

**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

Олександр СОКОЛЬСЬКИЙ

«__» грудня 2022р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра за освітньо-професійною програмою
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

на тему: «Екструдер для виробництва полімерних труб з модернізацією черв'яка»

Виконала:

студентка, групи ЛП-11мп

Бабушкіна Маргарита Сергіївна

Науковий керівник:

доцент, к.п.н.,

Казак Ірина Олександрівна

Консультант з «Монтаж і експлуатація»:

ст. викл. каф. ХПСМ

Борщик Сергій Олександрович

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.
Студентка Бабушкіна М.С. _____

Національний технічний університет України

**«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет Інженерно – хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність (спеціалізація) 133 – Галузеве машинобудування
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____Олександр СОКОЛЬСЬКИЙ
(підпис) (ініціали, прізвище)
«___» грудня 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту
Бабушкіній Маргариті Сергіївній
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Екструдер для виробництва полімерних труб з модернізацією черв'яка
керівник дисертації доцент, к.п.н. Казак Ірина Олександрівна,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затвержені наказом по університету від «___» _____ 2022 р. № _____
2. Строк подання студентом дисертації 13.12.22 _____
3. Об'єкт дослідження Екструдер для виробництва полімерних труб
4. Предмет дослідження Екструдер ЧП 63х30 для виробництва полімерних труб, діаметр черв'яка 0,063 м, частота обертання черв'яка 250 об/хв, потужність 75 кВт, тиск розплаву 13 МПа.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити пояснювальна записка включає в себе: вступ, призначення та галузь застосування екструдера, літературно – патентний огляд варіантів модернізації екструдера, обґрунтування вибору варіантів модернізації екструдера, розрахунки, які підтверджують працездатність екструдера, доцільність розробки та використання екструдера, модернізація екструдера.
6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Базова конструкція екструдера ЧП 63х30 (формат А1); Технологічна лінія виробництва полімерних труб (формат А1); Базова конструкція черв'яка (формат А1); Модернізований черв'як екструдера (формат А1); Модернізована конструкція екструдера із запірним елементом (формат А1); Редуктор циліндричний (формат А1); Результати чисельних розрахунків модернізованого черв'яка в Ansys (формат А1).

7. Орієнтовний перелік публікацій: 2 тези на XVI Всеукраїнську науково-практичну конференцію «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки», 12-13 грудня 2022 р, НТУУ КПІ ім.І.Сікорського, м. Київ.

8. Консультанти розділів дисертації

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|----------------------------------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Монтаж і експлуатація обладнання | Борщик С.О., ст. викл. каф. ХПСМ | | |
| Модернізація | Щербина В.Ю., д.т.н., проф. каф. ХПСМ | | |
| Перевірка на плагіат | Щербина В.Ю., д.т.н., проф. каф. ХПСМ | | |

9. Дата видачі завдання 31.10.22 р.

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання магістерської дисертації | Строк виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
|-------|---|---|----------|
| 1 | Вступ. Опис лінії. | 31.10 – 13.11.2022 | |
| 2 | Літературно-патентний огляд. | 13.11 – 20.11.2022 | |
| 3 | Монтаж та експлуатація | 20.11 – 23.11.2022 | |
| 4 | Стартап | 23.11 – 24.11.2022 | |
| 5 | Охорона праці | 24.11 – 25.11.2022 | |
| 6 | Розрахунки | 25.11 – 01.12.2022 | |
| 7 | Креслення | 01.12 – 13.12.2022 | |

Студентка

(підпис)

Бабушкіна М.С

(ініціали, прізвище)

Керівник дисертації

(підпис)

Казак І.О.

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Виконано магістерську дисертацію на тему «Екструдер для виробництва полімерних труб з модернізацією черв'яка».

Пояснювальна записка магістерської дисертації складається із вступу, 6 розділів, висновків, 22 таблиць, 47 рисунків. Загальний обсяг записки становить 83 сторінки. Графічна частина складається із 7 креслень формату А1.

Актуальність дослідження полягає у необхідності виготовлення якісних полімерних труб для споживачів.

Метою магістерської дисертації є модернізація черв'яка екструдера для підвищення якості полімерної продукції та розширення спектру полімерних матеріалів при використанні.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення полімерних труб.

Предмет дослідження – екструдер ЧП 63х30 для виробництва полімерних труб з модернізацією черв'яка.

Під час виконання магістерської дисертації було знайдено технологічну схему для виготовлення полімерних труб з використанням екструдера.

Науково-практичне значення полягає в тому, що модернізована конструкція черв'яка екструдера дозволить покращити перемішування застосованого полімерного матеріалу та забезпечити покращення якості виготовлення полімерних труб.

Вивчено конструкцію та роботу екструдера. Виконано параметричні розрахунки та розрахунки на міцність базової машини. Виконано розрахунок модернізованого черв'яка екструдера, що дало змогу визначити працездатність модернізованого вузла.

З метою усунення недоліків базової конструкції екструдера було проведено літературно-патентний огляд для вибору її модернізації. Обрано черв'як, що дає змогу підвищити якість полімерної продукції та розширити спектр полімерних матеріалів при використанні. Також обрана конструкція екструдера із запірним елементом, що дає змогу підвищити ефективність перероблення матеріалів широкої номенклатури, а отже розширити технологічні можливості екструдера.

Було розроблено розділ охорони праці, стартап та розділ монтаж та експлуатація. За темою роботи було опубліковано 2 тези на XVI Всеукраїнську науково-практичну конференцію НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського» 12-13 грудня 2022 р.

Ключові слова: ЕКСТРУДЕР, ПОЛІМЕРНІ ТРУБИ, ЧЕРВ'ЯК, ЗАПІРНИЙ ЕЛЕМЕНТ, МАШИНА.

ABSTRACT

A master's thesis was completed on the topic "Extruder for the production of polymer pipes with screw modernization".

The explanatory note of the master's thesis consists of an introduction, 6 chapters, conclusions, 22 tables, 47 figures. The total volume of the note is 83 pages. The graphic part consists of 7 drawings in A1 format.

The relevance of the research lies in the need to manufacture high-quality polymer pipes for consumers.

The goal of the master's thesis is to modernize the screw of the extruder to improve the quality of polymer products and expand the range of polymer materials in use.

The object of research is the technological process of manufacturing polymer pipes.

The subject of the study is the SP 63x30 extruder for the production of polymer pipes with worm upgrade.

The scientific and practical significance is that the modernized design of the extruder worm will allow to improve the mixing of the applied polymer material and ensure the improvement of the quality of the production of polymer pipes.

During the execution of the master's thesis, a technological scheme for the manufacture of polymer pipes using an extruder was found.

The design and operation of the extruder have been studied. Parametric calculations and calculations on the strength of the base machine were performed. The calculation of the modernized screw of extruder was performed, which made it possible to prove that the machine is operational.

In order to eliminate the shortcomings of the basic design of the extruder, a literature and patent review was conducted to choose its modernization. A screw was selected, which makes it possible to improve the quality of polymer products and expand the range of polymer materials when used. The design of the extruder with a locking element was also chosen, which makes it possible to increase the efficiency of processing a wide range of materials, and therefore to expand the technological capabilities of the extruder.

A section on labor protection, a start-up and a section on installation and operation were developed. On the topic of the work, 2 theses were published for the XVI All-Ukrainian scientific and practical conference of the NTUU "KPI named after Igor Sikorsky" on December 12-13, 2022.

Key words: EXTRUDER, POLYMER PIPES, SCREW, LOCKING ELEMENT, MACHINE.

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

D – діаметр черв'яка, мм

l_p – загальна (робоча) довжина черв'яка, мм

l_3 – довжина зони завантаження черв'яка, мм

l_d – довжина зони дозування черв'яка, мм

l_n – довжина зони пластикації черв'яка, мм

t – крок нарізки витків, мм

e – ширина витка, мм

h_1 – глибина нарізки в зоні завантаження, мм

h_2 – глибина нарізки в зоні дозування, мм

δ – зазор між гребнем черв'яка і корпусом, мм

ρ – густина, кг/мм³

n – частота обертання черв'яка

P – тиск розплаву, МПа

η – ККД розплаву

Q – продуктивність, кг/год

E – модуль пружності, МПа

σ_T – границя текучості, МПа

ν – Коефіцієнт Пуассона

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 9 |
| 1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСТРУДЕРА | 10 |
| 1.1 Призначення та галузь застосування екструдера | 10 |
| 1.2 Опис технологічної лінії виробництва полімерних труб | 11 |
| 1.3 Опис конструкції та принципу дії екструдера | 12 |
| 1.4 Технічні характеристики ЧП 63x30 | 13 |
| 2. ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД ВАРІАНТІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕКСТРУДЕРА | 14 |
| 2.1 Літературно-патентний огляд вибору варіантів модернізації екструдера | 14 |
| 3. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВАРІАНТІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕКСТРУДЕРА | 26 |
| 3.1 Обґрунтування вибору модернізації черв'яка екструдера | 26 |
| 3.2 Обґрунтування модернізації конструкції екструдера з запірним елементом | 29 |
| 4. РОЗРАХУНКИ, ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ЕКСТРУДЕРА | 32 |
| 4.1 Розрахунок геометричних параметрів черв'яка екструдера | 32 |
| 4.2 Розрахунок черв'яка на міцність | 33 |
| 4.3 Розрахунок корпусу екструдера | 34 |

| | | | | | | | |
|-----------|------|-------------------|--------|------|---------------------------------|------|---------|
| | | | | | <i>ЛП11мп.017246.01-70ПЗ</i> | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | | Бадишкіна М. | | | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | | Казак І. О. | | | 1 | | |
| Н. Контр. | | | | | 6 | | |
| Затверд. | | Сокольський О. Л. | | | <i>КПІ ім.Ігоря Сікорського</i> | | |

| | |
|--|-----------|
| 5.3.5 Пожежна безпека..... | 68 |
| 6. МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕКСТРУДЕРА..... | 70 |
| 6.1 Розрахунок базової конструкції черв'яка екструдера в ANSYS..... | 70 |
| 6.2 Розрахунок модернізованої конструкції черв'яка екструдера в ANSYS..... | 73 |
| 6.3 Аналіз достовірності проведених розрахунків..... | 76 |
| ВИСНОВКИ..... | 78 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ..... | 79 |
| ДОДАТКИ..... | 83 |

ВСТУП

На сьогоднішній день хімічна промисловість є однією з найважливіших в світі та тісно пов'язана з іншими галузями виробництва. Хімічне машинобудування є частиною хімічної промисловості та одним з видів важкого машинобудування.

Хімічне машинобудування спеціалізується на розробці й виробництві хімічного, полімерного та інших видів обладнання та деталей.

Завдяки своїм характеристикам, а саме міцності, еластичності, довговічності, полімерні матеріали широко застосовують в багатьох видах виробництва, у тому числі в виробництві будівельних матеріалів та деталей механізмів.

Однією з основних технологій переробки полімерів та виготовлення з них різноманітних деталей та профільної продукції є екструзія. Полягає вона в приготуванні розплаву полімерів з подальшим продавлювання його через формуючі сопла або філ'єри – спеціальні насадки, що надають матеріалу задану форму. Головним елементом виробничої лінії, що використовує таку методику, є екструдер.

Метою магістерської дисертації є модернізація черв'яка екструдера для підвищення якості полімерної продукції та розширення спектру полімерних матеріалів при використанні.

Для досягнення поставленої мети проведено літературно-патентний пошук та обрано патенти, що дозволяють значно покращити процес виробництва полімерних труб та розроблено модернізовану конструкцію екструдера, яка дозволить підвищити якість кінцевого продукту та розширити технологічні можливості самого екструдера.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСТРУДЕРА

1.1 Призначення та галузь застосування екструдера

Екструдер – це спеціальне обладнання (машина) для виготовлення довгомірної продукції із пластичних або сипких матеріалів з використанням принципів екструзії. У свою чергу, екструзія є технологічним процесом безперервного видавлювання розплаву або пастоподібної речовини через формуючий інструмент (філ'єру), що дозволяє в безперервному режимі отримувати вироби заданої форми і розміру.

