        |
| Номер цеха   |  | Номер уст-д   |          | Номер вузла-карта |      | Номер операції |      | Збирання черв'яка з пружинним елементом |                             | Екструдер ЧП-63              |                                |        |
|  |  |               |          |                   |      |                |      | Складальна                              |                             |                              |                                |        |
| Номер переходу   | Зміст переходу   |               |          |                   |      |                |      |   | Технологічний режим, кіл-ть | Пристрій (код, найменування) | Інструмент (код, найменування) | Го, хв |
| 1  | Установити в черв'як 1 центруючу шайбу 4, та на шайбу 4 встановити пружину 5 |               |          |                   |      |                |      |   | Черв'як 1 1                 | Стенд                        |                                | 10     |
|  |  |               |          |                   |      |                |      |   | Шайба цент. 4 1             | складальний                  |                                |        |
|  |  |               |          |                   |      |                |      |   | Пружина 5 1                 |                              |                                |        |
| 2  | На диск 6 встановити манжету 7   |               |          |                   |      |                |      |   | Диск 6 1                    | Стенд                        |                                | 5      |
|  |  |               |          |                   |      |                |      |   | Манжета 7 1                 | складальний                  |                                |        |
| 3  | На шток 8 накрутити шайбу спеціальну 9                                       |               |          |                   |      |                |      |   | Шток 8 1                    | Стенд                        | Ключ з штифтам                 | 5      |
|  |  |               |          |                   |      |                |      |   | Шайба спец. 1               | складальний                  |                                |        |
| 4  | В диск 6 вкрутити зібраний шток 8 з шайбою на ньому                          |               |          |                   |      |                |      |   | Диск 6 1                    | Лещата                       | Ключ гайковий                  | 10     |
|  |  |               |          |                   |      |                |      |   | Шток 8 1                    |                              | S=12                           |        |
| 5  | Зібрані диск 6 та шток 8 запресувати у черв'як 1                             |               |          |                   |      |                |      |   | Черв'як 1 1                 | Прес 75т                     |                                | 10     |
|  |  |               |          |                   |      |                |      |   | Шток 8 1                    |                              |                                |        |
|  |  |               |          |                   |      |                |      |   |                             | Розроб.                      | Овчипенко Д.В                  | Лист   |
|  |  |               |          |                   |      |                |      |   |                             | Перев.                       | Борщук С.О.                    | 1      |
|  |  |               |          |                   |      |                |      |   |                             |                              |                                | Листів |
|  |  |               |          |                   |      |                |      |   |                             |                              |                                | 2      |
|  | Зм.  | Лист          | № докум. | Підпис            | Дата | Зм.            | Лист | № докум.                                | Підпис                      | Дата                         | Н. контр.                      |        |

| Інв. № дубл.          | Підпис і дата   | Взам.інв. № | Інв. № дубл. | Підпис і дата |                     |                              |                                |               |        |      |     |      |          |        |      |   |
|-----------------------|---|-------------|--------------|---------------|---------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------|--------|------|-----|------|----------|--------|------|---|
| <b>Зміст переходу</b> |   |             |              |               | Технологічний режим | Пристрій (код, найменування) | Інструмент (код, найменування) | То, хв        |        |      |     |      |          |        |      |   |
| 6                     | На наконечник 2 встановити манжету 10   |             |              |               | Наконечник 2        | 1                            | Стенд                          |               | 5      |      |     |      |          |        |      |   |
|                       |   |             |              |               | Манжета 10          | 1                            | складальний                    |               |        |      |     |      |          |        |      |   |
| 7                     | Черв'як 1 встановити вертикально та залити в поглиблення залити в'язку рідину |             |              |               | Черв'як 1           | 1                            | Стенд                          |               | 5      |      |     |      |          |        |      |   |
|                       |   |             |              |               |                     |                              | складальний                    |               |        |      |     |      |          |        |      |   |
| 8                     | Зібраний наконечник 2 вгвинчується у шток 8                                   |             |              |               | Шток 8              | 1                            | Стенд                          | Ключ гайковий | 7      |      |     |      |          |        |      |   |
|                       |   |             |              |               | Наконечник 2        | 1                            | складальний                    | S= 48         |        |      |     |      |          |        |      |   |
| 9                     | Наконечник 2 додатково фіксується штифтом 3                                   |             |              |               | Наконечник 2        | 1                            | Стенд                          | Молоток       | 5      |      |     |      |          |        |      |   |
|                       |   |             |              |               | Штифт 3             | 1                            | складальний                    |               |        |      |     |      |          |        |      |   |
| 10                    | Загальний час складання   |             |              |               |                     |                              |                                |               | 62     |      |     |      |          |        |      |   |
| Лист                  |   |             |              |               |                     |                              |                                |               |        |      |     |      |          |        |      |   |
|                       | Зм.   | Лист        | № докум.     | Підпис        | Дата                | Зм.                          | Лист                           | № докум.      | Підпис | Дата | Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | 2 |

Карта ескізів

Номер операції

План розміщення фундаментних болтів



|      |       |         |        |      |      |       |         |        |      |           |               |  |  |       |
|------|-------|---------|--------|------|------|-------|---------|--------|------|-----------|---------------|--|--|-------|
|      |       |         |        |      |      |       |         |        |      | Розробив  | Онищенко Д.В. |  |  | А рк. |
|      |       |         |        |      |      |       |         |        |      | Перевірив | Боршик С.О.   |  |  | 1     |
|      |       |         |        |      |      |       |         |        |      |           |               |  |  | А рк. |
|      |       |         |        |      |      |       |         |        |      |           |               |  |  | 1     |
| З м. | А рк. | №Вакум. | Підпис | Дата | З м. | А рк. | №Вакум. | Підпис | Дата | Н.Контр.  |               |  |  |       |



## **6.2 Автоматизація**

### **6.2.1 Вступ**

Одним з найважливіших шляхів підвищення ефективності виробництва при переробці гуми є створення автоматизованих систем керування механічними процесами.

В автоматизованих системах керування використовуються всі рівні розвитку засобів і методів керування механічними процесами. У керуванні дуже важливу роль грають питання збору і перетворення параметрів, що характеризують хід технологічного процесу.

Автоматичний контроль полегшує працю оператора, але не вирішує до кінця проблему керування складними технологічними процесами. Тому все частіше використовуються системи автоматизації з комп'ютером. Використання комп'ютера дозволяє здійснити обробку інформації автоматичними пристроями зі швидкістю в кілька мільйонів разів перевищуючу швидкість обробки інформації людиною.

### **6.2.2 Опис технологічного процесу екструзії**

Черв'ячний екструдер призначений для отримання однорідного полімерного розплаву і подачі його під тиском в формуючу голівку.

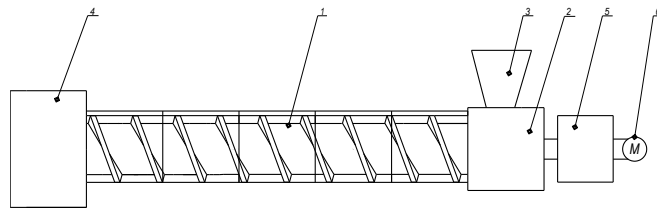


Рисунок 6.1 - Черв'ячний екструдер:

1 – черв'як; 2 – корпус; 3 – воронка; 4 – формувальний інструмент; 5 – електричний двигун; 6 – варіатор.

Основним робочим органом черв'ячного екструдера є матеріальний циліндр, що обігрівається, усередині якого обертається черв'як 1. Матеріал завантажується за допомогою воронки 3, конструктивне оформлення якої визначається станом і формою матеріалу, що переробляється. Далі матеріал надходить до елемента корпуса 2, де матеріал починає перемішуватись. Формувальний інструмент 4 установлюється на виході з матеріального циліндра, що обігрівається за допомогою нагрівачів.

У процесі переробки вихідний матеріал із завантажувального пристрою надходить у черв'як і переміщується в осьовому напрямку в гвинтовому каналі черв'яка, утвореному внутрішньою поверхнею матеріального циліндра і нарізкою черв'яка. При русі матеріал ущільнюється, розплавляється, відбувається видалення повітря і гомогенізація розплаву, розвивається тиск, під дією якого підготовлений розплав продавлюється через формуючий інструмент. Відповідно в екструдері в напрямку руху матеріалу можуть бути виділені зони: живлення, пластикації і видавлювання. У ряді випадків для екструдерів спеціального призначення можуть бути виділені зони дегазування, змішування, диспергірування і т.д.

У зоні живлення відбувається прийом матеріалу, що переробляється, і його переміщення в напрямку зони пластикації. В цій зоні відбувається стискування матеріалу, розігрів матеріалу до температури пластикації.

У зоні пластикації відбувається пластикація гумової суміші, її ущільнення і видалення повітряних включень. Для ефективного проведення зазначених процесів канал черв'яка в зоні плавлення виконується з поступово зменшуваним об'ємом, що досягається в більшості випадків зменшенням глибини каналу, кроку гвинтової лінії чи обох параметрів.

У зоні видавлювання відбувається остаточна пластикація і гомогенізація гумової суміші і подальше її проштовхування до формуючої головки.

Обертання черв'яка здійснюється за рахунок електродвигуна – 5 та варіатора – 6, що регулює кількість обертів тихохідного валу.

### **6.2.3 Постановка задачі автоматизації**

При переробці гумових сумішей найважливішою задачею є підтримка в зонах черв'ячного преса визначеної температури для запобігання перегріву або недогріву полімерного матеріалу. Безпосередній вимір температури корпусу черв'ячної машини є складним процесом.

При переробці гумових сумішей температура корпусу черв'ячної машини різна. Це походить через поступові зміни геометрії черв'яка і збільшення нагрівачами температури для пластикації гумової суміші. Температура вимірюється за допомогою термопар, що встановлені на корпусі преса. Неточність виміру не повинна перевищувати  $1,5^{\circ}\text{C}$ , оскільки

відбувається зміна структури суміші, що у свою чергу приводить до втрати якості одержуваного виробу.

У зв'язку з необхідністю підтримання температури на заданому рівні, корпус черв'ячного пресу розділений на чотири незалежних температурних зони. В кожній зоні необхідно підтримувати температуру на рівні 120-160 °C і в залежності від того, вище чи нижче заданої температури дійсна, вмикається або нагрів, або охолодження цієї зони.

Обігрів здійснюється електронагрівачами, а охолодження корпусу здійснюється повітрям, за допомогою нагнітаючим вентилятором.

Крім чотирьох теплових зон корпусу, є ще такі зони: зона перехідних фланців між корпусом та головкою (5 зона), дві зони формуючої головки (6 і 7 зони). В одній із зон необхідно підтримувати температуру на рівні 150±5 °C і в залежності від її значення, вмикають або вимикають обігрів, в іншій зоні необхідно регулювати тиск формуючої головки на необхідному рівні.

Температура в зоні завантажувальної воронки не повинна перевищувати 70 °C, щоб уникнути раннього початку пластикації та прилипання. У випадку перевищення заданого значення, необхідно інформувати оператора сигнальною лампою і звуковим сигналом. В зоні завантаження для стартового розігріву суміші необхідно підтримувати температуру розігріву на рівні 70±5 °C і в залежності від її значення вмикати або вимикати обігрів.

Необхідно контролювати тиск гумової суміші на виході із черв'ячного пресу, його величина не повинна бути меншою за 10 МПа, інакше неможливо буде проштовхнути матеріал через формуючу головку.

Якщо вище зазначені параметри не будуть підтримуватись на необхідному рівні, то це призведе до браку продукції і псуванню обладнання.

При завантаженні сировини у вигляді стрічки у бункер, вона далі потрапляє у зону завантаження, де при обертанні черв'яка вони продавлюються в зону пластикації.

В цей момент на корпусі ЧЕ підвищується температура за допомогою нагрівачів, якими задається визначена температура корпусу ЧЕ. На кожному нагрівачі встановлюється ізоляція. Температура корпусу вимірюється за допомогою термопар ТЕ1а, ТЕ2а, ТЕ3а, ТЕ4а, ТЕ5а це відбувається в кожній з умовних температурних зон преса. При впливі температури і тертя гранул об корпус вони пластифікуються і подаються вже в розплавленому вигляді в зону видавлювання. Перед входом у головку стоїть регулятор тиску РЕ8а, що визначає тиск полімерного матеріалу на виході з черв'ячного преса. Цей тиск може регулюватися за допомогою регулювання швидкості обертання черв'яка. На варіаторі встановлюється датчик тахогенератора, що фіксує швидкість обертання валу двигуна SE9а. Таким чином, знаючи швидкість обертання черв'яка можна регулювати тиск на вході у формуючу головку.

Циліндр охолоджується за допомогою устаткування поверхні корпусу сухим стисненим повітрям. Повітря з великою швидкістю обдуває кожух, після чого попадає в розташовану під циліндром камеру і відсмоктується вентилятором. Завдяки створенню вентилятором швидкісного напору повітря, у кожусі підвищується ефективність охолодження.

Повітря нагнітається і відсмоктується безупинно за допомогою магнітного пускача NS.

## **6.2.4 Побудова схеми автоматизації засобами локальної автоматики**

### **6.2.4.1 Опис контуру регулювання температури в одній із зон екструдера**

У зв'язку з необхідністю підтримання температури на заданому рівні, корпус черв'ячного екструдера розділений на чотири незалежних температурних зони. В кожній зоні необхідно підтримувати температуру на рівні 160-190<sup>0</sup> С.

Так як контури регулювання температури екструдера подібні один одному то нижче опишемо один із контурів регулювання температури за допомогою охолодження або ж нагрівання. Контур температурного режиму другої зони працює наступним чином. В корпусі встановлено термопару типу ТХК-2088, поз.2а, що вимірює температуру у відповідній ділянці корпуса. Цей сигнал подається на вторинний прилад регулятора температури типу КСП-2Р, поз.2б, де сигнал реєструється та ідентифікується, а вже потім зрівнюється з заданим сигналом і в залежності від дійсного і заданого значення - подає сигнал на нагрівання або ж охолодження. В залежності від того яка операція виконується чи то нагрівання чи то охолодження вмикається відповідна лампочка до цієї операції на щиті автоматики. Якщо ж сигнал перевищує допустиму норму робочої температури то автоматично вмикається сигналізація. А якщо це значення перевищує критичне значення то йде відповідний сигнал на вимкнення установки, через відключення двигуна.

Охолодження корпусу відбувається за допомогою стиснутого повітря, що подається з вентилятора.

### **6.2.4.2 Опис контуру регулювання температури загрузочної воронки**

За технологією переробки гуми необхідно підтримувати температуру в загрузочній воронці на необхідному рівні. Температура повинна бути такою

щоб суміш почала добре розігріватися але ще не прилипала до черв'яка, бо в іншому разі вона не буде проходити вперед.

У формуючій головці необхідно підтримувати температуру на необхідному рівні щоб із гумової суміші можна було б належно формувати виріб, а також для подальшого підтримування її в'язкотекучого стану.

Так як обидва ці контури подібні за своєю схемою то нижче опишемо один з таких контурів. В зоні завантаження воронки необхідно підтримувати температуру на рівні  $t_1$  і в залежності від того, вище чи нижче заданої температури дійсна, вмикається нагрів цієї зони.

Контур температурного режиму працює наступним чином. В загрузочній воронці встановлено термодатчик типу ТХК-2088, поз. 1а, що вимірює температуру у відповідній ділянці. Цей сигнал подається на вторинний прилад регулятор температури типу КСП-2Р, поз. 1б, де сигнал реєструється та ідентифікується, потім зрівнюється з заданим сигналом і в залежності від дійсного і заданого значення - подає сигнал на нагрівання або ж відключення обігріву, про що сигналізують відповідні лампочки типу ЛС-3, поз. НЛ1, НЛ2. Після цього сигнал потрапляє до зони захисту і сигналізації, де у разі перевищування норми робочої температури відбувається відповідна дія. Якщо ж значення температури перевищує допустимі норми захисту то йде відповідний сигнал на вимикання установки.

Обігрів здійснюється електронагрівачами.

#### **6.2.4.3 Контур регулювання тиску формуючої головки**

Контур регулювання тиску формуючої головки являється каскадним. В цій системі задіяні два контури управління. Перший це малоінерційний контур регулювання кількості обертів двигуна, який вважається допоміжним. Другий це інерційний контур регулювання тиску формуючої головки, який в

свою чергу являється головним. Каскадна система працює наступним чином. Тиск на виході формуючої головки вимірює манометр типу РМ-5322, поз. 8а. Далі сигнал надходить на перетворювач типу САПФІР-22ДИ, поз.8б, який нормує сигнал для його подальшого використання. Після цього сигнал подається на вторинний автоматичний прилад типу РМТ-49АМ/1, поз. 8в, де сигнал реєструється та ідентифікується, а потім потрапляє на регулятор тиску типу Р-12, поз. 8г, який перевіряє поточне значення за допомогою датчика типу ЗУ-11 з заданим значенням поз. 8д. Якщо різниця між цими значеннями не дорівнює нулю то регулятор тиску корегує вихідну дію та змінює завдання регулятору обертів типу Р-21, поз. 9д, при цьому сигнал проходить блок управління типу БУ-12, поз.8е та вимірювальний блок типу ІО-04, поз. 9г. Корегування завдання регулятора буде проходити до тих пір поки різниця між заданим та поточним значенням тисків не буде дорівнювати нулю. Після цього регулятор тиску приймає постійне завдання. Малоінерційний контур працює в звичайному режимі. Частота обертів варіатора контролюється тахометром типу ТГ-2, поз. 9а. Далі тахогенератор типу ТГ-2, поз. 9б, нормує поточний сигнал для подальшого використання. Цей сигнал через вимірювальний блок типу І-04, поз. 9г подається на регулятор обертів типу Р-21, поз. 9д і далі на підсилювач тиристорний типу У-252, поз. 9ж.

У тому випадку якщо поточне значення, що надходить з вторинного автоматичного приладу типу РМТ-49АМ/1, поз. 8в, перевищує допустиму норму робочого тиску то відбувається відповідний сигнал на щиті сигналу та захисту. Коли поточне значення перевищує критичну норму вмикається захист, після чого сигнал потрапляє на вимикання установки.

#### **6.2.4.4 Дистанційне управління**

В контурі 1,2,3,4,5,6,7 використовується пускова апаратура NSг, NSд типу ПБР-3М, яка призначена для дистанційного управління процесами

охолодження та нагрівання, що оснащена приладами для сигналізації та захисту, а також установка на щиті автоматики (ключ керування).

В контурі №10 використовується магнітний пускач Nsa типу ПБР-3М, який призначений для дистанційного керування, а також установка на щиті автоматики (ключ керування) для відповідного включення чи виключення двигуна.

#### **6.2.4.4 Система сигналізації та захисту**

Система сигналізації працює наступним чином. Якщо в автоматичному контурі регулювання температур № 1,2,3,4,5,6,7 значення перевищує допустиму норму робочої температури то автоматично вмикається сигналізація. В каскадному контурі регулювання тиску № 8,9 вмикається автоматична сигналізація, якщо поточне значення перевищує допустиму норму. У тому випадку якщо поточне значення перевищує критичну норму в автоматичному контурі № 1,7, та в каскадному контурі № 8,9 вмикається захист, після чого сигнал потрапляє на вимикання установки, тобто на пункт ручного керування HSA 10a.

#### **6.2.5 Висновки за розділом**

В рамках розділу "Автоматизація" розроблена функціональна схема для автоматизації гідравлічного пресу. В ході виконання цього розділу отримані нові знання та навички, такі як:

Формулювання завдання на автоматизацію поточного технологічного процесу;

Розробка схем автоматизації хіміко-технологічних процесів, використовуючи стандарти, які були передбачені;

Вивчення принципів роботи та характеристик основних типів первинних вимірювачів (датчиків) технологічних параметрів та вторинних пристроїв, а також інструментів сигналізації;

Ознайомлення із стратегіями управління та функціональними можливостями автоматичних регуляторів (позиційних, аналогових, цифрових);

Дослідження особливостей конструкції та умов експлуатації пристроїв, що мають безпосередній вплив на технологічний процес.



Табл. 6.1: Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

| № позиції на схемі                               | Найменування параметра                | Граничне значення параметру | Місце встановлення      | Найменування та характеристика          | Тип моделі | Кількість | Місце виготовлення             |
|--|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|---|------------|-----------|--------------------------------|
| 1а,2а,3а,<br>4а,5а,6а,<br>7а                     | Рівень температури в зонах екструдера | 190° C                      | Корпус червячного преса | Термопара                               | ТХК-2088   | 10        | Приладобудівний завод м. Луцьк |
| 1б,2б,3б,<br>4б,5б,6б,<br>7б                     | Температура стінки циліндру           | 190° C                      | щит КИП                 | Потенціометр автоматичний з регулятором | КСП-2Р     | 4         | “Львівський прибор” м. Львів   |
| 1в,2в,3в,<br>4в,5в,6в,<br>7в, 10а                | Температура стінки циліндру           | 190° C                      | щит КИП                 | Панель ручного керування                | БРУ-2К     | 4         | “Електроприлад” м.Чебоксари    |
| 1г,2г,3г,<br>4г,5г,6г,<br>7г,2д,3д,<br>4д,9г,5д, | Температура стінки циліндру           | 190° C                      | місцеве                 | Магнітний пускач                        | ПБР-3М     | 4         | м.Харків                       |

|         |                           |              |                |                                 |               |   |                                 |
|---------|---------------------------|--------------|----------------|---------------------------------|---------------|---|---------------------------------|
| 6д, 10б |                           |              |                |                                 |               |   |                                 |
| 8а      | Тиск на вході у головку   | 52 МПа       | Вхід у головку | Датчик тиску                    | PM-5322       | 1 | Маномет-рика – Німеччи-на       |
| 8б      | Тиск на вході у головку   | 52 МПа       | щит КИП        | Пневмоелектрич ний перетворювач | САПФИР - 22ДИ | 1 | «Промпри-лад», м. Іва-но-Франк. |
| 8в      | Тиск на вході у головку   | 52 МПа       | щит КИП        | Вторинний автоматичний прилад   | PMT-49AM/1    | 1 | Elma Instru-ments - Данія       |
| 8г      | Тиск на вході у головку   | 52 МПа       | щит КИП        | Регулятор                       | P-12          | 1 | “Львів прибор” м. Львів         |
| 8д      | Частота обертання двигуна | 1120 об./хв. | щит КИП        | Задатчик реостатний             | ЗУ-11         | 1 | Mikron – Швейца-рія             |
| 8е      | Частота обертання         | 1120 об./хв. | щит            | Блок керування                  | БУ-12         | 1 | Siemens – Німеччи-на            |