Технології переробки матеріалів методом екструзії активно використовуються в різних сферах:

- сільське господарство;
- харчова промисловість.
- виготовлення пакувальних матеріалів, багатошарових пакетів, термозбіжних плівок;
- канцтовари, поліграфія, ламінування, принтерний друк, виготовлення гідрогелів для 3D-друку;
- будівельні матеріали (екструзія піноблоків, утеплювачів, профілів ПВХ, полістиролу, поліпропілену);
- виробництво пластикових трубопроводів;
- хімічна промисловість;
- металообробка;
- екструзія кабельних покриттів, термозбіжних трубок;
- Альтернативна енергетика.

Далі більш детально буде розглядатися робота екструдера на основі технологічної лінії виробництва полімерних труб.

1.2 Опис технологічної лінії виробництва полімерних труб

Розглянемо технологічну лінію для виготовлення полімерних труб із застосуванням екструдера (Рис.1.1).

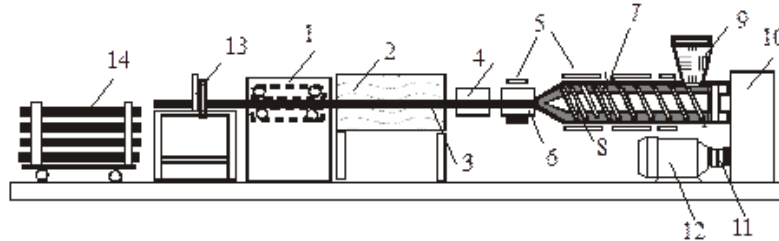


Рис.1.1- Технологічна лінія для виготовлення полімерних труб:

1 – тягнучий ланцюговий пристрій; 2 – ванна для охолодження; 3 – трубний виріб; 4 – калібратор; 5 – нагрівні елементи; 6 – екструзійна (формуюча) головка; 7 – матеріальний циліндр екструдера; 8 – черв'як; 9 – завантажувальний бункер; 10 – редуктор; 11 – сполучна муфта; 12 – електродвигун; 13 – механізм різки; 14 – штабелер.

Гранульований полімерний матеріал пневмозавантажувачем подається в бункер 9 екструдера, де нагрівається, відбувається процес пластифікації і у вигляді розплаву під тиском подається в формуючу головку 6, з якої відформований трубний виріб 3 надходить в калібратор 4 і далі у ванну охолодження 2. Для відведення труби служить тягнучий пристрій 1, захоплюючі елементи якого відповідають профілю виробу. Товщина стінки труби та правильність її геометричної форми контролюються безконтактним вимірювальним пристроєм. Для нанесення написів тисненням або печаткою служить лічильно-маркуючий пристрій. Труби діаметром понад 50 мм нарізаються на відрізки заданої довжини дисковою або гільйотинною пилкою, що переміщається вздовж труби зі швидкістю її відведення, і укладаються маніпулятором у штабелі. Труби діаметром менше 50 мм намотуються в бухти тягнуcho-намотувальним пристроєм.

1.3 Опис конструкції та принципу дії екструдера

На основі ЧП 63х30 будуть розглянуті базова конструкція та принцип дії екструдера (Рис. 1.2).

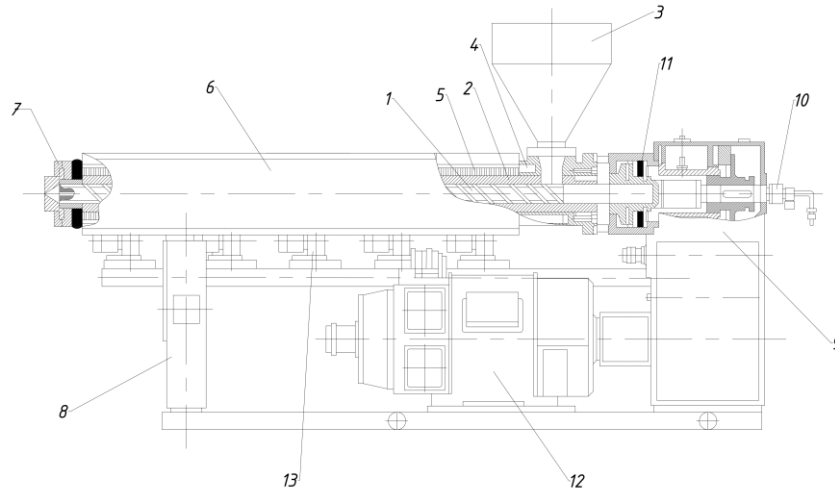


Рис. 1.2 – Загальний вигляд екструдера ЧП 63х30:

1 – черв'як; 2 – корпус; 3 – завантажувальний бункер; 4 – зона водяного охолодження; 5 – нагрівні елементи; 6 – кожух; 7 – адаптер; 8 – станина; 9 – редуктор; 10 – пристрій для водяного охолодження черв'яка; 11 – вузол підшипників; 12 – електродвигун; 13 – вентиляційна система.

Одночерв'ячний екструдер ЧП 63х30, пристрій якого показано на рис. 3.1 складається з корпусу 2, в якому обертається черв'як 1. Термопластичний полімерний матеріал через спеціальний отвір потрапляє з бункера 3. Там він підхоплюється черв'яком 1 і транспортується до адаптера 7, що з'єднує корпус 2 з формуючою головкою. Під час руху полімерний матеріал спочатку ущільнюється, потім за рахунок дисипативного тепловиділення і тепла, що виділяється нагрівними елементами 5, матеріал переходить у в'язкотекучий стан, гомогенізується і готується до подачі у формуючу головку. Щоб уникнути прилипання полімеру в завантажувальному отворі поруч із ним передбачається зона водяного охолодження 4, що ізолює зону корпусу 2 від підвищення температури. Для зменшення впливу теплової інерції нагрівних елементів 5

використовують вентиляційну систему 13. Контроль температури полімеру в матеріальному циліндрі здійснюється за допомогою термопар. Для зменшення коефіцієнта тертя полімерного матеріалу черв'яка часто використовуються пристрої 10, призначені для водяного охолодження черв'яка. Привід черв'яка з безступінчастим регулюванням частоти обертання може бути здійснений за допомогою різних механізмів. Як приклад на рис. 1.2 показаний електромеханічний привід, що складається з електродвигуна 12 і редуктора 9. При роботі всіх видів екструдерів черв'ячних створюється велике зусилля, що діє вздовж осі черв'яка. Для його сприйняття конструкції екструдера завжди передбачається спеціальний підшипниковий вузол 11. Всі вузли і механізми екструдера монтуються на станині 8.

1.4 Технічні характеристики ЧП 63х30

В таблиці 1.1 наведено основні характеристики ЧП 63х30.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики ЧП 63х30

| № | Параметр | Позначення | Одиниці | Значення |
|---|----------------------------|------------|---------|----------|
| 1 | Діаметр черв'яка | d | мм | 63 |
| 2 | Частота обертання черв'яка | n | об/хв | 250 |
| 3 | Потужність | N | кВт | 75 |
| 5 | Продуктивність | Q | кг/год | 200 |
| 6 | Габаритні розміри: | | | |
| | – довжина; | L | мм | 2865 |
| | – ширина; | S | мм | 2400 |
| | – висота. | H | мм | 2200 |
| 7 | Маса | M | кг | 2590 |

2 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД ВАРІАНТІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕКСТРУДЕРА

Виконано літературно-патентний огляд для модернізації екструдера [4-11, 23-25]. Було проведено аналіз переваг та недоліків використання екструдера та методу екструзії [2]. Виявлено такі переваги: висока продуктивність, економічність, простота в експлуатації обладнання, довговічність. Також виявлено недоліки:

- вузький спектр полімерних матеріалів;
- відсутність регуляції, що значно впливає на якість продукту.

Для усунення недоліків було проведено літературно-патентний огляд та знайдено 8 патентів, які розглянемо детальніше.

2.1 Літературно-патентний огляд вибору варіантів модернізації екструдера

Для усунення такого недоліку як зниження якості кінцевого продукту було знайдено 6 патентів, які розглянемо нижче.

У патенті [4] розглядається черв'як екструдера. Винахід належить до обладнання для перероблення термопластичних матеріалів, у тому числі й композиційних, і може бути використана в полімерно-переробних екструзійних лініях, зокрема при виготовленні робочого органу одно- або двочерв'ячних екструдерів.

В основу винаходу покладено задачу вдосконалити черв'як екструдера для перероблення полімерних матеріалів, в якому нове конструктивне виконання гребнів його нарізки зменшило би зворотний потік перероблюваного матеріалу крізь зазор "гребінь нарізки - корпус екструдера" при збереженні високого змішувального ефекту черв'яка. На рис. 2.1 зображено загальний вигляд черв'яка.

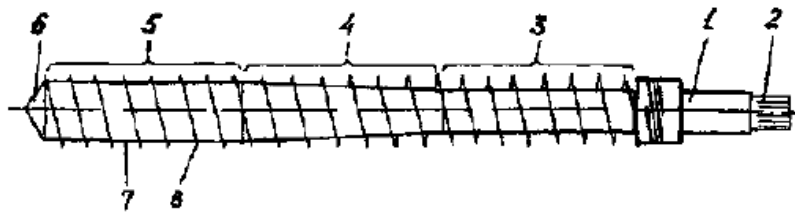


Рис. 2.1 – Загальний вигляд черв'яка

На рис. 2.2 – поперечний переріз гребеня нарізки зони дозування черв'яка; на рис. 2.3 - поперечний переріз гребеня нарізки, приклад виконання виходу пазів з боку наконечника вала на зовнішній поверхні 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; вихід 10 пазів 9 з боку наконечника 6 вала 1 може бути виконаний на зовнішній поверхні 11 гребеня 8 нарізки 7.

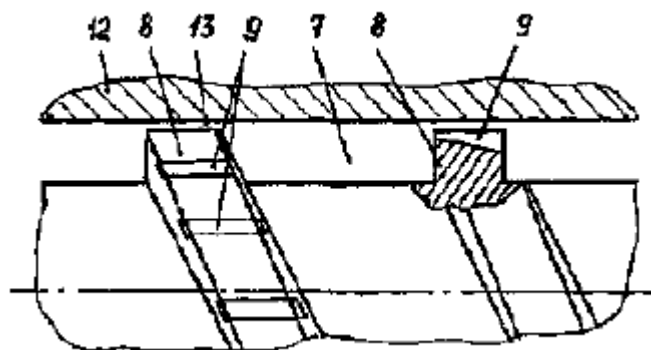


Рис. 2.2 – Поперечний переріз гребеня нарізки зони дозування черв'яка

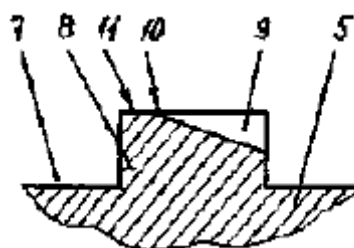


Рис. 2.3 - Поперечний переріз гребеня нарізки, приклад виконання виходу пазів з боку наконечника вала на зовнішній поверхні гребеня нарізки

Пропонований винахід нескладний у виготовленні та експлуатації, значно покращить умови роботи черв'ячних екструдерів.

У патенті [5] розглядається черв'як екструдера для виготовлення спінених полімерів. Винахід належить до галузі полімерного машинобудування, зокрема до робочих органів екструзійного обладнання для виготовлення спінених полімерів методом фізичного спінювання.

В основу пропонованого прототипу покладено задачу покращити якість змішування розплаву полімерних композицій при одержанні спінених виробів та підвищити продуктивності черв'ячного екструдера. На рис. 2.4 зображено загальний вигляд черв'яка.