|      |                                 |                 |            |                          |      |   |                                    |
|------|---------------------------------|-----------------|------------|--------------------------|------|---|------------------------------------|
|      | двигуна                         |                 | КИП        |                          |      |   |                                    |
| 9а   | Частота<br>обертання<br>двигуна | 1120<br>об./хв. | місьцеве   | Датчик<br>тахогенератора | ТГ-2 | 1 | “Львів<br>прибор”<br>м. Львів      |
| 9б,в | Частота<br>обертання<br>двигуна | 1120<br>об./хв. | щит<br>КИП | Тахогенератор            | ТГ-2 | 1 | Поставляється<br>разом<br>двигуном |

| № позиції<br>на схемі | Найменуван-<br>ня параметра     | Граничне<br>значення<br>параметру | Місце<br>встановле<br>ння | Наймену<br>вання<br>та<br>характеристика | Тип<br>моделі | Кіль<br>-<br>кість | Місце<br>виготовлення                |
|-----------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--|---------------|--------------------|--------------------------------------|
| 9г                    | Частота<br>обертання<br>двигуна | 1120 об./хв.                      | щит<br>КИП                | Вимірюю<br>чий<br>блок                   | ІО-04         |                    | Endress+Ha-<br>user<br>Швейцарія     |
| 9д                    | Частота<br>обертання<br>двигуна | 1120 об./хв.                      | щит<br>КИП                | Регулятор<br>співвідношень               | P-21          |                    | Siemens<br>Німеччи-на                |
| 9е,10а                | Частота<br>обертання<br>двигуна | 1120 об./хв.                      | щит<br>КИП                | Блок<br>керування                        | БУ-21         |                    | Endress+Ha-<br>user – Швейца-<br>рія |
| 9ж                    | Частота<br>обертання<br>двигуна | 1120 об./хв.                      | місьцеве                  | Підсилювач<br>теристорний                | У-252         |                    | Siemens<br>Німеччина                 |
| НЛ                    | Світлова<br>сигналізація        | -                                 | щит<br>КИП                | Сигнальна<br>лампа                       | ЛС-3          | 6                  | м.Харків                             |

## 6.3 Стартап проект

### 6.3.1 Опис ідеї стартап-проекту

Виробництво гумових та стрічкових виробів за допомогою черв'ячних екструдерів стрімко розвивається завдяки постійним технологічним удосконаленням. Ці техніки стають важливими для виготовлення гумотехнічних виробів, оскільки дозволяють створювати різноманітні форми і медичних матеріалів з гуми. Черв'ячні екструдери дозволяють точно контролювати процес формування, температуру та склад сумішей, що впливає на якість та стабільність продукції. Застосування цих технологій у фармації дозволяє створювати медичні вироби з високою точністю та відповідністю стандартам, забезпечуючи ефективність і безпеку виробництва.

Ці технології дають можливість створення гумових виробів для медичних цілей, таких як ущільнювачі, прокладки, аплікатори та інші медичні прилади. Підходи використання черв'ячних екструдерів в медицині дозволяють отримувати продукцію з високою точністю розмірів та форми, що важливо для дотримання стандартів якості та безпеки. Завдяки цим технологіям можливе швидке виробництво великої кількості продукції, що відповідає потребам медичної галузі і сприяє швидкому впровадженню нових лікарських засобів та медичних виробів на ринок.

Наш стартап-проект розкриває ідею використання гумових стрічок для медичних виробів. Більш детально опис ідеї подано в табл. 6.2.

Таблиця 6.2. – Опис ідеї стартап-проекту

|  |                               |   |
|--|-------------------------------|---|
| Гумові стрічки для медичних та медичних цілей. | 1. Медичні пристрої           | Виготовлення гумових стрічок для використання в медичних пристроях, таких як терапевтичні бинти, дроти для швів, аплікатори тощо. |
|  | 2. Медична галузь             | Виробництво гумових стрічок для медичних цілей, таких як упаковка ліків, пластери тощо.   |
|  | 3. Автомобільна промисловість | Екологічно чисті вироби з використанням вторинних матеріалів.   |

Гумові стрічки для медицини виготовляються за допомогою черв'ячного екструдювання, використовуючи різні методи та компоненти для досягнення бажаних властивостей та якості продукту::

- **Шприц-метод:** Включає нагрівання гумової суміші та подачу через шприц-машину або екструдер, де вона формується в готову стрічку під дією тиску та формуючих елементів;
- **Технологія екструзії:** Цей метод передбачає використання черв'ячного екструдера, де гумова суміш піддається великому тиску та температурі, формуючись у відповідну стрічку. Через точний контроль параметрів екструзії, можна досягти бажаних розмірів та властивостей стрічки;
- **Метод модифікації гумової суміші:** Тут використовуються спеціальні модифікатори для покращення властивостей гумової суміші, яка подається через екструдер та формується в стрічку. Цей процес дозволяє досягти певних характеристик, таких як гнучкість, міцність або інші властивості, необхідні для медичних застосувань.

Наш продукт матиме декілька відмінностей від конкурентів (табл. 6.3).

Ось список основних:

- **Унікальні технології виробництва:** Використовуємо передові методи використання черв'ячного екструдера, що дозволяють досягти точної форми та властивостей стрічок, що важливо для медичних застосувань;
- **Адаптованість до потреб клієнтів:** Ми можемо розробляти стрічки за індивідуальними потребами клієнтів, враховуючи специфіку їхніх проектів та потреб в медичній сфері;
- **Безпека та стандарти якості:** Наша продукція відповідає найвищим стандартам безпеки та контролю якості, що є ключовим у медичній галузі;
- **Інноваційний склад та особливості:** Наші стрічки мають особливості в плані складу матеріалів, до яких входить каучук схрещений з декількох видів, що робить їх унікальними у медичній галузі, забезпечуючи певні більшу еластичність і міцність.

Таблиця 6.3 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

| №  | Техніко-економічні характеристики ідеї             | Концепції конкурентів |        |     | W | N | S  |
|----|--|-----------------------|--------|-----|---|---|--|
|    |  | Мій проект            | Pfizer | GSK |   |   |  |
| 1) | Показ товару клієнтам та надання повної інформації | +                     | +      | +   |   |   | Кожному клієнту надана послуга ознайомлення з кожним зразком товару    |
| 2) | Гумові стрічки під замовлення                      | +                     | +      | +   |   |   |  |
| 3) | Виготовлення найміцніших медичних стрічок          | +                     | +      | -   |   |   | Змішаний каучук допомагає вплинути на фактори міцності та еластичності |

### 6.3.2 Технологічний аудит проекту

Проводимо аналіз техніко-економічних параметрів нашого стартап-проекту (табл. 6.4). Вивчаємо зміни на ринку фармацевтики гумових стрічок в Україні та світі за останні кілька років.

Таблиця 6.4 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

| № п/п | Ідея проекту   | Технології реалізації   | Наявність технологій   | Доступність технологій   |
|-------|--|---|--|--|
| 1)    | Виготовлення гумових стрічок для медичних та медичних цілей за допомогою черв'ячного екструдера. | Використання спеціалізованих екструдерів, які спроможні перетворювати сировину у високоякісні гумові стрічки. | Існують різноманітні екструдери, пристосовані для виробництва гумових стрічок для медичних цілей. Наш екструдер буде обладнаний модернізованим черв'яком для обробки каучуку, який ми використовуватимемо. | Технології екструдювання гуми є достатньо доступними для застосування в виробництві гумових стрічок, особливо якщо ми говоримо за медичну сферу. |

### 6.3.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Коли була взята ідея використання нового виду каучуку це покращило актуальність нашого проекту, адже медична сфера буде лише рада таким рішенням. Задля налаштування списків потенційних клієнтів проводимо короткий аналіз (табл. 6.5).

Таблиця 6.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

| № п/п | Потреба, що формує ринок   | Цільова аудиторія  | Вимоги споживачів до товару  | Вимоги споживачів до компанії  |
|-------|--|--|--|--|
| 1)    | Забезпечення герметичності: Запит на герметичні гумові стрічки для медичного використання у фармацевтиці та медичних виробках. | Медичні заклади та медичні компанії: Госпіталь, клініки, лабораторії, медичні підприємства | Бездоганна герметичність, стійкість до різних хімічних сполук.       | Очікування від компанії виробництва гумових стрічок високої якості та надання відмінного обслуговування. |
| 2)    | Висока якість та безпека: Потреба в високоякісних та безпечних гумових стрічках для медичних процедур.                         | Медичні заклади та медичні компанії: Госпіталь, клініки, лабораторії, медичні підприємства | Відповідність стандартам безпеки та якості в медичних застосуваннях. | Бажання співпрацювати з компанією, що вдосконалює продукцію та пристосовується до змін на ринку          |

Ми вважаємо, що обрані поліпшення чудово утримують стабільність у процесі розвитку нашої ідеї. Ці зміни відсутні у наших конкурентів, що робить нашу ідею досить актуальною й конкурентоздатною (табл. 6.6).

Таблиця 6.6 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

| №  | Фактор конкурентоспроможності     | Нове рішення в плані обробки нового виду каучуку за допомогою черв'ячного екструдера  |
|----|-----------------------------------|---|
| 1) | Якість                            | Створений продукт повинен мати наближені характеристики які від нього чекають   |
| 2) | Функціональність та довговічність | З рахунок використання схрещеного каучуку, забезпечується більша міцність стрічок та їх час експлуатації у медичних сферах  |
| 3) | Комплексний підхід                | Клієнти можуть мати сумніви при закупівлі продукту, тому буде організоване чітке пояснення за допомогою рекламних роликів в соц. мережах та телебаченні, а також відео матеріалами де будуть продемонстровані всі тести, що доводять ефективність стрічок |

Зараз, враховуючи поняття конкурентоздатності, ми аналізуємо переваги та недоліки нашого стартап-проекту (табл. 6.7).

Таблиця 6.7 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

| №  | Фактор конкурентоспроможності | Бали 1-20 | Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з нашим проектом |    |    |   |    |    |    |
|----|-------------------------------|-----------|---|----|----|---|----|----|----|
|    |                               |           | -3  | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 1) | Функціональність              | 19        |   |    | 3  | 1 | 2  |    |    |
| 2) | Якість                        | 19        |   |    | 3  | 2 | 3  |    |    |
|    | 1.сучасні матеріали           | 20        |   |    |    | 2 | 2  |    |    |
|    | 2.обладнання                  | 19        |   |    | 2  | 1 | 1  |    |    |
|    | Потреби споживачів            | 17        |   | 3  | 2  | 2 |    |    |    |
| 3) | Екологічність                 | 19        |   |    | 2  | 1 |    |    |    |
| 4) | Строк експлуатації обладнання | 18        |   |    | 1  | 3 |    |    |    |
| 5) | Ціна                          | 14        | 1   | 3  | 2  |   |    |    |    |

1. Pfizer.
2. GlaxoSmithKline (GSK).

Отже, роблячи огляд цих факторів конкурентоспроможності, ми можемо зазначити наступне:

- 1) Сильні сторони: підкреслення екологічності у виробництві через використання чистих матеріалів та передових технологій, а також удосконалення якості.
- 2) Слабкі сторони: ціна матеріалів і готового продукту, та відповідність потребам споживачів.