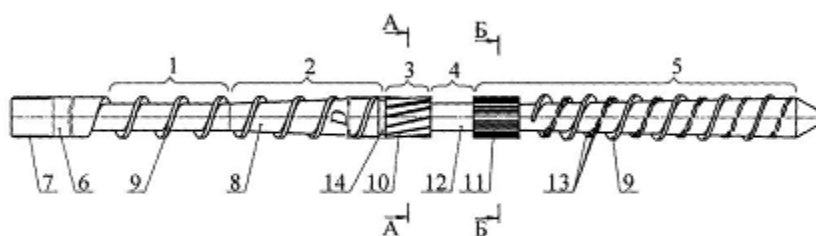


Рис. 2.4 - Загальний вигляд черв'яка

На рис. 2.5 - розріз А-А на рис. 2.4; на рис. 2.6 - розріз Б-Б на рис. 2.4; черв'як екструдера умовно поділений на зони подачі 1, плавлення 2, компресії 3, вакуумування 4 та гомогенізації 5, містить вал 6 з шліцьовою нарізкою 7, осердя 8, основну гвинтову нарізку 9 з пос-тійним кроком, змішувальні елементи 10 та 11, кільцевий канал 12 та сегменти 13 додаткової нарізки, виконані посередині гвинтового каналу основної нарізки 9; змішувальний елемент 10 зони компресії 3 виконаний у вигляді зворотної криволінійної шестірні; Змішувальний елемент 11, розташований на початку зони гомогенізації 5, має тип «шестірня» та за конструктивним оформленням може бути виконаний прямозубим, косозубим чи криволінійним; кільцевий канал 12 має глибину більшу, ніж глибина каналу у зоні подачі; осердя 8 у зоні плавлення 2 має конічну форму з поступовим зменшенням глибини каналу від зони подачі 1 до зони компресії 3; у зоні гомогенізації 5 осердя має конічну форму із поступовим зменшенням площі поперечного перерізу каналу; на кінці зони плавлення 2, перед змішувальним

елементом 10 виконано технологічну проточку 14 для виходу металообробного інструменту для нарізання пазів елемента 10.

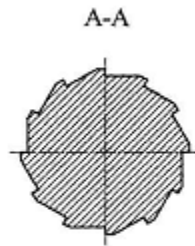


Рис. 2.5 - Розріз А-А на рис. 2.4

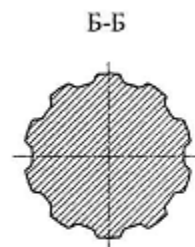


Рис. 2.6 - Розріз Б-Б на рис. 2.4

Запропонований винахід реалізує задачу покращення якості змішування розплаву полімерних композицій із спінювальним агентом без значного підвищення гідравлічного опору, що дозволяє збільшити продуктивність обладнання.

У патенті [6] розглядається черв'ячний екструдер. Винахід належить до полімерпереробного обладнання, зокрема до пристроїв для переробки матеріалів на основі полімерів методом екструзії.

В основу винаходу покладено задачу вдосконалення черв'ячного екструдера, у якому нове конструктивне виконання штифтів і змішувальних кулачків забезпечує більш ефективне перемішування композиції внаслідок надання штифтам не лише зворотньо-поступального, але і обертового руху. На рис. 2.7 зображено поздовжній переріз черв'ячного екструдера.

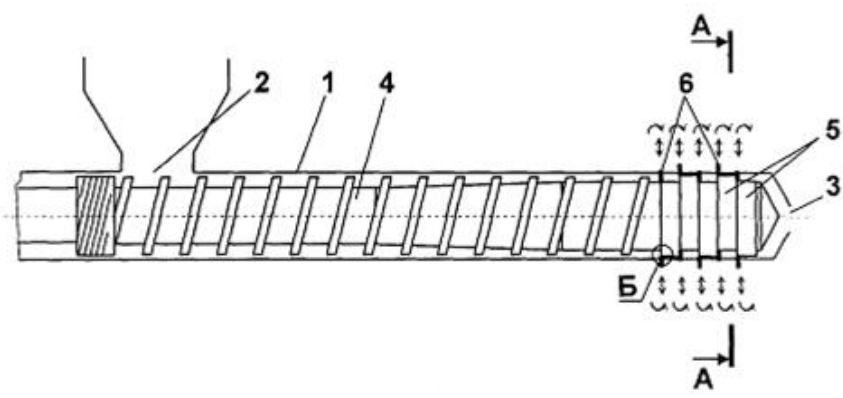


Рис. 2.7 - Поздовжній переріз черв'ячного екструдера

На рис. 2.8 - переріз за А-А на рис. 2.7; на рис. 2.9 - виносний елемент Б на рис. 2.7, приклад виконання конічних поверхонь штифтів і кулачків гладкими; на рис. 2.10 - виносний елемент Б на рис. 2.7, приклад спорядження конічних поверхонь штифтів і кулачків зуб'ями; черв'ячний екструдер містить порожнистий корпус 1 із завантажувальним 2 і розвантажувальним 3 отворами, розташований у ньому з можливістю обертання-черв'як 4, споряджений змішувальними кулачками 5, а також змонтовані в корпусі 1 з можливістю зворотньо-поступального руху в радіальному напрямку підпружинені штифти б, встановлені з можливістю контакту з кулачками 5; периферійні ділянки 7 заплечиків 8 змішувальних кулачків 5 і підпружинених штифтів 6 виконані конічними з можливістю їх взаємодії між собою, при цьому кож-ний зі штифтів 6 встановлено з можливістю обертання навкруги поздовжньої осі; також відповідні конічні ділянки змішувальних кулачків 5 і підпружинених штифтів 6 можуть бути споряджені зуб'ями 9.

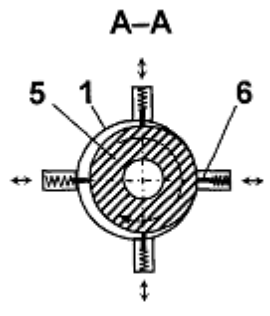


Рис. 2.8 - Розтин за А-А на рис. 2.7

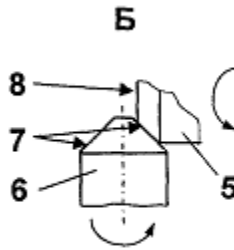


Рис. 2.9 - Виносний елемент Б на рис. 2.7,приклад виконання конічних поверхонь штифтів і кулачків гладкими

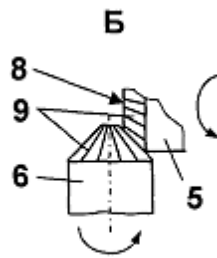


Рис. 2.10 - Виносний елемент Б на рис. 2.7,приклад спорядження конічних поверхонь штифтів і кулачків зуб'ями

Дана конструкція дає змогу зменшити витратити енергії, що сприяє отриманню високоякісного матеріалу.

У патенті [7] розглядається черв'ячна машина для перероблення матеріалів з використанням високомолекулярних сполук. Винахід належить до обладнання для перероблення високомолекулярних сполук і матеріалів з їх використанням, зокрема до черв'ячних екструдерів, і може бути застосована як для формування певної продукції, так для утилізації відходів, наприклад автомобільних шин, що втратили свої споживчі властивості.

В основу прототипу поставлено задачу вдосконалення черв'ячної машини для перероблення матеріалів з використанням високомолекулярних сполук, у якій нове виконання змішувально-диспергувальної секції черв'яка запобігає утворенню застійних зон в утвореному корпусом і черв'яком робочому каналі, а отже забезпечує ефективне перемішування й подрібнення компонентів перероблюваної композиції. На рис. 2.11 зображено поздовжній переріз черв'ячної машини.

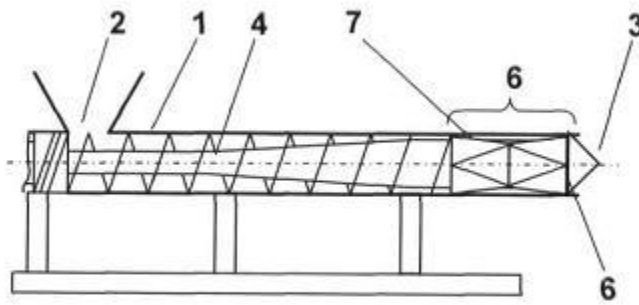


Рис. 2.11 - Поздовжній переріз черв'ячної машини

Запропонована черв'ячна машина нескладна у виготовленні та експлуатації, істотно підвищує ефективність перероблення полімерів, пластмас і гумових сумішей широкої номенклатури, оскільки змішувально-диспергувальну секцію 6 черв'яка 4 може бути виконано швидкознімною і змінної геометрії, що істотно розширює технологічні можливості машини в цілому.

В патенті [8] розглядається змішувально-диспергувальна секція черв'яка екструдера. Винахід належить до екструзійного обладнання, зокрема до робочих органів черв'ячних екструдерів для перероблення матеріалів з використанням високомолекулярних сполук.

В основу прототипу поставлено задачу вдосконалити змішувально-диспергувальну секцію черв'яка екструдера, в якій її нове конструктивне виконання забезпечує зниження витрат енергії під час проходження секцією перероблюваної композиції за умови забезпечення її високої змішувально-диспергувальної здатності. На рис. 2.13 зображено змішувальну секцію, загальний вигляд.

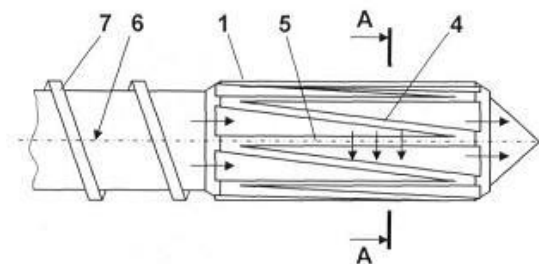


Рис. 2.13 - Змішувальна секція, загальний вигляд

Рис. 2.14 - переріз за А-А на рис. 2.13; рис. 2.15 - змішувальна секція, вигляд з торця; змішувально-диспергувальна секція черв'яка екструдера містить корпус у вигляді циліндричної втулки 1 з центральним шліцьовим отвором 2, на зовнішній поверхні якої виконано поздовжні пази 3, що можуть бути виконані різного поперечного перерізу, сходяться нанівець і відкриті по черзі з одного боку й закриті з іншого, з утворенням між сусідніми пазами 3 розміщених по черзі штовхальних 4 і бар'єрних 5 витків, при цьому діаметр кола D , описаного навколо вершин штовхальних витків 4, більший за діаметр кола d , описаного навколо вершин бар'єрних витків 5; бар'єрні витки 5 при цьому розміщено паралельно осі 6 циліндричної втулки 1, а штовхальні витки 4 - під нахилом до осі 6 циліндричної втулки з тим самим напрямом, що і нарізка 7 черв'яка екструдера.

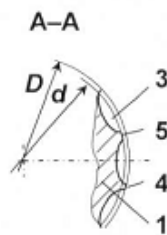


Рис. 2.14 - Переріз за А-А на рис. 2.13

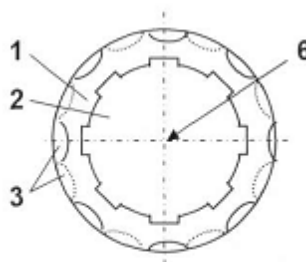


Рис. 2.15 - Змішувальна секція, вигляд з торця

Виконання пропонованої секції з пазами зазначеної геометрії не тільки унеможливує утворення застійних зон у пазах, а й знижує витрату енергії під час проходження секцією перероблюваної композиції, оскільки бар'єрні витки, на відміну від найближчого аналога, не гальмують перероблювану композицію,

а штовхальні витки навіть сприяють просуванню зазначеної композиції через секцію.

Для усунення такого недоліку як вузький спектр полімерних матеріалів було знайдено 3 патенти, які розглянемо детальніше.

В патенті [9] розглядається черв'як екструдера. Винахід належить до екструзійного обладнання, зокрема до робочих органів черв'ячних екструдерів для переробки матеріалів на основі високомолекулярних сполук.

В основу корисної моделі покладено задачу вдосконалення черв'яка екструдера, в якому його нове конструктивне виконання забезпечує регулювання висоти штифтів над поверхнею черв'яка, а отже і можливість регулювання геометрії міжвиткового простору, що розширяє технологічні можливості черв'яка за рахунок переробки більш широкого класу матеріалів. На рис. 2.16 зображено загальний вигляд черв'яка.

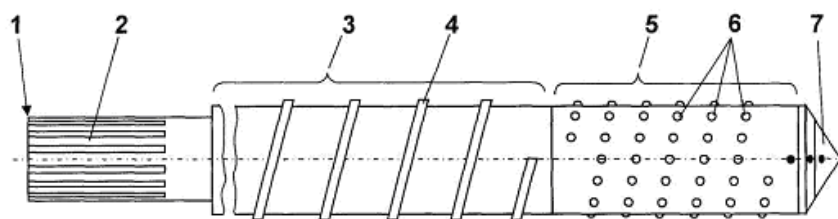


Рис. 2.16 – Загальний вигляд черв'яка

На рис 2.17 – переріз ділянки зі штифтами, максимально піднятих над поверхнею вала черв'яка; на рис. 2.18 - переріз ділянки зі штифтами, максимально піднятих над поверхнею вала черв'яка в більшому масштабі; 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; 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 зворотньо-поступального переміщення, а втулка 8 встановлена на валу 1 з можливістю повороту й фіксації в заданому положенні; 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.

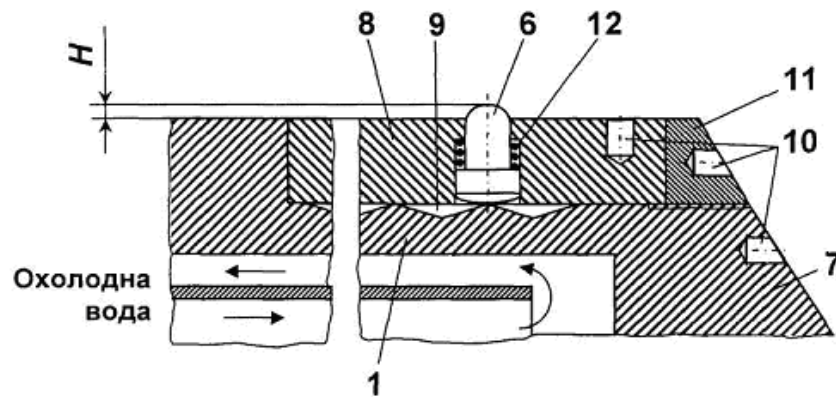


Рис . 2.17 - Переріз ділянки зі штифтами, максимально піднятих над поверхнею вала черв'яка

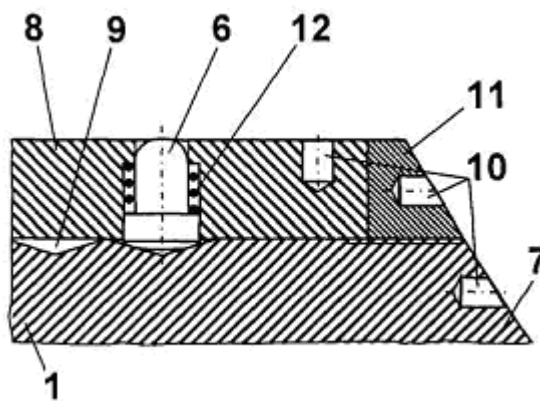


Рис 2.18 - Переріз ділянки зі штифтами, максимально піднятих над поверхнею вала черв'яка в більшому масштабі

Пропонований черв'як забезпечує ефективну переробку найрізноманітніших матеріалів, що суттєво розширює технологічні можливості екструдера.

У патенті [10] розглядається змішувальна секція черв'яка екструдера. Винахід належить до екструзійного обладнання, зокрема до робочих органів черв'ячних екструдерів для перероблення матеріалів на основі високомолекулярних сполук.

В основу пропонованої моделі покладено задачу підвищення ефективності перероблювання широкого класу матеріалів за рахунок швидкого змінювання форми і (або) розмірів робочих виступів змішувальних елементів, шляхом нового конструктивного виконання змішувальної секції черв'яка. На рис. 2.19 зображено змішувальну секцію, поздовжній переріз.

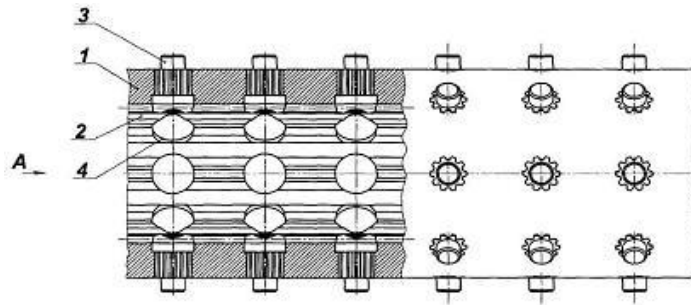


Рис. 2.19 - Змішувальна секція, поздовжній розтин

На рис. 2.20 - вид А на рис. 2.19; на рис. 2.21- змішувальний елемент; на рис. 2.22 - вид збоку на рис. 2.21; на рис. 2.23 - вид згори на рис. 2.22; секція черв'яка екструдера містить корпус 1 з центральним шліцьовим отвором 2, а також послі-довно розміщеними на ньому змішувальними елементами 3, при цьому корпус 1 виконано у вигляді циліндричної втулки з радіальними ступінчастими отворами 4, а кожний із змішувальних елементів 3-у вигляді розміщеного у відповідному радіальному ступінчастому отворі 4 циліндричної втулки стрижня з послідовними ділянками у вигляді буртика 5, циліндра 6 і робочого виступу 7; кожний радіальний ступінчастий отвір 4 циліндричної втулки і циліндрична ділянка 6 кожного змішувального елемента 3 можуть бути виконані шліцьовими, а його робочий виступ - у вигляді лопатки.

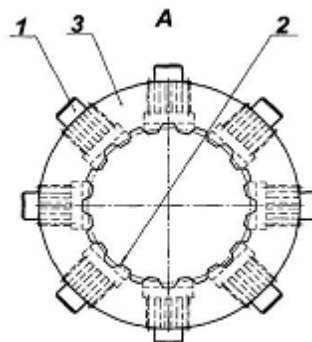


Рис. 2.20 - Вид А на рис. 2.19

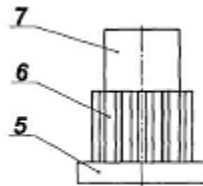


Рис. 2.21 - Змішувальний елемент

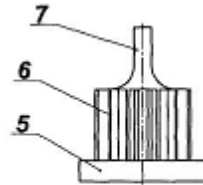


Рис. 2.22 – Вид збоку на рис. 2.21

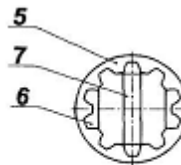


Рис. 2.23 - Вид згори на рис. 2.22

Пропонована секція істотно розширює технологічні можливості черв'яка та екструдера в цілому.

В патенті [11] розглядається запірний елемент для перекриття робочого каналу. Винахід належить до обладнання для перероблення високомолекулярних сполук і матеріалів з їх використанням, зокрема до черв'ячних екструдерів, і може бути використана для перероблення полімерів, пластмас, гум, а також сільськогосподарської продукції.

В основу прототипу покладено задачу вдосконалити черв'ячний екструдер, у якому нове конструктивне виконання його запірної частини забезпечує плавне регулювання прохідного перерізу запірної частини (площі отворів «у світу»), а отже і можливість ефективного перероблення широкого класу матеріалів. На рис. 2.24 зображено поздовжній переріз черв'ячного екструдера.

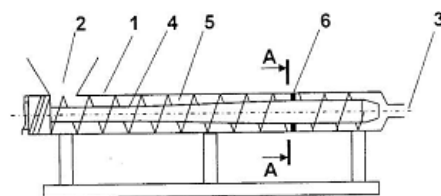


Рис. 2.24 - Поздовжній переріз черв'ячного екструдера

Використання пропонованого запірною елементу істотно підвищить ефективність перероблення матеріалів широкої номенклатури, а отже розширить технологічні можливості екструдера.

3 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВАРІАНТІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕКСТРУДЕРА

3.1 Обґрунтування вибору модернізації черв'яка екструдера

Для підвищення якості полімерної продукції та розширення спектру полімерних матеріалів при використанні доцільніше обрати конструкцію черв'яка з новою змішувально-диспергувальною секцією у вигляді двох втулок з лисками різної довжини [7]. Розглянемо дану конструкцію змішувально-диспергувальної секції черв'яка нижче.

В основу запропонованого прототипу поставлено задачу вдосконалення черв'ячної машини для перероблення матеріалів з використанням високомолекулярних сполук, у якій нове виконання змішувально-диспергувальної секції черв'яка запобігає утворенню застійних зон в утвореному корпусом і черв'яком робочому каналі, а отже забезпечує ефективне перемішування й подрібнення компонентів перероблюваної композиції. Поставлена задача вирішується тим, що в черв'ячній машині для перероблення матеріалів з використанням високомолекулярних сполук, що містить корпус із завантажувальним і розвантажувальним отворами, а також розміщеним у ньому з можливістю обертання черв'яком, що має закріплену на його осерді знімну змішувально-диспергувальну секцію, основу якої з боку розвантажувального

отвору корпуса виконано круглою, згідно з пропонованою корисною моделлю, новим є те, що змішувально-диспергувальну секцію черв'яка утворено щонайменше однією парою елементів, кожний з яких виконано у вигляді циліндра з рівномірно виконаними вздовж бокової поверхні похилими в бік однієї з її основ лисками, що сходяться нанівець, з утворенням у кожному елементі однієї круглої основи й другої основи у вигляді правильного багатокутника з прямими або закругленими вершинами, при цьому відповідні основи кожної пари елементів виконано однаковими, а елементи кожної пари контактують одна з одною однаковими основами. На рис. 3.1 зображено змішувально-диспергувальну секцію черв'яка, приклад виконання елементів різної довжини, на рис. 3.2 і 3.3 - переріз за А-А на рис. 3.1, приклади виконання елементів з однією круглою основою і другою основою у вигляді правильного багатокутника з закругленими та прямими вершинами, відповідно, на рис. 3.4 і 3.5 - загальний вигляд елементів у вигляді втулок.

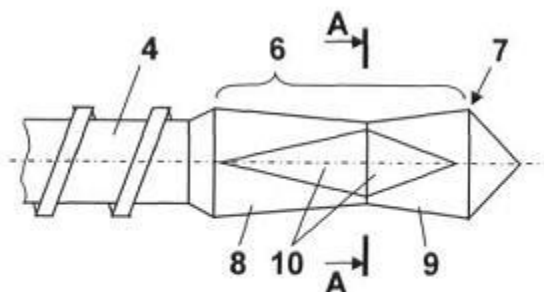


Рис. 3.1 - Змішувально-диспергувальна секція черв'яка, приклад виконання елементів різної довжини

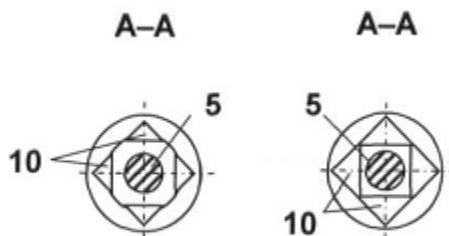


Рис. 3.2 і 3.3 - Переріз за А-А на рис. 3.1, приклади виконання елементів з однією круглою основою і другою основою у вигляді правильного багатокутника з закругленими та прямими вершинами, відповідно

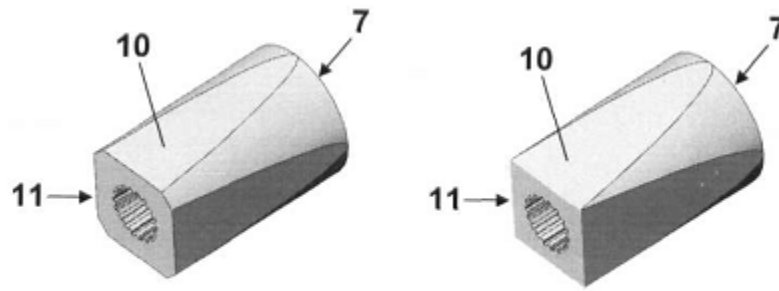


Рис. 3.4 і 3.5 – Загальний вигляд елементів у вигляді втулок

Черв'ячна машина для перероблення матеріалів з використанням високомолекулярних сполук містить корпус 1 із завантажувальним 2 і розвантажувальним 3 отворами, а також розміщеним у ньому з можливістю обертання черв'яком 4, що має закріплену на його осерді 5 знімну змішувально-диспергувальну секцію 6, основу 7 якої з боку розвантажувального отвору 3 корпуса виконано круглою (Рис. 2.11 і рис. 3.1). Змішувально-диспергувальну секцію 6 утворено 5 щонайменше однією парою елементів у вигляді втулок 8 і 9, кожен з яких виконано у вигляді циліндра з рівномірно виконаними вздовж бокової поверхні похилими в бік однієї з її основ лисками 10, що сходяться нанівець, з утворенням у кожному елементі однієї круглої основи 7 і другої основи 11 у вигляді правильного багатокутника з закругленими або прямими вершинами (Рис. 3.2 і рис. 3.4, а також рис. 3.3 і рис. 4.5, відповідно), при цьому відповідні основи кожної пари елементів 8 і 9 10 виконано однаковими, а елементи 8 і 9 кожної пари контактують одна з одною однаковими основами 7 (або 11). Елементи 8 і 9 кожної їх пари можуть бути виконані різної довжини (див. рис. 3.1).