Більш конкретніше сильні і слабкі сторони описує SWOT-аналіз (табл. 6.8).

Таблиця 6.8 – SWOT-аналіз

|   |   |
|---|---|
| <p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Довговічність продукції;</li> <li>2) Висока ефективність;</li> <li>3) Сучасне і високоефективне обладнання;</li> <li>4) Використання нового матеріалу, який заохочує потреби;</li> <li>5) Наявність способів транспортування.</li> </ol> | <p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Висока ціна відносно звичайних стрічок;</li> <li>2) Витрати на створення нових матеріалів;</li> <li>3) Строк експлуатації декількох елементів обладнання.</li> </ol> |
| <p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Сучасні розробки;</li> <li>2) Можливість розширення виробництва з використанням в інших галузях за рахунок нового матеріалу.</li> </ol>  | <p>Проблеми:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Складність процесу виробництва і створення;</li> <li>2) Висока ціна;</li> <li>3) Вузкий спектр застосування.</li> </ol>  |

На підставі SWOT-аналізу можна сказати, що цей стартап володіє більшими перевагами та перспективами, ніж слабкостями та викликами.

### 6.3.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Ринкова стратегія нашого стартапу передбачатиме визначення стратегії розповсюдження ринку: вибір цільових груп споживачів (табл. 6.9).

Таблиця 6.9 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

| № | Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів | Готовність споживачів сприйняти продукт | Орієнтовний попит в межах цільової групи | Інтенсивність конкуренції сегменті | Простота входу у сегмент |
|---|--|---|--|------------------------------------|--------------------------|
| 1 | Медичні заклади                                  | Висока                                  | Високий                                  | Середня                            | Висока                   |
| 2 | Військові організації                            | Висока                                  | Високий                                  | Висока                             | Середня                  |
| 3 | Приватні підприємства                            | Середня                                 | Високий                                  | Мала                               | Висока                   |

За основу отриманих даних робимо такий висновок: існує можливість пристосуватись до обох типів споживачів. Щоб ефективно функціонувати у вибраних сегментах, потрібно розробити стратегію для проекту.

Таблиця 6.10 – Визначення базової стратегії розвитку

| № | Обрана альтернатива розвитку проекту  | Стратегія охоплення ринку   | Ключові конкуренто-спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи   | Базова стратегія розвитку  |
|---|---|---|---|--|
| 1 | Фокус на якості та безпеці: Розробка гумових стрічок, що відповідають вимогам безпеки та високій якості для медичних і медичних потреб. | Напрямок на спеціалізовані сектори: Звернення уваги на медичні заклади, медичні компанії та лабораторії для постачання гумових стрічок. | 1) Висока якість та стандарти безпеки: Розробка продукту, який перевершує конкуренцію у високій якості та відповідності стандартам безпеки.<br>2) Використання нового технологічного рішення в плані матеріалу та модернізованого екструдера. | Зосередження на зростанні обізнаності, створенні інтересу, бажанні та дії щодо продукту на ринку, введення нового матеріалу. |

Розглядаючи ринок гумового виробництва, ми помічаємо його величезний потенціал. Основні стратегії, які ми обрали, це дослідження та впровадження. Це дозволить нам задовольнити потреби різноманітних клієнтів. Тепер ми проводимо аналіз конкурентної поведінки (табл. 6.11).

Таблиця 6.11 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

| №  | Чи є проект першопрохідцем на ринці  | Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?  | Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?  | Стратегія конкурентної поведінки  |
|----|--|---|--|---|
| 1) | Так, наш проект є першопрохідцем, оскільки має в собі унікальне рішення з рахунок нового матеріалу та використання модернізованого черв'ячного екструдера. | Активне просування продукту серед аудиторій медичної та військової сфер, експортування в країни ЄС, підписання грантів і контрактів з компаніями медичного виробництва. | Компанія фокусуватиметься на унікальних властивостях свого продукту, не копіюючи основні характеристики конкурентів. | Підкреслення унікальних аспектів продукту та вдосконалення новаторських рішень. |

Найбільш перспективним напрямком є унікальність продукту та покращення способів його виготовлення. Це спрямовано на збільшення впливу на ринок, модернізацію продукту, адаптацію виробництва до нових вимог і розширення можливостей його використання. Тепер визначимо стратегію позиціонування нашого проекту (табл. 6.12). Для цього проаналізуємо: вимоги цільової аудиторії; базову стратегію розвитку; ключові-конкуренто-спроможні позиції; вибір асоціацій, які сформують комплексну позицію стартап-проекту.

Таблиця 6.12 – Визначення стратегії позиціонування

| №  | Вимоги до товару цільової аудиторії   | Базова стратегія розвитку   | Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту                     | Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)                  |
|----|---|---|---|---|
| 1) | <b>Міцність та безпека:</b><br>Оптимальна міцність для медичних застосувань.                      | <b>Інноваційність продукту:</b> Розвиток нових формул та технологій для підвищення ефективності стрічок.      | <b>Технологічна перевага:</b><br>Використання передових технологій у виробництві. | <b>Медичні стандарти безпеки:</b> Асоціація з медичними організаціями для підтвердження безпеки продукту. |
| 2) | <b>Гіпоалергенність та стерильність:</b><br>Відповідність стандартам безпеки для медичних потреб. | <b>Розширення асортименту:</b><br>Постійне розширення лінійки продукції для різних сфер медицини та фармації. | Персоналізовані рішення:<br>Надання індивідуальних рішень для різних клієнтів.    | <b>Науково-дослідницька співпраця:</b> Асоціація з науковими установами для підтримки інновацій.          |

Основаючись на усіх наведених вище аргументах, ми визначили три основні складові, які визначають стратегію позиціонування для нашого стартап-проекту.

### 6.3.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Щоб створити маркетингову програму, потрібно визначити концепцію нашого товару та виокремити його ключові переваги (табл. 6.13).

Таблиця 6.13 – Визначення ключових переваг потенційного товару

| №  | Потреба  | Вигода,<br>яку<br>пропонує<br>товар  | Ключові переваги перед<br>конкурентами<br>(існуючі або такі, що потрібно<br>створити)   |
|----|--|--|---|
| 1) | Безпечність і гігієна: Висока якість гумових стрічок для медичних процедур та медичних потреб.                 | Гіпоалергенність та безпека: Стрічки, що не викликають алергічних реакцій та відповідають стандартам безпеки.      | Гіпоалергенність та безпека (існуюча): Розробка гумових стрічок із спеціальною формулою для уникнення алергічних реакцій.                         |
| 2) | Універсальне застосування: Стрічки, які можна використовувати в широкому спектрі ситуацій у медичній практиці. | Оптимальна міцність і еластичність: Гумові стрічки, що забезпечують надійне фіксування та не обмежують рухливість. | Підвищена ефективність в застосуванні (створити): Дослідження та розробка стрічок з покращеними характеристиками для зручності медичних процедур. |

Тепер проведемо опис трьох рівнів моделі товару(табл. 6.14).

Таблиця 6.14 – Опис трьох рівнів моделі товару

| Рівні товару                   | Сутність та складові   |
|--------------------------------|--|
| 1. Товар за задумом            | Ідеальний продукт, відповідає усім потребам клієнтів, включаючи всі побажання та функціональність.               |
| 2. Товар в реальному виконанні | Фактичний продукт, який можна придбати, з конкретними характеристиками та властивостями, представлений на ринку. |
| 3. Товар із підкріпленням      | Додаткові послуги, гарантії, або можливості підтримки товару, такі як гарантія, обслуговування, консультації.    |

На основі цієї інформації з таблиць було сформульовано основну ідею продукту та вигоди від неї. Далі розглянемо, як визначити цінову стратегію товару.

Таблиця 6.15 – Визначення меж встановлення ціни

| №  | Рівень цін на товари-замінники | Рівень цін на товари-аналоги | Рівень доходів цільової групи споживачів | Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу |
|----|--------------------------------|------------------------------|--|---|
| 1) | 100-250 грн.                   | 180-350 грн                  | Від 520000 грн до 7000000 грн на рік     | Верхня: 400 грн<br>Нижня: 200 грн                       |

Проведений аналіз ринку гумового виробництва в Україні дозволив з'ясувати орієнтовні цінові рамки для нашої продукції. Далі ми зосереджуємось на визначенні оптимальної системи збуту, всередині якої буде прийматися рішення (табл. 6.16).

Таблиця 6.16 – Формування системи збуту

| №  | Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів   | Функції збуту, які має виконувати постачальник товару                                     | Глибина каналу збуту | Оптимальна система збуту |
|----|---|---|----------------------|--------------------------|
| 1) | Аналіз потреб та уподобань медичних і медичних установ, реакція на нові продукти та технології. | Посередництво у поставках, логістика, реклама та підтримка клієнтів, управління запасами. | Широка.              | Залучена.                |

На основі цієї таблиці ми розглянули систему збуту, яка вимагається (чим більше людей залучено, тим вищі можливості для реалізації проекту). Остання частина маркетингової комунікації базується на вибраній стратегії позиціонування, що формує конкретність у споживчому поведінці (табл. 6.17).

Таблиця 6.17 – Концепція маркетингових комунікацій

| № | Специфіка поведінки цільових клієнтів                                  | Канали комунікацій, яким й користуються цільові клієнти                         | Ключові позиції, обрані для позиціонування   | Завдання рекламного повідомлення                                  | Концепція рекламного звернення  |
|---|--|---|--|---|---|
| 1 | Аналіз уподобань, потреб та особливостей медичних та медичних установ. | Аналіз доступних медіа, онлайн-платформ та спеціалізованих каналів спілкування. | Орієнтація на якість, інновації, безпеку для пацієнтів, можливість індивідуального використання. | Створення усвідомлення про продукт, його переваги та призначення. | Використання цільового спрямування на фахівців у сфері медицини та фармації, акцент на інноваційність та високу якість. |

На основі усього проведеного аналізу та виявлених елементів у стартап-проекті робимо наступні висновки:

- Ринок гумової продукції залишається актуальним і має стабільний попит на світовому рівні. Його динаміка йде вгору, що відкриває нові можливості для нашого проекту. Важливо враховувати, що ринок гумових стрічок не є новим, у ньому існує потенційна конкуренція, але наша ідея виділяється завдяки унікальним рішенням.