Черв'ячна машина працює в такий спосіб. Матеріал, що підлягає переробленню, надходить у завантажувальний отвір 2 корпуса 1, де захоплюється нарізкою черв'яка 4 і далі транспортується ним у напрямку до розвантажувального отвору 3. На ділянці розташування змішувально-диспергувальної секції 6 здійснюється інтенсивне перемішування й диспергування перероблюваного матеріалу (Рис. 2.11 і Рис. 3.1).

Запропонована конструкція нескладна у виготовленні та експлуатації, істотно підвищує ефективність перероблення полімерів, пластмас і гумових сумішей широкої номенклатури, оскільки змішувально-диспергувальну секцію 6 черв'яка 4 може бути виконано швидкознімною і змінної геометрії, що істотно розширює технологічні можливості машини в цілому.

3.2 Обґрунтування модернізації конструкції екструдера з запірним елементом

Для підвищення якості кінцевої продукції за рахунок регуляції перемішування доцільніше обрати запірний елемент для перекриття робочого каналу[11]. Розглянемо дану конструкцію запірного елемента нижче.

В основу винаходу покладено задачу вдосконалити черв'ячний екструдер, у якому нове конструктивне виконання його запірного елемента забезпечує плавне регулювання прохідного перерізу запірного елемента (площі отворів «у світу»), а отже і можливість ефективного перероблення широкого класу матеріалів. Поставлена задача вирішується тим, що в черв'ячному екструдері, що містить порожнистий корпус із завантажувальним і розвантажувальним отворами, розміщений у порожнині корпуса з можливістю обертання черв'як, що утворює з порожниною корпуса робочий канал, а також запірний елемент для перекриття робочого каналу, при цьому запірний елемент виконано у вигляді кільцевого диска з отворами для проходження перероблюваного матеріалу, згідно з запропонованою корисною моделлю новим є те, що запірний елемент по товщині виконано з двох аналогічних частин, установлених з можливістю повороту одна відносно одної і фіксації в заданому положенні.

Черв'ячний екструдер містить порожнистий корпус 1 із завантажувальним 2 і розвантажувальним 3 отворами, розміщений у порожнині корпуса з можливістю обертання черв'як 4, що утворює з порожниною корпуса робочий канал 5, а також запірний елемент 6 для перекриття робочого каналу 5, при цьому запірний елемент 6 виконано у вигляді кільцевого диска з отворами 7 для

проходження перероблюваного матеріалу; запірний елемент 6 по товщині виконано з двох аналогічних частин 8 і 9, установлених з можливістю повороту одна відносно одної і фіксації в заданому положенні. Запірний елемент 6 при цьому може бути закріплено нерухомо як на порожнистому корпусі 1, так і на черв'яку 4. На рис. 3.6 зображено переріз за А-А на рис 2.24, приклад максимального суміщення отворів обох частин диска (максимальний прохід для перероблюваного матеріалу), на рис. 3.7 - переріз за А-А на рис 2.24, приклад перекриття отворів кожної частини диска суцільною ділянкою іншої частини диска (відсутність проходу для перероблюваного матеріалу).

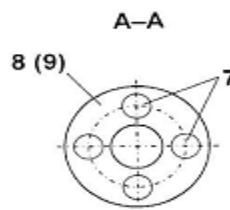


Рис. 3.6 - Переріз за А-А на рис 2.24, приклад максимального суміщення отворів обох частин диска (максимальний прохід для перероблюваного матеріалу)

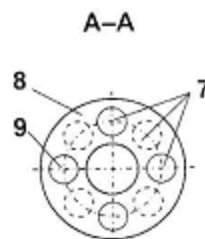


Рис. 3.7 - Переріз за А-А на рис 2.24, приклад перекриття отворів кожної частини диска суцільною ділянкою іншої частини диска (відсутність проходу для перероблюваного матеріалу)

Екструдер працює в такий спосіб. Залежно від властивостей перероблюваного матеріалу відносним повороту частин 8 і 9 запірного елемента 6 забезпечують його потрібний прохідний переріз. Далі, матеріал, що підлягає переробленню, подають у завантажувальний отвір 2 порожнистого корпусу 1, де він захоплюється нарізкою черв'яка 4 і далі транспортується ним у напрямку до розвантажувального отвору 3. На ділянці розміщення запірного елемента 6

здійснюється інтенсивне перемішування перероблюваного матеріалу, а також диспергування його компонентів.

Використання пропонованої конструкції істотно підвищить ефективність перероблення матеріалів широкої номенклатури, а отже розширить технологічні можливості екструдера.

4 РОЗРАХУНКИ, ЯКІ ПІТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ЕКСТРУДЕРА

4.1 Розрахунок геометричних параметрів черв'яка екструдера

Діаметр черв'яка є основним показником, що характеризує продуктивність екструдера.

В даній магістерській дисертації використовується екструдер з черв'яком, зовнішній діаметр якого $D=63\text{мм}$, відношення довжини робочої частини до його діаметра приймаємо $30D$.

В залежності від сировинного матеріалу підбираються інші параметри. У даному випадку матеріалом, що переробляється, є поліетилен низького тиску. Нижче представлені розрахунки базових параметрів черв'яка.

Мета: визначення параметричних розмірів черв'яка

1. Загальна довжина черв'яка:

$$l_p = D \cdot (l_p/D) = 63 \cdot 30 = 1890 \text{ мм.}$$

2. Довжина зони дозування l_d :

$$l_d = (0,4 \div 0,6) \cdot l_p = 0,4 \cdot 1890 = 756 \text{ мм.}$$

3. Довжина зони завантаження l_3 :

$$l_3 = (0,25 \div 0,35) \cdot l_p = 0,25 \cdot 1890 = 472,5 \text{ мм.}$$

4. Довжина зони пластикації l_n :

$$l_n = 0,35 \cdot l_p = 0,35 \cdot 1890 = 661,5 \text{ мм.}$$

5. Крок нарізки витків t (в середньому $t = D$):

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

6. Ширина витка e :

$$e = (0,08 \div 0,12) \cdot D = 0,1 \cdot 63 = 6,3 \text{ мм.}$$

7. Глибина нарізки в зоні завантаження h_1 :

$$h_1 = (0,1 \div 0,14) \cdot D = 0,12 \cdot 63 = 7,56 \text{ мм.}$$

8. Глибина нарізки в зоні дозування h_2 :

$$i = 1,5 \dots 4; i = 2$$

$$h_2 = 0,5 \cdot \left[D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i} (D - h_1)} \right] = 0,5 \cdot \left[63 - \sqrt{63^2 - \frac{4 \cdot 7,56}{2} (63 - 7,56)} \right] = 3,52 \text{ мм.}$$

9. Зазор між гребнем черв'яка і корпусом

$$\delta = (0,002 \dots 0,003) \cdot D;$$

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

4.2 Розрахунок черв'яка на міцність

Мета: перевірка черв'яка на міцність

Вихідні дані:

Потужність приводу $N=75$ кВт

Частота обертання черв'яка $n=250$ об/хв

Тиск розплаву $P=13$ МПа

1. Момент обертання черв'яка:

$$M_{об} = \frac{9500 \times N}{n} = \frac{9500 \times 75}{250} = 2850 \text{ Нм}$$

$$2. P'_{ос} = \frac{2M_{об}}{D} \times tg \varphi = \frac{2 \times 2850}{63} \times tg (0,133) = 12,1 \times 10^3 \text{ Н}$$

$$P''_{ос} = \frac{\pi D^2}{4} \times P = \frac{\pi \times 63^2}{4} \times 13 = 40524 \text{ Н}$$

Обираємо P те, яке має більше значення. $P'_{ос} < P''_{ос}$. Отже, приймаємо $P''_{ос} = 40524 \text{ Н}$.

3. Вага гвинтової частини черв'яка

$$G = \frac{\pi \times D^2}{4} \times \rho \times l = \frac{\pi \times 0,063^2 \times 7800 \times 1,89}{4} = 45,95 \text{ кг}$$

4. Осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi \times d_1^3 \times (1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3,14 \times 0,063^3 \times (1 - 0,25^4)}{32} = 24,4 \times 10^{-6} \text{ Па}$$

5. Стисне напруження:

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{P_{\text{ос}}}{F} + \frac{M_{\text{max}}}{W_x} = \frac{40524}{29,2 \times 10^{-4}} + \frac{425.97}{24.4 \times 10^{-6}} = 31\,335\,869 \text{ Па}$$

$$M_{\text{max}} = \frac{1}{2} \times q \times l_p^2 = \frac{1}{2} \times 238.5 \times (1.89)^2 = 425.97 \text{ Нм}$$

$$q = \frac{9.81 \times G}{l_p} = \frac{9.81 \times 45.95}{1.89} = 238.5 \text{ Н/м}$$

6. Площа небезпечного перерізу:

$$F = \frac{\pi \times d_1^2}{4} \times (1 - \alpha^2) = \frac{\pi \times 0.063^2}{4} (1 - 0.25^2) = 29,2 \times 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$\alpha = \frac{d_0}{d_1} = \frac{0.016}{0.063} = 0.25$$

d_0 – діаметр осердя в зоні завантаження

7. Дотичне напруження

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{W_p} = \frac{2850}{48.9 \times 10^{-6}} = 58\,282\,209 \text{ Па}$$

$$W_p = \frac{\pi \times d_1^3 \times (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{\pi \times 0.063^3 \times (1 - 0.25^4)}{16} = 48.9 \times 10^{-6} \text{ м}^3$$

8. Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{екв}} &= \sqrt{\sigma_{\text{ст}}^2 + 4 \times \tau^2} = \sqrt{31\,335\,869^2 + 4 \times 58\,282\,209^2} = \\ &= 120\,702\,942 \text{ Па} = 120 \text{ МПа} \end{aligned}$$

4.3 Розрахунок корпусу екструдера

Мета: перевірка корпусу на міцність

Вихідні дані:

Внутрішній діаметр гільзи $D_1 = 63 \text{ мм}$

Зовнішній діаметр гільзи $D_2 = 90 \text{ мм}$

Зовнішній діаметр корпусу $D_3 = 110 \text{ мм}$

Межа плинності матеріалу гільзи $\sigma_{T_r} = 850 \text{ МПа}$

Межа плинності матеріалу корпусу $\sigma_{Тк} = 250$ Мпа

Потужність приводу $N = 75$ кВт

Тиск розплаву $P = 13$ МПа

ККД розплаву $\eta = 0,92$

1. Осьова сила:

$$Q = \frac{P \times \pi \times D^2}{4} = \frac{13 \times 3.14 \times 63^2}{4} = 40.5 \times 10^3 \text{ Н}$$

2. Осьове напруження, що розтягує:

$$\sigma_z = \frac{Q}{S} = \frac{4 \times Q}{\pi \times (D_3^2 - D_2^2)} = \frac{4 \times 40.5 \times 10^3}{\pi \times (0.11^2 - 0.09^2)} = 12.89 \times 10^6 \text{ Н/м}^2$$

3. Момент обертання, що діє на циліндр:

$$M_{кр} = 30 \times \frac{N}{n \times \pi} = 30 \times \frac{75}{250 \times \pi} = 2.86 \text{ кНм}$$

4. Відношення діаметрів:

$$\alpha = \frac{D_1}{D_3} = \frac{0,063}{0,11} = 0.57$$

5. Полярний момент опору:

$$W = \frac{\pi \times D_3^3}{16} \times (1 - \alpha^4) = \frac{\pi \times 0.11^3}{16} \times (1 - 0.57^4) = 23,4 \times 10^{-5} \text{ м}^3$$

6. Дотичні напруження при обертанні :

$$\tau_{об} = \frac{M_{об}}{W} = \frac{2.86 \times 10^3}{23.4 \times 10^{-5}} = 12,2 \times 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

7. Приведена напруга по третій теорії міцності :

$$\begin{aligned} \sigma_{пр} &= \sqrt{\sigma_z^2 + 4 \times \tau_{об}^2} = \sqrt{(12.89 \times 10^6)^2 + 4 \times (12,2 \times 10^6)^2} = \\ &= 27,6 \times 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \end{aligned}$$

8. Запас міцності:

$$n = \frac{[\sigma_T]}{\sigma_{пр}} = \frac{850 \times 10^6}{27,6 \times 10^6} = 30.8 > [n] = 1,4$$

9. Осьові напруження, що виникають у корпусі:

$$\sigma_r = \frac{R_2^2}{(R_3^2 - R_2^2)} \left(1 - \frac{R_3^2}{R_1^2} \right) P = \frac{0.045^2}{(0.055^2 - 0.045^2)} \left(1 - \frac{0.055^2}{0.032^2} \right) \times 13 \times 10^6$$

$$= -51 \times 10^6 \text{ Па}$$

$$\sigma_\theta = \frac{R_2^2}{(R_3^2 - R_2^2)} \left(1 + \frac{R_3^2}{R_1^2} \right) P = \frac{0.045^2}{(0.055^2 - 0.045^2)} \left(1 + \frac{0.055^2}{0.032^2} \right) \times 13 \times 10^6$$

$$= 104.1 \times 10^6 \text{ Па}$$

10. Осьові напруження, що виникають на внутрішній поверхні:

$$\sigma_r = -P = -13 \text{ МПа}$$

$$\sigma_z = \frac{R_2^2}{(R_3^2 - R_2^2)} \times P = \frac{0.045^2}{0.055^2 - 0.045^2} \times 13 \times 10^6 = 26,3 \times 10^6 \text{ Па}$$

$$\sigma_\theta = \frac{R_3^2 + R_2^2}{(R_3^2 - R_2^2)} \times P = \frac{0.055^2 + 0.045^2}{(0.055^2 - 0.045^2)} \times 13 \times 10^6 = 65,7 \times 10^6 \text{ Па}$$

11. Еквівалентні напруження по третій теорії міцності:

$$\sigma_{\text{екв}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_r - \sigma_\theta)^2 + (\sigma_r - \sigma_z)^2 + (\sigma_\theta - \sigma_z)^2} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(-13 - 65,7)^2 + (-13 - 26,3)^2 + (65,7 - 26,3)^2}$$

$$= 6193,69 + 1544,49 + 1552,36 = 68.1 \text{ МПа}$$

12. Запас міцності по границі текучості:

$$n = \frac{[\sigma_T]}{\sigma_{\text{екв}}} = \frac{250 \times 10^6}{68.1 \times 10^6} = 3.67 > [n] = 1,4$$

Робимо висновок, що корпус екструдера вибраний та розрахований вірно.

4.4 Розрахунок коефіцієнта опору геометричної головки екструдера

$$K_{\text{зар}} = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4} + \frac{1}{K_5}}$$

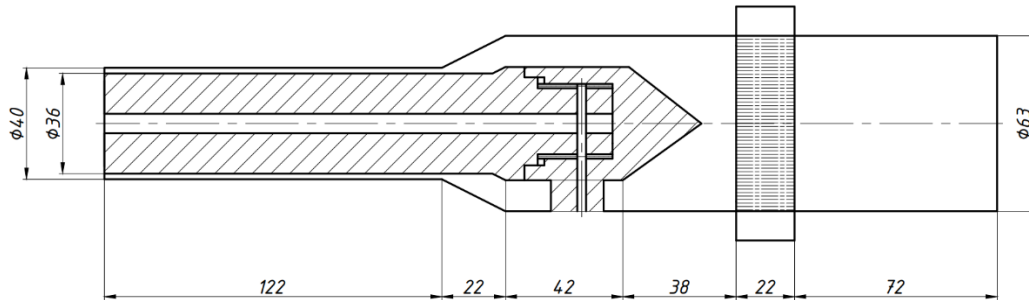
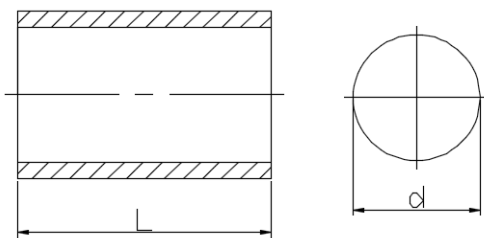


Рис. 4.1 – Схема геометричної головки екструдера

1. 120 круглих циліндричних отворів:

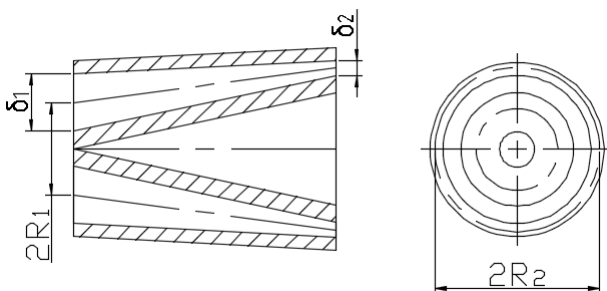
$L=22$ мм; $d=2$ мм.



$$K_1 = \frac{\pi d^4}{128L} \cdot 120 = \frac{3.14 \cdot 2^4}{128 \cdot 22} \cdot 120 = 2,14 \text{ мм}^3.$$

2. Конічний кільцевий з конічною щілиною:

$L=38$ мм; $R_1=15,75$ мм; $R_2=26$ мм; $\delta_1=31,5$ мм; $\delta_2=11$ мм.



$$\omega = \left(\frac{R_1 - R_2}{R_1 \delta_2 - R_2 \delta_1} \right)^2 \ln \left(\frac{R_1 \delta_2}{R_2 \delta_1} \right) - \frac{(R_1 - R_2)(\delta_1 - \delta_2)}{(R_1 \delta_2 - R_2 \delta_1) \delta_1 \delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2 \delta_1^2 \delta_2^2};$$

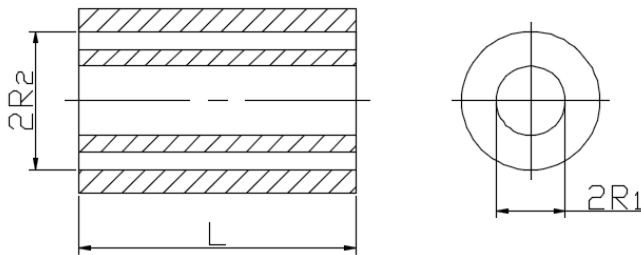
$$\omega = \left(\frac{15,75 - 26}{15,75 \cdot 11 - 26 \cdot 31,5} \right)^2 \ln \left(\frac{15,75 \cdot 11}{26 \cdot 31,5} \right) - \frac{(15,75 - 26)(31,5 - 11)}{(15,75 \cdot 11 - 26 \cdot 31,5) \cdot 31,5 \cdot 11} - \frac{31,5^2 - 11^2}{2 \cdot 31,5^2 \cdot 11^2} =$$

$$= -0,00496.$$

$$K_2 = \frac{\pi(R_1 \delta_2 - R_2 \delta_1)}{6L\omega} = \frac{3,14 \cdot (15,75 \cdot 11 - 26 \cdot 31,5)}{6 \cdot 38 \cdot (-0,00496)} = 1793 \text{ мм}^3$$

3. Круглий кільцевий:

$L=42 \text{ мм}; d_1=63\text{мм}; d_2=40\text{мм}.$



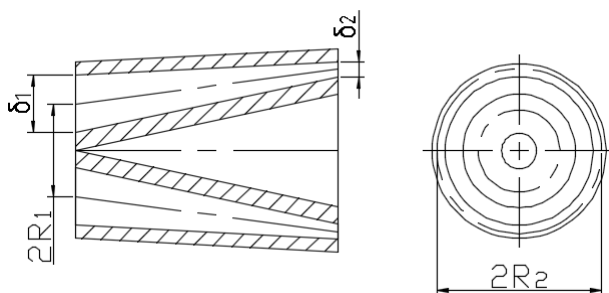
$$R_1 = \frac{d_1}{2} = \frac{63}{2} = 31,5 \text{ мм};$$

$$R_2 = \frac{d_2}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ мм}.$$

$$K_3 = \frac{\pi(R_1 + R_2)(R_2 - R_1)^2}{12 \cdot L} = \frac{3,14 \cdot (31,5 + 20)(20 - 31,5)^2}{12 \cdot 42} = 42,433 \text{ мм}^3$$

4. Конічний кільцевий з конічною щілиною:

$L=22 \text{ мм}; R_1=26 \text{ мм}; R_2=19 \text{ мм}; \delta_1=11 \text{ мм}; \delta_2=2 \text{ мм}.$



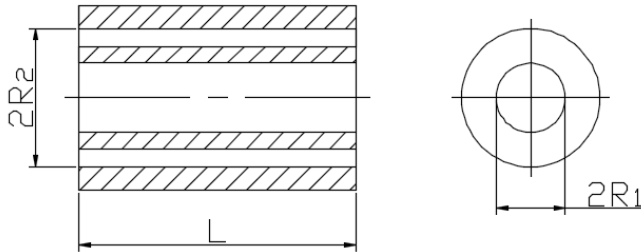
$$\omega = \left(\frac{R_1 - R_2}{R_1 \delta_2 - R_2 \delta_1} \right)^2 \ln \left(\frac{R_1 \delta_2}{R_2 \delta_1} \right) - \frac{(R_1 - R_2)(\delta_1 - \delta_2)}{(R_1 \delta_2 - R_2 \delta_1) \delta_1 \delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2 \delta_1^2 \delta_2^2};$$

$$\omega = \left(\frac{26 - 19}{26 \cdot 2 - 19 \cdot 11} \right)^2 \ln \left(\frac{26 \cdot 2}{19 \cdot 11} \right) - \frac{(26 - 19)(11 - 2)}{(26 \cdot 2 - 19 \cdot 11) \cdot 11 \cdot 2} - \frac{11^2 - 2^2}{2 \cdot 11^2 \cdot 2^2} = -0,104.$$

$$K_4 = \frac{\pi(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)}{6L\omega} = \frac{3,14 \cdot (26 \cdot 2 - 19 \cdot 11)}{6 \cdot 22 \cdot (-0,104)} = 35,91 \text{ мм}^3$$

5. Круглий кільцевий

$L= 122 \text{ мм}; d_1= 40 \text{ мм}; d_2= 36 \text{ мм}.$



$$R_1 = \frac{d_1}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ мм}; \quad R_2 = \frac{d_2}{2} = \frac{36}{2} = 18 \text{ мм}.$$

$$K_5 = \frac{\pi(R_1 + R_2)(R_2 - R_1)^2}{12 \cdot L} = \frac{3,14 \cdot (20 + 18)(18 - 20)^2}{12 \cdot 122} = 0,326 \text{ мм}^3.$$