#### 6.4 Охорона праці

Охорона праці та навколишнього середовища в сфері проектування і модернізації техніки є суттєвою. Дотримання вимог діючого законодавства стосовно безпеки праці та охорони довкілля є надзвичайно важливим для забезпечення безпечних та здорових умов праці. Відповідно нашій темі «Лінія

для виробництва стрічкових гумових заготовок» потрібно обґрунтовано розробити заходи щодо забезпечення безпечних умов праці на виробництві.

Шкідливі та небезпечні фактори, які можуть бути на виробництві:

- Повітря робочої зони: Необхідно забезпечити належну вентиляцію та очищення, щоб уникнути небезпечних рівнів шкідливих речовин під час виробництва;
- Безпека з рухливими частинами: Програмні засоби безпеки мають уникати доступу працівників до рухомих частин під час роботи пресу;
- Електробезпека: Захисні оболонки та відключення необхідні для запобігання поразки електричним струмом;
- Промислове освітлення;
- Пожежна безпека: Встановлення відповідних систем безпеки та дотримання вимог щодо пожежонебезпечних матеріалів у зоні виробництва.

#### **6.4.1 Повітря робочої зони**

Умови роботи на даному екструдері та лінії відповідають середній тяжкості за ГОСТ 12.1.005-88/98, що визначається енерговитратами на рівні 150-200 ккал/год. Згідно з ДСН 3.3.6.042-99, встановлені оптимальні параметри метрологічних умов для робочої зони одночерв'ячного екструдера.

У холодний період року рекомендується:

- Температура повітря: 18-20 °С;
- Відносна вологість: 40-60%;
- Швидкість руху повітря: 0,2 м/с.

В теплий період року рекомендовано:

- Температура повітря: 21-23 °С;

- Відносна вологість: 40-60%;
- Швидкість руху повітря: 0,3 м/с.

Забезпечення метеорологічних показників приміщення здійснюється витяжною вентиляцією в теплий період року та опаленням в холодний період року. Засобами захисту для органів дихання рекомендуються респіратори або протигази.

#### **6.4.2 Електробезпека**

Виробниче приміщення, у якому встановлений пункт керування черв'ячним екструдером, відповідно до діючих правил ПУЕ відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою враження людей струмом.

Для коректної роботи нашої установки використовується напруга в понад 220/380 В з частотою 50 Гц, де доцільно буде використовувати мережу з ізольованою нейтраллю.

Можливі враження робочого персоналу в виробничому приміщенні мають наступні причини:

- Неконтрольовані електромагнітні поля;
- Несправність або пошкодження обладнання;
- Пошкодження корпусу;
- Зайва вологість в приміщенні;
- Втрата ізоляційних властивостей в складі ізоляційних дротів;
- Дотик до відкритих частин зі струмом;
- Некоректне вимкнення установки.

Якщо наводити основні методи електробезпеки, то це:

- Ізолювання;
- Блокування основних електровузлів;
- Використання малої напруги;

- Розділення електричних мереж, які захищені.

Також не варто забувати й про засоби електробезпеки. До них віднесемо:

а) В робочому режимі:

- Забезпечення недосяжності струмоведучих частин;
- Покриття струмоведучих частин шаром діелектрика;
- Забезпечення наявності відповідного маркування на електричних частинах.

б) В аварійному режимі:

- Забезпечення належного заземлення, опір в якого буде в межах 4 мОм.

### **6.4.3 Промислове освітлення**

Освітлення є ключовим елементом для ефективного технологічного процесу. Враховуючи санітарні норми, освітлення поділяється на штучне та природне, причому пріоритет надається використанню природного світла. Переважно приміщення освітлюється природним бічним світлом через вікна у зовнішніх стінах, що дозволяє забезпечити максимальний комфорт для працівників.

Згідно з розділом "Загальне спостереження за технологічним процесом", обслуговування обладнання визначається як важлива частина. Оптимальна освітленість для приміщень виробничого цеху складає 200 лк згідно з рекомендаціями ДБН В.2.5-28:2018.

Щодо штучного освітлення, використовується стандартна лампа – ДРИ - 400 (діаметр: 395 мм; висота: 552 мм; потужність: 250Вт; кількість 6 штук; світловий потік:  $\Phi = 18500$  Лм; Ефакт = 300 лк). Всі ці параметри відповідають

вимогам стандартів та сприяють забезпеченню ефективного освітлення для нормальної функціональності приміщення та комфортної робочої обстановки.

У деяких випадках для підвищення ефективності освітлення можна використовувати світлодіодні джерела світла, які володіють великою яскравістю, довговічністю та енергоефективністю, зменшуючи при цьому енергоспоживання та вплив на навколишнє середовище.

#### **6.4.4 Виробничий шум**

Оцінка рівня звукового тиску в приміщенні, де буде працювати екструзійна лінія, є важливим аспектом забезпечення безпеки та комфорту працівників. Рівень шуму визначається в децибелах (дБ) та може бути оцінений згідно зі стандартами ДСТУ та ГОСТ. Для оцінки шуму в промислових приміщеннях використовуються ряд стандартів, а саме:

ДСТУ ISO 9612:2008 "Шум на робочому місці. Вимірювання шуму за еквівалентним рівнем" - цей стандарт визначає методи вимірювання шуму на робочому місці та надає рекомендації щодо визначення еквівалентного рівня звукового тиску.

ГОСТ 12.1.003-83 "ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки" - цей ГОСТ містить загальні вимоги щодо оцінки та контролю рівня шуму на робочих місцях.

При вимірюванні рівня шуму враховують фактори тривалості, інтенсивності, частоти та інші параметри, що впливають на здоров'я та комфорт працівників. Оцінка рівня шуму використовується для розробки заходів з мінімізації його впливу на працюючих.

#### 6.4.5 Пожежна безпека

Оцінюючи цех, в якому буде розміщена лінія екструдера для вироблення гумових заготовок (де може використовуватись каучук наприклад) воно матиме 2-й ступінь вогнестійкості(згідно ДБН В 1.1 – 7:2016).

Пожежа в такому приміщенні може виникнути внаслідок однієї з наступних причин:

- Перегрівання обладнання;
- Коротке замикання;
- Неправильна експлуатація;
- Недоліки в системі охорони від пожежі;
- Потенційні іскри або нагріта поверхня;
- Проникнення чужорідних часток;
- Недбалість у відношенні пожежної безпеки.

Щоб запобігти можливим виникненням пожеж, потрібно дотримуватись наступних заходів:

- Регулярне технічне обслуговування;
- Контроль температури;
- Електробезпека;
- Системи гасіння;
- Контроль за чужорідними частками;
- Навчання персоналу;
- Використання не пожежонебезпечних матеріалів;
- Вентиляція та видалення газів;
- Використання вогнестійких матеріалів;
- Правильне зберігання матеріалів.

Якщо ситуація потребує гасіння лиш малих ділянок можливої пожежі, то використовують вуглекислі вогнегасники, ящики з піском (5 шт.). Також

було вирішено встановити в приміщенні декілька автоматизованих модулів вогнегасіння Спрут - 12 В.

Для евакуаційного виходу встановлюються двері шириною в 2,5 м. Кількість виходів цеху має бути не меншою двох. Двері обов'язково відкриваються назовні.

## 7.МОДЕРНІЗАЦІЯ ВУЗЛА УСТАНОВКИ

### 7.1. Розрахунок модернізованого черв'яка

Для розрахунку конструкції на міцність використовувалося програмне забезпечення ANSYS, призначене для подібних задач. Розрахунок проводився із урахуванням статичних навантажень. Для цього використовувалися такий модуль програмного забезпечення як Static Structural.

У робочому просторі Workbench створюємо проект Static Structural (рисунок 7.1).

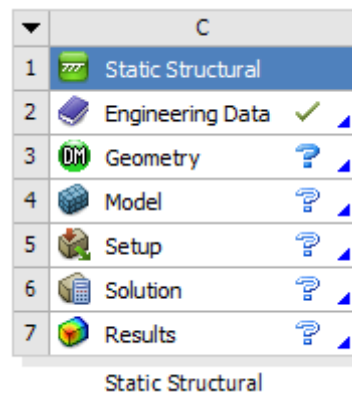


Рис. 7.1 – створення проекту для виконання розрахунку

Відкриваємо розділ Geometry. Натискаємо File > Import External Geometry File... > Обираємо модель модернізованого черв'яка, створену в програмі Solidworks та збережена в форматі STEP > Відкрити > Generate (рисунок 1.2).

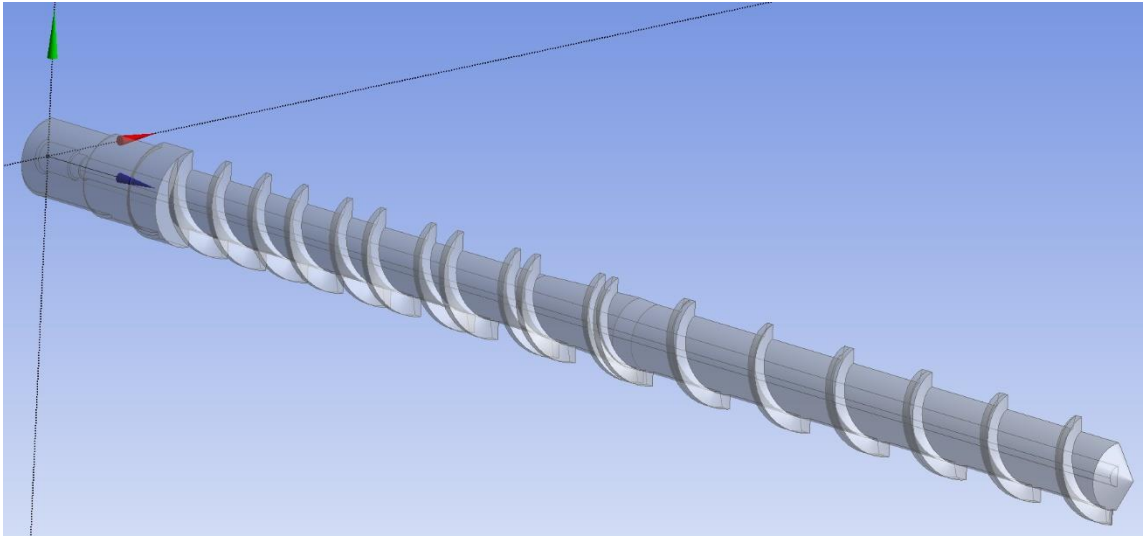


Рис. 7.2 – занесення 3D-моделі в розділ Geometry

Заходимо на Model. У розділі Mesh генеруємо сітку скінченних елементів (Generate Mesh) (рисунок 7.3).