6. Розраховуємо коефіцієнт геометричної форми головки:

$$K_{\text{зар}} = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4} + \frac{1}{K_5}} = \frac{1}{\frac{1}{2,14} + \frac{1}{1793} + \frac{1}{42,433} + \frac{1}{35,91} + \frac{1}{0,326}} = 0,2788 \text{ мм}^3$$

4.5 Розрахунок продуктивності черв'яка

Мета: визначення продуктивності роботи черв'яка

Вихідні дані:

Діаметр черв'яка $D=63 \text{ мм}$

Крок нарізки витків $t=63 \text{ мм}$

Ширина витка $e=6,3 \text{ мм}$

Глибина нарізки в зоні дозування $h_2=3,52 \text{ мм}$

Зазор між гребнем черв'яка і корпусом $\delta=0,126$ мм

Коефіцієнт опору геометричної форми головки $K_{\text{заг}}=0,2788\text{мм}^3$

Довжина зони дозування черв'яка $l_{\text{д}}=756$ мм

Густина ПНТ $\rho=960$ кг/мм³

1. Кут нахилу лінії нарізки:

$$\varphi = \arctg \frac{t}{\pi D} = \arctg \frac{63}{3,14 \cdot 63} = 0,318 \text{ рад.}$$

2. Коефіцієнт прямого потоку:

$$\alpha = \frac{\pi D h_2 (t - e) \cos^2 \varphi}{2} = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 3,52 \cdot (63 - 6,3) \cdot \cos^2(0,318)}{2} = 19\,750,3 \text{ мм}^3.$$

3. Коефіцієнт зворотного потоку:

$$\beta = \frac{h_2^3 (t - e) \sin 2\varphi}{24 l_{\text{д}}} = \frac{3,52^3 \cdot (63 - 6,3) \cdot \sin(2 \cdot 0,318)}{24 \cdot 756} = 0,0015 \text{ мм}^3.$$

4. Коефіцієнт потоку витоків:

$$\gamma = \frac{\pi^2 D^2 \delta^3 \cdot \text{tg} \varphi \cdot \sin \varphi}{10 e \cdot l_{\text{д}}} = \frac{3,14^2 \cdot 63^2 \cdot 0,126^3 \cdot \text{tg}(0,318) \cdot \sin(0,318)}{10 \cdot 6,3 \cdot 756} = 0,000169 \text{ мм}^3.$$

5. Об'ємна секундна продуктивність:

$$Q = \frac{\alpha K n}{K + \beta + \gamma} = \frac{19\,750 \cdot 0,2788 \cdot 2}{0,2788 + 0,0015 + 0,000169} = 39\,265 \text{ мм}^3/\text{с.}$$

6. Вагова продуктивність:

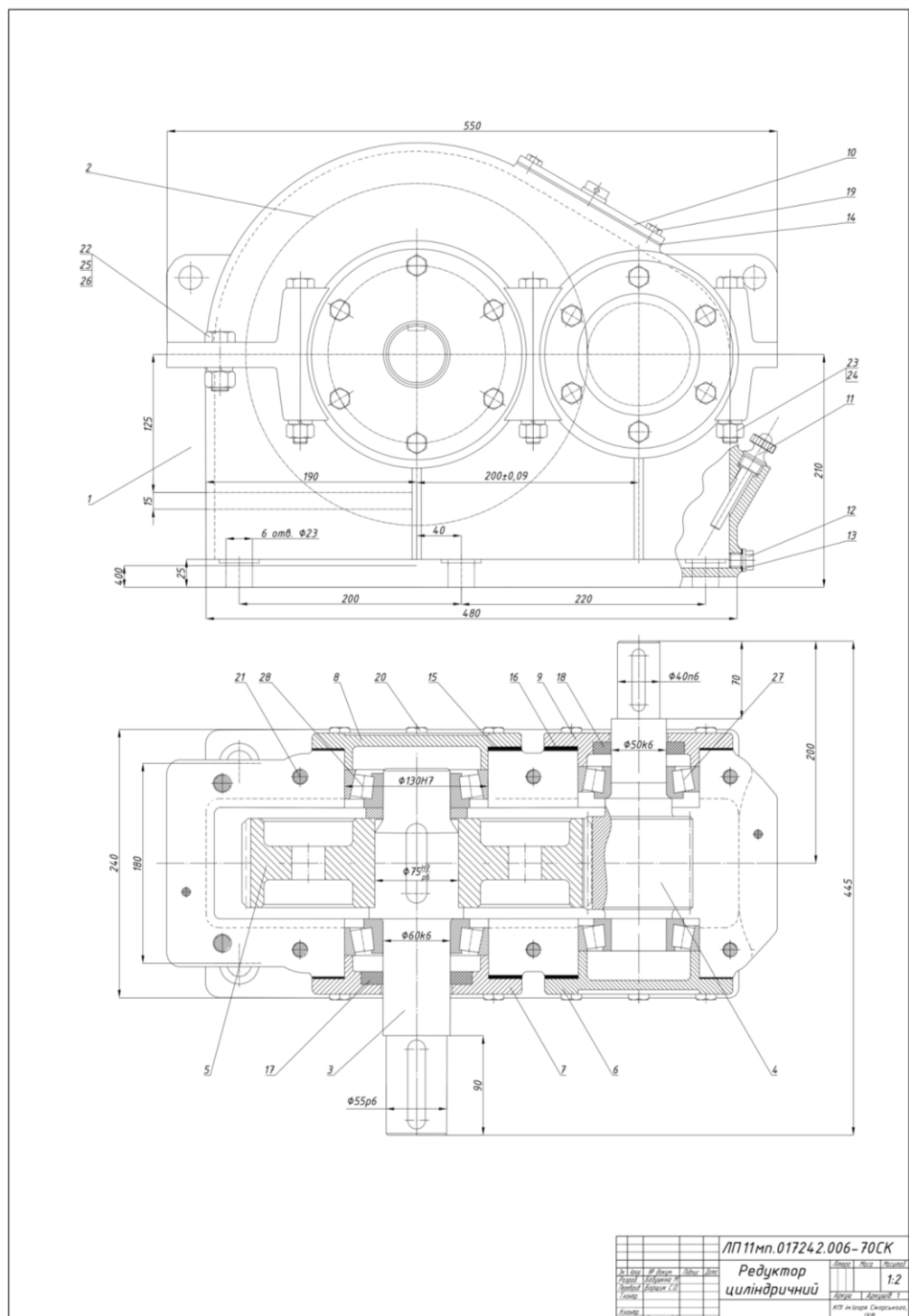
$$\Pi = 3600 \cdot Q \cdot \rho \cdot 10^{-9} = 3600 \cdot 39\,265 \cdot 960 \cdot 10^{-9} = 136 \text{ кг/год.}$$

5 ДОЦІЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ ТА ВИКОРИСТАННЯ ЕКСТРУДЕРА

5.1 Монтаж і експлуатація

5.1.1 Технологія збирання редуктора

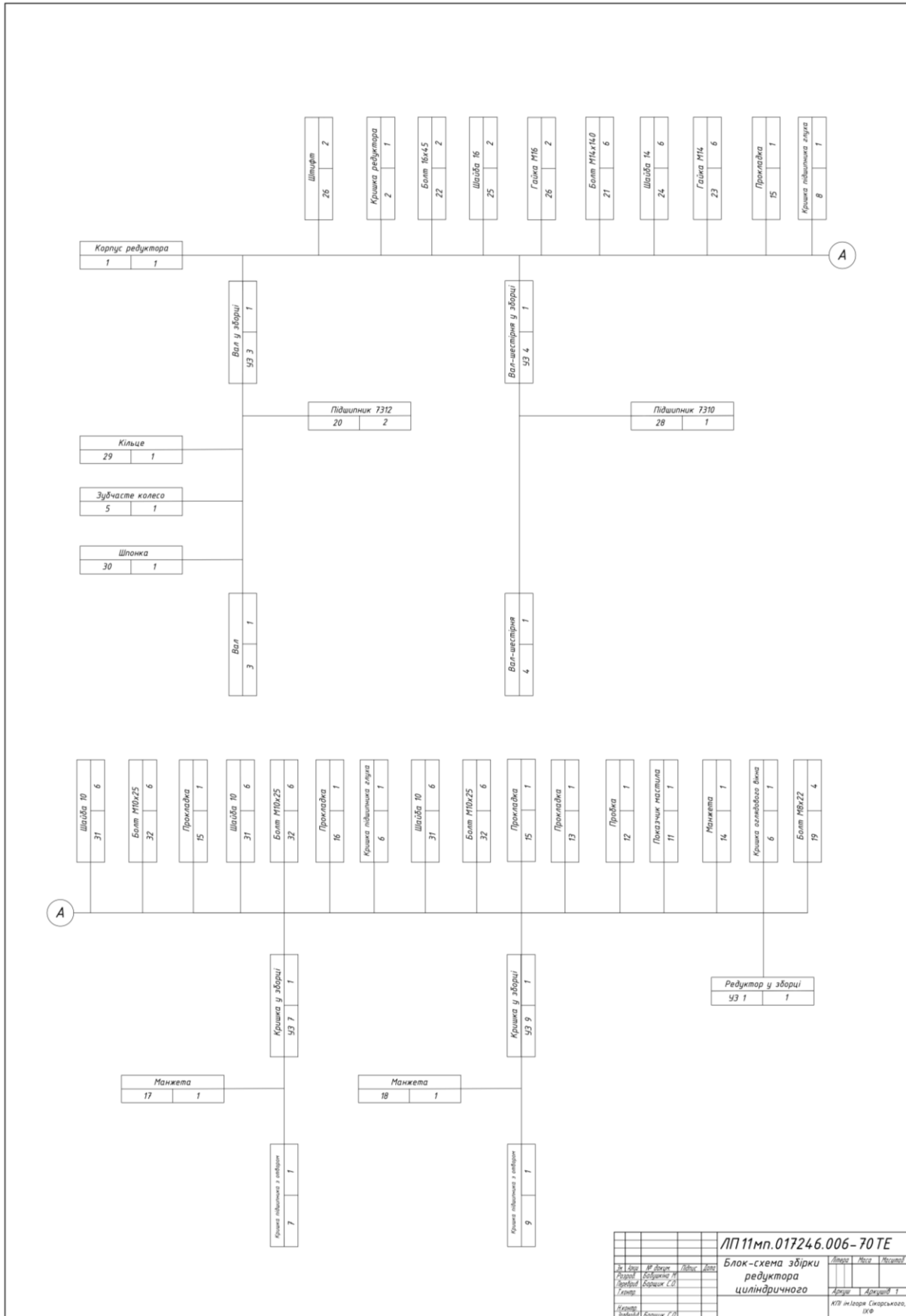
5.1.1.1 Креслення редуктора циліндричного



5.1.1.2 Специфікація редуктора циліндричного

| Форм. | Зона | Поз. | Позначення | Найменування | К-ть. | Примітка. |
|-----------|--------------|----------|------------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------|
| | | | | <u>Документація</u> | | |
| | | | | <u>Деталі</u> | | |
| | | 1 | | Корпус редуктора | 1 | |
| | | 2 | | Кришка редуктора | 1 | |
| | | 3 | | Вал | 1 | |
| | | 4 | | Вал шестірня | 1 | |
| | | 5 | | Зубчасте колесо | 1 | |
| | | 6 | | Кришка підшипника глуха | 1 | |
| | | 7 | | Кришка підшипника з отвором | 2 | |
| | | 8 | | Кришка підшипника глуха | 1 | |
| | | 9 | | Кришка підшипника з отвором | 1 | |
| | | 10 | | Кришка оглядового вікна | 1 | |
| | | 11 | | Показчик мастила | 1 | |
| | | 12 | | Пробка | 1 | |
| | | 13 | | Прокладка | 1 | |
| | | 14 | | Манжета | 1 | |
| | | 15 | | Прокладка кришки підшипника з отвором | 1 | |
| | | 16 | | Прокладка кришки підшипника з отвором | 1 | |
| | | 17 | | Манжета | 1 | |
| | | 18 | | Манжета | 1 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | ЛП11мп.017246.006-70TE | | |
| Зм | Арк | Недокум. | Підпис | Дата | | |
| Розробив | Бабушкіна М. | | | | Літ. | Аркуш |
| Перевірів | | | | | | Аркушів |
| | | | | | | 1 |
| | | | | | | 3 |
| Н.контр. | Борщук С.О. | | | | НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського | |
| Затвердив | Борщук С.О. | | | | циліндричний | |