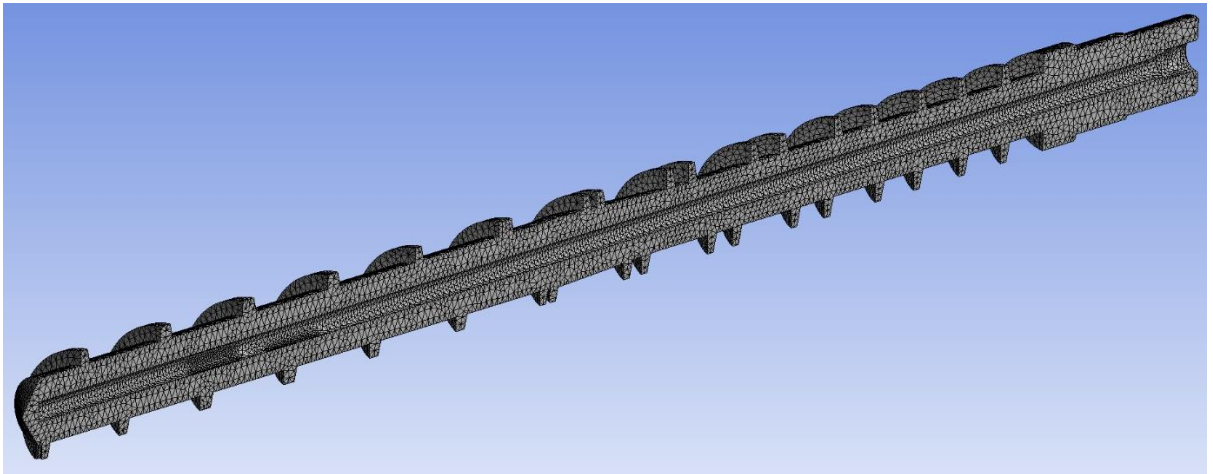


Рис. 7.3 – Генерування сітки скінченних елементів

У розділі Static Structural задаємо закріплення за допомогою команди Displacement (рисунок 7.4).

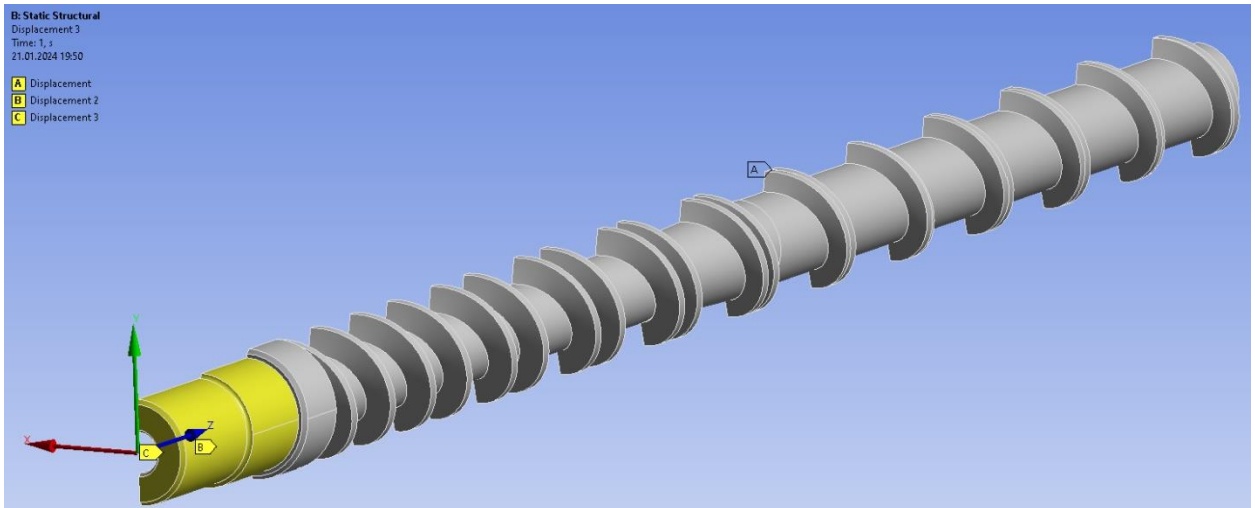


Рис. 7.4 – Задаємо закріплення конструкції

З використанням команди Standard Earth Gravity задаємо дію гравітації на конструкцію (Inertial > Standard Earth Gravity > -Y Direction) (рисунок 7.5).

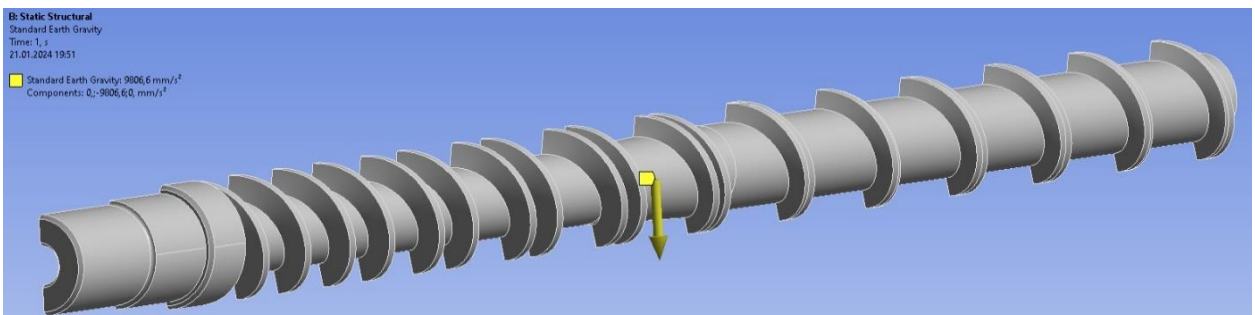


Рис. 7.5 – Задаємо дію гравітації на конструкцію

З використанням команди Pressure задаємо тиск який діє на зовнішню поверхню конструкції (рисунок. 7.6).

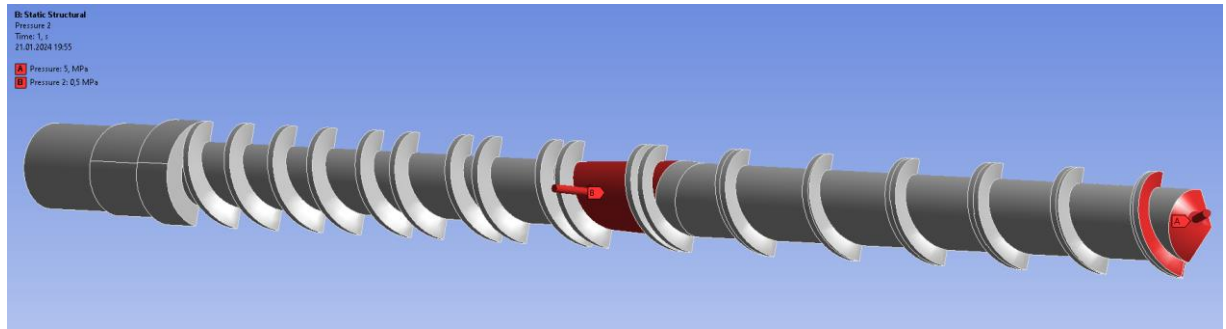


Рис. 7.6 – Задано навантаження

В розділі Solution обираємо розрахунки які нам потрібні, а саме: загальні деформації (Total Deformation) (рисунок 7.7), еквівалентні напруження (Equivalent Stress) (рисунок 7.8) та коефіцієнт запасу міцності (Safety Factor) (рисунок 7.9).

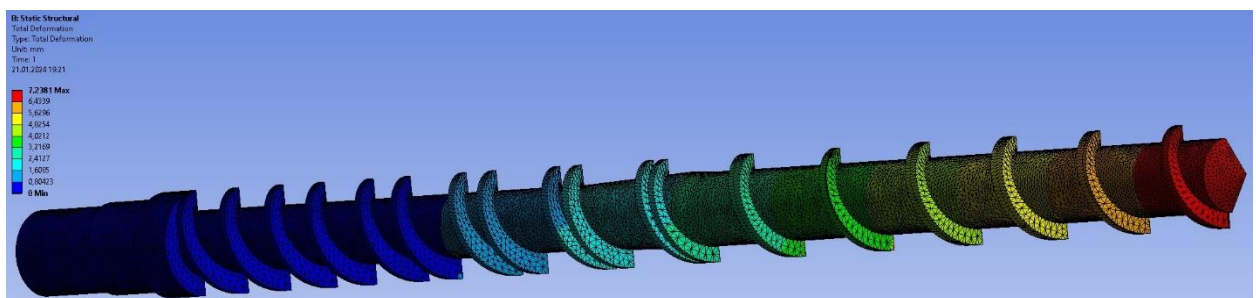


Рис. 7.7 – Результати розрахунку загальних деформацій

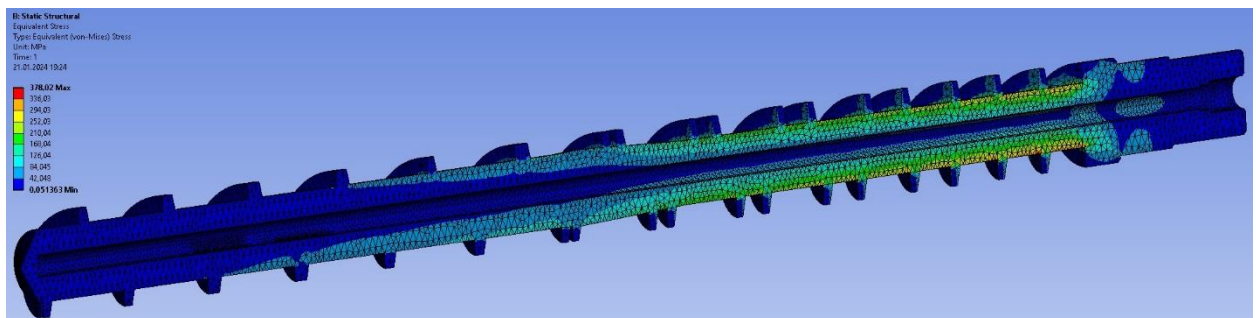


Рис. 7.8 – Результати розрахунку еквівалентних напружень

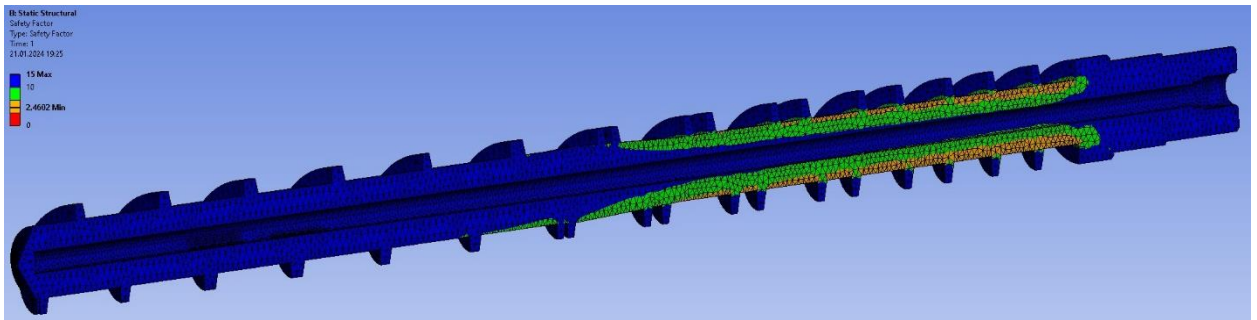


Рис. 7.9 – Результати розрахунку запасу міцності

З розрахунків видно, що коефіцієнт запасу міцності становить 2.46, тобто  $k > 1.2$ . Це говорить про те, що деталь не зламається.

Модернізована модель пройшла випробування на міцність.

## ВИСНОВКИ

Магістерська дисертація на тему «Лінія для виробництва стрічкових гумових заготівок» розкриває сутність роботи черв'ячного екструдера при виробництві.

Дисертація містить наступні пункти: Вступ; Опис конструкції машини; Лінія для виробництва стрічкових гумових заготівок; Технічну характеристику екструдера; Призначення та галузь застосування; Літературний та патентний огляд; Розрахунки, що підтверджують працездатність і надійність конструкції екструдера; Автоматизація; Монтаж і експлуатація; Створений стартап проект «Гумові стрічки в медицині» в якому участь бере наш екструдер.

Модернізація полягає у вдосконаленні конструкції екструдера шляхом встановлення модернізованого черв'яка та вальців. Мета модернізації полягає у поліпшенні виконання обробки матеріалів та покращення виконання роботи. Працездатність модернізації підтверджена розрахунком, виконаним за допомогою програмного забезпечення SolidWorks 2023.

В проекті виконані наступні креслення: технологічна лінія виготовлення гумових заготівок; загальний вигляд машини; базовий черв'як; модернізований черв'як; вальці; модернізовані вальці; плакат розрахунків.

До креслень додається комплект специфікацій, які в подробицях надають найменування використаних деталей.

### СПИСОК ПОСИЛАНЬ:

1. Шенкель. Г., Шнекові преси для пластмас. Принцип дії, конструкція і експлуатація. / Шенкель. Г. – 1962. – 470 с.
2. З. Танмор, К. Гогос. Теоретичні основи переробки полімерів. / З. Танмор, К. Гогос – Москва: «Химия», 1984. – 631 с.
3. Виробництво конвеєрних стрічок і приводних пасів. Доступ відео: <https://youtu.be/Grbr1hkOVTw?si=24xVfLoRoEtCHJNu>
4. Мікульонок І.О., Сокольський О.Л., Сівецький В.І. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів. / Мікульонок І.О., Сокольський О.Л., Сівецький В.І. – Київ: НТУУ «КПІ», 2015. – 201 с
5. Енциклопедія полімерів. Т. 1-3. М.: Рад. енциклопедія, 1972-1978.
6. Черв'як екструдера для переробки матеріалів: пат. 3799 Україна: МПК7 В29С47/00, В30В11/24. № 2004031959; заявл. 16.03.2004; опубл. 15.12.2004, Бюл. № 12. 2 с./Мікульонок І. О.
7. Черв'як екструдера: пат. 47082 Україна: МПК51 В29С47/60, В30В11/22. № 200909282; заявл. 09.09.2009; опубл. 11.01.2010, Бюл. № 1. 2 с./Мікульонок І. О., Виноградов Є. Ю.
8. Черв'як екструдера: пат. 763130: МПК51 В29 F 3/02. № 2628935; заявл. 16.06.1978; опубл. 15.09.1980, Бюл. № 34. 3 с./Дитинчук С. А., Войтушенко П. А.
9. Черв'як екструдера для переробки матеріалів: пат. 1737 Україна: МПК51 В29С47/60. № 2002075454; заявл. 03.07.2002; опубл. 15.04.2003, Бюл. № 4. 2 с./Мікульонок І. О., Новік В. О., Радченко Л. Б., Сівецький В. І.
10. Литвенец Ю.И. Технологические и энергетические расчеты при переработке полимеров экструзией. / Литвенец Ю.И. – Екатеринбург: Министерство образования и науки Российской Федерации, 2010. – 56с.
11. Розрахунок корпусу екструдера, методична література, 2021. – 2 с
12. Кривоший В.Н. і інші. Довідник по полімерній упаковці. – К.: «Техніка», 1982. – 132 с.

13. Методичні вказівки до лабораторних і самостійних робіт з курсу «Експлуатація ремонт і монтаж обладнання хімічних виробництв». Укладач Коваленко І.В. –К. КПІ 1994. -56 с.

14. Методичні вказівки по дипломному проектуванню обладнання хімічного полімерного та силікатного виробництва, (розділ – « Технологія машинобудування») укладачі: Полюх В.А., Маліновский В.В., Глаз П.Г. Київ, КПІ, 1981.-42 с.

15. Мікульонок І.О. Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв: Навч. посібник. – К.: ІЗМН, 1998.–256с.

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

17. Щербина В.Ю., Іваненко, О. І., Сокольський, О. Л., Васильченко, Г. М. "Використання технології регенерації тепла для підвищення теплової ефективності обертових печей". *Вісник НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»*. *Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2023. №3(22). с. 41-51. DOI: <https://doi.org/10.20535/2617-9741.3.2023.288247>

18. Сокольський О.Л., Сімончук Є.П. "Моделювання усадки полімерного виробу в процесі лиття під тиском". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського"*. *Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2019. N 1. С. 119-126. DOI: [10.20535/2617-9741.1.2019.171203](https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2019.171203).

19. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

20. Yudina. N. Economic “Butterfly” and Futurology of the War in Ukraine. *Economic Bulletin of National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*. Kyiv: Management And Marketing Faculty of National

Technical University Of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, 2022. №23 (2022). PP. 77-82. URL : <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/264637>

21. Yudina Nataliya. Business Forecasting of Marketing Activity Riskiness of Companies in Markets. Economic Bulletin of National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute". №17(2020). P. 372-383. URL : <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/216380/>

22. National Technical University Of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, 2021. №18 (2021). PP. 1-10 URL : <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/238105>

23. Nataliya Yudina Future Study Implementation Into Marketing Activity Of Companies. Economic Bulletin Of National Technical University Of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". Kyiv: Management And Marketing Faculty Of National Technical University Of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, 2021. №18 (2021). PP. 1-9 URL : <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/240315>

24. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016). <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>

25. Юдіна Н. В. «Дорожня карта» підприємства у контексті футурології техногенної економіки. Традиції і інновації. [Електронний ресурс] / Н. В. Юдіна // Інновації та фундаментальні науки в умовах техногенної економіки : зб. матеріалів міждисциплінар. наук.-практ. конф., Київ, 25 листоп. 2016 р. / [уклад. Л. І. Юдіна]. – К., 2016. – Режим доступу : <http://futuolog.com.ua/publish/2/Zbirnyk.pdf#page=6>.

**ДОДАТОК А: СПЕЦИФІКАЦІЇ  
ЧЕРВ'ЯЧНОГО ЕКСТРУДЕРА ТА КОД ПРОГРАМИ ВИКОНАННЯ  
ВАЛКА**







```

(defun C:KP5DD ()
  (command "ERASE" "ALL" "")
  (command "UCS" "M")
  (command "VPOINT" (list 0 0 1))
  (setq put "C:\\")
  (load "C:\\Ranka.lsp")
  (load (strcat put "Dial-KP2D.lsp"))
  (setq pox_sin '("H1" "H2" "H3" "H4" "H5" "H6" "H7" "H8" "H9" "H10" "H11" "H12" "D1" "D2" "D3" "D4" "D5" "D6" "D7"
    "D8" "D9" "D10" "D11" "D12" "D13" "D14" "D15" "D16" "D17" "D18" "BR3" "BR2" "BR1" "F" "F1" "F2" "F3" "L1C" "L2C" "PH" "D1C"))
  (setq pox_dan '(15.0 540.0 40.0 2100.0 45.0 67.0 50.0 44.0 285.0 100.0 140.0 555.0 170.0 216.0 385.0 442.0 590.0 685.0 562.0
    440.0 375.0 396.0 306.0 396.0 298.0 170.0 220.0 380.0 386.0 138.0 22.0 60.0 15.0 7.0 9.75798 3.0 4.0 47.0 52.0 6.2995 16.0))
  (setq work_sin '("H1" "H2" "H3" "H4" "H5" "H6" "H7" "H8" "H9" "H10" "H11" "H12" "D1" "D2" "D3" "D4" "D5" "D6" "D7"
    "D8" "D9" "D10" "D11" "D12" "D13" "D14" "D15" "D16" "D17" "D18" "BR3" "BR2" "BR1" "F" "F1" "F2" "F3" "L1C" "L2C" "PH" "D1C"))

  (sim-dan)
  (dial)
  ;(setq H1 15 H2 540 F1 9.75798 F 7 H3 40 H4 2100 H5 45 H6 67 H7 50 H8 44 H9 285 H10 100 H11 140 H12 555
  ; D1 170 D2 216 D3 385 D4 442 D5 590 D6 685 D7 562 D8 440 D9 375 D10 396 D11 306 BR3 22 PH 6.2995
  ; D12 396 D13 298 D14 170 D15 220 D16 380 D17 386 D18 138 D1C 16 L1C 47 L2C 52 F2 3 F3 4 BR1 15 BR2 60)
  ; (setq draw (getint "\n 2 - 2D 3 - 3D"))
  (if (= draw 0) nil (vunas masch))
  (vunas masch); "D1"-(D1/masch) ...
  (if (= draw 2);креслення 2д
    (progn
      (Ranka 2450 1200)
      (setq bp (getpoint "\n Ввести bp: ") ); Введення базової точки
      (pox_dan2);похідні дані для 2д
      (point_draw);визн точок креслення
      (draw_2d);побудова креслення 2д
    ))
    (if (= draw 3);креслення 3д
      (progn
        (setq bp (list 0 0 )); Введення базової точки
        (pox_dan2);похідні дані для 3д
        (point_draw);визн точок креслення
        (draw_3d);побудова креслення 3д
      ))
    )
  )
  ;-----
  (defun sim-dan()
    ; Присвоєння значень
    (mapcar '(lambda (sim dan)(set (read sim) dan))
      pox_sin pox_dan
    )
  )
  ;-----
  (defun vunas ($nas)
    ; Присвоєння значень робочим змінним з врахуванням масштабу
    (mapcar '(lambda (work pox) (set (read work) (/ (eval (read pox)) $nas)))
      work_sin pox_sin
    )
  )
  ;-----
  (defun pox_dan2 ()
    (setq RD1 (* D1 0.5) RD2 (* D2 0.5) RD3 (* D3 0.5) RD4 (* D4 0.5) RD5 (* D5 0.5) RD6 (* D6 0.5)
      RD7 (* D7 0.5) RD8 (* D8 0.5) RD9 (* D9 0.5) di05 (* di 0.5) di15 (* di 1.5) di45 (* di 0.25)
    )
  )

```

```

(setq RD1 (* D1 0.5) RD2 (* D2 0.5) RD3 (* D3 0.5) RD4 (* D4 0.5) RD5 (* D5 0.5) RD6 (* D6 0.5)
RD7 (* D7 0.5) RD8 (* D8 0.5) RD9 (* D9 0.5) pi05 (* pi 0.5) pi15 (* pi 1.5) pi45 (* pi 0.25)
pi315 (* pi 1.75) RD10 (* D10 0.5) RD11 (* D11 0.5) RD12 (* D12 0.5) RD13 (* D13 0.5)
RD14 (* D14 0.5) RD15 (* D15 0.5) RD16 (+ (* BR2 2) (* D18 0.5)) RD17 (* D17 0.5) RD18 (* D18 0.5)
RD1C (* D1C 0.5) L (+ H1 H2 BR1 F H3 BR1 H4 H5 F H12 H6 H7 H8 H9 F PH)
)
)
;
(defun point_draw ()
  (setq p1 (polar bp 0 (* H1 2))
d1 (polar p1 pi05 RD18)
p2 (polar p1 pi05 RD1)
p3 (polar p2 pi H1)
p5 (polar bp pi05 RD2)
p4 (polar p5 0 H1)
p6 (polar bp pi05 RD3)
p7 (polar p6 0 H1)
o9 (polar p3 pi05 (* 0.5 (- RD2 RD1)))
p55 (polar o9 pi05 RD1C)
p49 (polar o9 pi15 RD1C)
p56 (polar p55 pi315 F3)
p59 (polar p49 pi45 F3)
p57 (polar p56 0 L1C)
p50 (polar p59 0 L1C)
p53 (polar o9 0 L2C)
p8 (polar p7 pi05 (- RD4 RD3))
p9 (polar p8 0 H2)
o1 (polar p9 0 BR1)
p10 (polar o1 pi05 BR1)
p11 (polar o1 pi05 (- RD5 (+ RD4 F)))
p12 (polar p11 pi45 F1)
p13 (polar p12 0 H3)
o2 (polar p13 0 BR1)
p14 (polar o2 pi05 BR1)
p15 (polar o2 pi05 (- RD6 (+ RD5 F)))
p16 (polar p15 pi45 F1)
p17 (polar p16 0 (- H4 (+ F F)))
p18 (polar p17 pi315 F1)
o3 (polar p18 pi15 (- RD6 (+ RD7 F)))
p19 (polar o3 pi05 BR1)
p20 (polar o3 0 BR1)
p21 (polar o3 0 H5)
p22 (polar p21 pi315 F1)
o4 (polar p22 pi15 (- RD7 (+ RD8 F)))
p23 (polar o4 pi05 BR1)
p24 (polar o4 0 BR1)
p25 (polar o4 0 (- H12 F))
p26 (polar p25 pi315 F1)
p27 (polar p26 pi15 (- RD8 (+ RD9 F)))
p28 (polar p27 0 F)
p29 (polar p28 pi05 (- RD10 RD9))
p30 (polar p29 0 H6)
p31 (polar p30 pi15 (- RD10 RD11))
p32 (polar p31 0 H7)
p33 (polar p32 pi05 (- RD12 RD11))
p34 (polar p33 0 H8)

```



```

| (command "_HOR" p8 p9 (polar p8 pi05 (* BR1 7)) "<>")
(command "_HOR" p11 p12 (polar p12 pi05 (* BR1 4)) "<>")
(command "_HOR" p12 p13 (polar p12 pi05 (* BR1 6)) "<>")
(command "_HOR" p15 p18 (polar p15 pi05 (* BR1 8)) "<>")
(command "_HOR" p18 p21 (polar p18 pi05 (* BR1 8)) "<>")
(command "_HOR" p22 p26 (polar p22 pi05 (* BR1 6)) "<>")
(command "_HOR" p26 p30 (polar p26 pi05 (* BR1 6)) "<>")
(command "_HOR" p31 p32 (polar p31 pi05 (* BR1 6)) "<>")
(command "_HOR" p33 p34 (polar p15 pi05 (* BR1 2)) "<>")
(command "_HOR" p35 p39 (polar p15 pi05 (* BR1 4)) "<>")
(command "_VER" p2 (sp p2) (polar p2 0 (* BR1 6)) "<>")
(command "_VER" p4 (sp p4) (polar p4 0 (* BR1 10)) "<>")
(command "_VER" p6 (sp p6) (polar p6 0 (* BR1 14)) "<>")
(command "_VER" p8 (sp p8) (polar p8 0 (* BR1 16)) "<>")
(command "_VER" p12 (sp p12) (polar p2 0 0) "<>")
(command "_VER" d2 (sp d2) (polar d2 0 0) "<>")
(command "_VER" d7 (sp d7) (polar d7 0 (* BR1 6)) "<>")
(command "_VER" p16 (sp p16) (polar p16 0 (* BR1 16)) "<>")
(command "_VER" p20 (sp p20) (polar p20 pi (* BR1 6)) "<>")
(command "_VER" p24 (sp p24) (polar p24 0 (* BR1 6)) "<>")
(command "_VER" p28 (sp p28) (polar p28 pi (* BR1 4)) "<>")
(command "_VER" p30 (sp p30) (polar p30 pi 0) "<>")
(command "_VER" p34 (sp p34) (polar p34 pi 0) "<>")
(command "_VER" p37 (sp p37) (polar p37 0 (* BR1 2)) "<>")
(command "_VER" p42 (sp p42) (polar p42 0 (* BR1 4)) "<>")
(command "_VER" p41 (sp p41) (polar p41 pi (* BR1 7)) "<>")
(command "_HOR" p47 p46 (polar p47 pi15 (* BR1 18)) "<>")
(command "_HOR" KN p46 (polar p47 pi15 (* BR1 18)) "<>")

(command "_EXIT")
(command "_LAYER" "_H" "OSN" "")
; Вставка Тексты ("vutext" з РАНКА.lsp)
(vutext (strcat put "text.txt") 2450)
(princ)
)

;
(defun draw_3d ()
(command "_LAYER" "_H" "OSN" "")
(command "_PLINE" d1 p2 p3 p4 p5 p6 p7 p8 p9 "_A" p10 "_L" p11 p12 p13 "_A" p14 "_L" p15 p16 p17 p18
p19 "_A" "_D" (- 0 90) p20 "_L" p21 p22 p23 "_A" "_D" (- 0 90) p24 "_L" p25 p26 p27 p28 p29 p30
p31 p32 p33 p34 p35 p36 "_A" "_D" (- 0 90) p37 "_L" p38 p39 p40 p41 p42 p43 d15 d14 "_A" "_D" 180 d12 "_L" "_A" d10 "_L"
d9 d7 d6 "_A" "_D" 180 d4 "_L" "_A" d2 "_L" d1 "_CLOSE")
(setq blockg1 (entlast))
(command "_REVOLVE" blockg1 "" "_X" 360)
(setq 3dblock (entlast))
(command "_UCS" (list H1 0 0) "")
(command "_ucs" "_V" 90)
(command "_CIRCLE" "_2P" (sp p55) (sp p49))
(command "_EXTRUDE" (entlast) "" L2C 0)
(command "_SUBTRACT" 3dblock "" (entlast) "" "")
(command "_CIRCLE" "_2P" p55 p49)
(command "_EXTRUDE" (entlast) "" L2C 0)
(command "_SUBTRACT" 3dblock "" (entlast) "" "")
(command "_CIRCLE" "_2P" pp8 pp7)
(command "_EXTRUDE" (entlast) "" L2C 0)

(command "_EXTRUDE" (entlast) "" L2C 0)
(command "_SUBTRACT" 3dblock "" (entlast) "" "")
(command "_CIRCLE" "_2P" (sp pp8) (sp pp7))
(command "_EXTRUDE" (entlast) "" L2C 0)
(command "_SUBTRACT" 3dblock "" (entlast) "" "")
(command "_UCS" (list 0 0 (- L H1)) "")
(command "_CIRCLE" "_2P" (sp p55) (sp p49))
(command "_EXTRUDE" (entlast) "" (- 0 L2C) 0)
(command "_SUBTRACT" 3dblock "" (entlast) "" "")
(command "_CIRCLE" "_2P" p55 p49)
(command "_EXTRUDE" (entlast) "" (- 0 L2C) 0)
(command "_SUBTRACT" 3dblock "" (entlast) "" "")
(command "_UCS" "_W")
(command "_UCS" (list 0 0 (+ F RD13)) "")
(command "_PLINE" (sp p45) "_A" "_D" 0 p45 "_L" p48 "_A" "_D" 180 (sp p48) "_L" (sp p45) "")
(command "_EXTRUDE" (entlast) "" (- 0 (* BR3 2)) 0)
(command "_SUBTRACT" 3dblock "" (entlast) "" "")
(command "_UCS" "_W")
)

```

**ДОДАТОК Б. ТАБЛИЦЯ РОЗГЛЯНУТИХ ПАТЕНТІВ ТА  
ЛІТЕРАТУРНИХ ПУБЛІКАЦІЙ**

| №<br>п/п | Предмет пошуку                                       | Країна видачі,<br>вид і номер<br>документа   | Сутність заявленого<br>технологічного рішення і ціль<br>його створення  |
|----------|--|--|---|
| 1        | 2  | 3  | 4   |
| 1        | Черв'як<br>екструдера для<br>переробки<br>матеріалів | 2004031959;<br>заява<br>16.03.2004р.,<br>опубл.<br>15.12.2004р.<br>бюл.№12<br>Автор:<br>Мікульонок І. О. | Технічний результат<br>досягається тим, що в черв'яку<br>екструдера оновлюється<br>осердя, яке має щонайменше<br>одну ділянку із закріпленою на<br>ньому в один або декілька<br>шарів стрічкою. Це<br>забезпечить розширення<br>технологічних можливостей |

|   |                    |   |   |
|---|--------------------|---|---|
|   |                    |   | черв'яка за рахунок переробки більш ширшого класу матеріалів.   |
| 2 | Черв'як екструдера | u200909282;<br>заява<br>09.09.2009р.,<br>опубл.<br>11.01.2010р.<br>бюл.№1<br>Автори:<br>Мікульонок І. О.,<br>Виноградов<br>Є.Ю. | Технічний результат досягається шляхом заміни новою ділянкою зі штифтами виконаною у вигляді втулки, а також введенням валу на ділянку зі штифтами з гвинтовою нарізкою. Це забезпечить активний вплив на перероблюваний матеріал, завдяки міні напружень зсуву в робочому каналі черв'яка. Завдяки новій переробці найрізноманітніших матеріалів, розширюється технологічні можливості екструдера. |
| 3 | Черв'як екструдера | МПК:<br>B29F3/02<br>Автори:<br>Бармашин Є. П.,<br>Войтушенко П.<br>А., Коношевич<br>Т. И.                                       | Винахід прототип має вдосконалення змішувального елемента, який в свою чергу буде виконаний з проміжними пазами розділеними між собою перегородками. Це покращує якість змішування і підвищує продуктивність екструдера.  |

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| 4 | Черв'як екструдера для переробки полімерних матеріалів  | 2002075454;<br>заява<br>03.07.2002р.,<br>опубл.<br>15.04.2003р.<br>бюл.№4<br>Автори:<br>Мікульонок І. О.,<br>Новік В. О.,<br>Сівецький В. І. | Технічний результат досягається за рахунок скошення пазів в бік хвостовика вала, що зменшує зворотний потік перероблюваного матеріалу крізь зазор і покращує умови роботи черв'ячних екструдерів.   |
| 5 | Методи роботи екструдера з термопластичними матеріалами | Usa us4107260<br>(1978р)<br>Автори:<br>Сомерс Е. В.,<br>Джефері Р.<br>Цузлов   | В даному винаходу проводиться модифікується екструдерний гвинт, покращення якого нададуть можливості контролю способу руйнування твердого шару матеріалу. Крім цього додатково гарантує практично однакову термічну обробку послідовних секцій екструзії на виході з самого екструдера. |