5.1.1.3 Блок-схема збирання редуктора



| | | | | | | | | | |
|--|---------|---|---------|---------|---|--|---------|--------|-----------|
| | | | | | ЛП 11мп.017246.006-70 TE | | | | |
| № | Діаметр | № | Діаметр | Діаметр | Блок-схема збірки редуктора циліндричного | | Діаметр | Розмір | Підшипник |
| 1 | 10 | 2 | 10 | 10 | | | 10 | 10 | 1 |
| Крішка лівця Крішка правця Манжета Прокладка Шайба Болт Гайка Шпонка Зубчасте колесо Кільце Вал Вал-шестерня Підшипник Корпус редуктора | | | | | | | | | |
| К17 м.Історія Сіверського ІХФ | | | | | | | | | |

5.1.1.4 Операційна карта збирання редуктора

| | | | | | | | | | | | |
|---|--|---------------|--|--------------|--|-----------------------|---------------------|---------------|------------------|------------|--------|
| Інв. №дубл. | | Підпис і дата | | Взам. Інв. № | | Інв. №дубл | | Підпис і дата | | | |
| Операційна карта слюсарних слюсарно-складальних та електромонтажних робіт | | | | | | | | | | | |
| № цеха | | № участ | | № опер | | Найменування операції | | | | Обладнання | |
| Складання редуктора | | | | | | | | | | | |
| № періоду | Зміст переходу | | | | | | Технологічний режим | К-сть | Приспосовання | Інструмент | То, хв |
| 1 | На вал 3 встановити колесо 5. З двох сторін вала 3 напресувати підшипник 20. Вал у зборі встановити в коробку редуктора. | | | | | | Вал | 1 | Гідропрес 150 кН | Надставка | 30 |
| | | | | | | | Зубчасте колесо | 1 | | | |
| | | | | | | | Підшипник | 2 | | | |
| 2 | Зафіксувати вал 3 штифтом 26. | | | | | | Вал | 1 | | | 5 |
| | | | | | | | Штифт | 2 | | | |
| 3 | Вал 3 закрити кришкою 2, закріпити болтами 22. | | | | | | Вал | 1 | | Викрутка | 10 |
| | | | | | | | Кришка редуктора | 1 | | | |
| | | | | | | | Болт М16х45 | 2 | | | |

| № періоду | Зміст переходу | | | | | | Технологічний режим | К-сть | Приспосовання | Інструмент | То, хв | |
|-----------|--|------|--------|--------|------|-----|---------------------|----------|------------------|------------|-----------|-------------|
| 4 | Напресувати підшипник 20 на вал-шестірню 4. | | | | | | Вал-шестірня | 1 | Гідропрес 150 кН | Надставка | 25 | |
| | | | | | | | Підшипник | 1 | | | | |
| 5 | Встановити кришку 7. Закріпити кришку 7 болтами 32. | | | | | | Кришка | 1 | | Викрутка | 10 | |
| | | | | | | | Болт М10х25 | 6 | | | | |
| 6 | Зверху на кришку 7 встановити кришку 9. Прикрутити кришку 9 болтами 32. | | | | | | Кришка | 1 | | Викрутка | 5 | |
| | | | | | | | Болт М10х25 | 6 | | | | |
| | Циліндричний редуктор повністю зібраний. | | | | | | | | | | | |
| 7 | Перевірити працездатність. Механізм повинен працювати без заїздів і скрипів. | | | | | | | | | | | |
| | Загальний час складання | | | | | | | | | | 85 | |
| | | | | | | | | Розробив | Бабушкіна М. | | Аркушів | |
| | | | | | | | | | | | 2 | |
| | | | | | | | | Керівник | | | Аркуш | |
| | | | | | | | | | | | 2 | |
| | Зм. | Лист | №докум | Підпис | Дата | Ізм | Лист | №докум | Підпис | Дата | Затвердив | Борщук С.О. |

5.1.2.2 Карта ескізів монтажу екструдера

Застропити, підняти станину з екструдером, встановити фундаментні болти у відповідні отвори станини, надіти шайби. Нагвинтити гайки, станину опустити за місцем.

| Інв. № справ. | Підпис і дата | Взам. Інв. № | Інв. № дубл. | Підпис і дата | | |
|---------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------------------|--|
| | | | | | Карта ескізів | |
| | | | | | Монтаж екструдера | |
| | | | | | <i>Номер операції</i> | |
| | | | | | | |
| | | | | | | Розробив <i>Бабушкіна М.</i> Перевірив <i>Борщик С.О.</i> |
| | | | | | | Арк. 1 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | Зм. | Арк. |
| | | | | | | Н. Контр. Аркушів 1 |

5.1.3 Змащення машини

5.1.3.1 Карта змащення

1. Опора валу: УС-3
2. Вузол опірнього підшипника: мастило ТАП-15
3. Муфта: УС-3
4. Екструзійна голівка: EFELE SO-780 SPRAY

| Інв. № справ. | Підпис і дата | Взам. Інв. № | Інв. № дубл. | Підпис і дата | | | | | | | | |
|----------------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|----------------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------|---------------------|-------------|
| Карта ескізів | | | | | Змащення екструдера | | | | | <i>Номер операції</i> | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | <i>Розробив</i> | <i>Бабушкіна М.</i> | <i>Арк.</i> |
| | | | | | | | | | | <i>Перевірів</i> | <i>Борщик С.О.</i> | <i>1</i> |
| | | | | | | | | | | <i>Аркушів</i> | <i>1</i> | |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | <i>Н. Контр.</i> | | |

5.2 Розробка стартап-проекту

5.2.1 Опис ідеї проекту

Метою стартап-проекту є виробництво якісних полімерних труб для водопостачання та каналізації, використовуючи полімерні матеріали широкої номенклатури. Основна ідея, напрями її застосування та вигода для користувача надається у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Опис ідеї проекту

| Зміст ідеї | Напрямки застосування | Вигода для користувача |
|--|--|---|
| Виробництво полімерних труб для водопостачання та каналізації, використовуючи полімерні матеріали широкої номенклатури | Будівельні, інженерні та інші компанії, які спеціалізуються на будівництві | Підвищення терміну дії та якості труб завдяки використанню різних полімерних матеріалів |

Аналіз економічних та технічних потенційних переваг узгоджується з пропозиціями конкурентів:

- визначено попереднє коло конкурентів, які вже існують на ринку та збирають інформацію про важливі економічні та технічні проекти для ідеального власника та конкурентних проектів; - порівняльний аналіз результатів: для власної роботи, які мають а) слабкі (гірші) значення (W); б) нейтральні (аналогічні) значення (N) ; в) сильні (кращі) значення (S) (таблиця 5.2).

Таблиця 5.2 – Визначення сильних, нейтральних та сильних сторін

| № | Характеристики ідеї | Потенційні конкуренти | | | | W | N | S |
|----|--|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---|---|---|
| | | Мій проект | «МехБуд» Конкурент 1 | «Lindec» Конкурент 2 | «Sistar» Конкурент 3 | | | |
| 1. | Виробництво обладнання | + | + | + | + | | | + |
| 2. | Різноманітність у виробництві матеріалів для обслуговування обладнання | + | + | + | - | | + | |
| 3. | Наукові дослідження та аналіз в різних галузях виробництва | + | + | - | - | | | + |
| 4. | Транспортування (доставка) продукції | - | - | + | + | + | | |

Порівнюючи усі характеристики стартап-проекту із конкурентними можна зробити такі висновки:

Слабкі сторони проекту: транспортування – воно відсутнє, «Sistar» має доставку по всім регіонам України, а «Lindec» - по Європі.

Нейтральні (аналогічні) сторони проекту: таку послугу як різноманітність у виробництві матеріалів для обслуговування обладнання мають усі конкуренти, але проект може конкурувати зі «Sistar», так як конкурент працює у більшості випадків лише зі сталлю.

Сильні сторони проекту: виробництво труб із різноманітних полімерів та наукові дослідження та аналіз у різних галузях виробництва. Переваги проекту в тому, що вказані послуги можуть використовуватись не лише в будівельній галузі, а й в інших, наприклад в хімічній.

5.2.2 Технологічний аудит проекту

Проведено аналіз техніко-економічних характеристик ідеї, а також досліджено динаміку ринку полімерної продукції в Україні та у світі за останні роки.

Проаналізувавши динаміку ринку, можна зробити висновок, що ринок знаходиться на етапі зростання. Збільшуються обсяги використання та потреба в полімерних матеріалах завдяки їх властивостям у більшості галузях виробництва. Також досліджують нові, більш безпечні полімери для покращення екологічної ситуації світу, що також додає актуальності використанню полімерів.

Таблиця 5.3 Технологічна здійсненність ідеї проекту

| № п/п | Ідея проекту | Технології її реалізації | Наявність технологій | Доступність технологій |
|---|-----------------------------|--|--|------------------------|
| 1 | Надання інженерних послуг | Оренда приміщення, що оснащено комп'ютерним обладнанням та спеціальним програмним забезпеченням. | Дані технології існують. Залучення освічених фахівців, що мають спеціальну освіту, купівля ліцензій на програмне забезпечення | Технології доступні. |
| 2 | Виробництво полімерних труб | Виробництво продукції із використанням полімерів широкої номенклатури, яке підвищує якість та довговічність полімерних труб. | Дані технології існують. Залучення освічених фахівців, що мають спеціальну освіту, а також використання сучасних матеріалів при виробництві, наприклад полімери. | Технології доступні. |
| Обрана технологія реалізації ідеї проекту: новітні матеріали для виробництва та хімічні технології. | | | | |

5.2.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Полімери сьогодні знаходять широке застосування в багатьох галузях промисловості: медицині та фармакології, харчової та хімічної технології, будівництві, приладо- та автомобілебудуванні, у легкій промисловості при виготовленні товарів широкого споживання.

Таблиця 5.4 Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

| № п/п | Показники стану ринку (найменування) | Характеристика |
|-------|--|--------------------|
| 1 | Кількість головних гравців, од | 4 |
| 2 | Загальний обсяг продаж, грн/ум.од | 200000 |
| 3 | Динаміка ринку (якісна оцінка) | Зростає |
| 4 | Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень) | Обмеження відсутні |
| 5 | Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації | ISO, ГОСТ, ДСТУ |
| 6 | Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), % | 70% |

Обсяг застосування полімерних матеріалів, що збільшується щорічно, обумовлений високою функціональністю цих матеріалів і легкістю переробки в товари промислового призначення в порівнянні з іншими матеріалами, що застосовуються в даних галузях (метали, мінеральні будівельні матеріали тощо). Тим часом спектр екологічних проблем, пов'язаних із виробництвом, переробкою, експлуатацією та утилізацією даних компонентів досить широкий.

Таблиця 5.5 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

| № п/п | Потреба, що формує ринок | Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку) | Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів | Вимоги споживачів до товару |
|-------|---|---|---|--|
| 1 | Необхідність інноваційних, ефективних, економічно-вигідних та якісних проектів. | Хімічні та будівельні компанії, компанії, що спеціалізуються на нафтопереробці. | Виробництво продукції згідно усім нормам та стандартів. | Якість Швидкість Доступність Відповідність вимогам та стандартам Довговічність |

Аналіз ринкового середовища приведено у таблицях 5.6 – 5.11

Таблиця 5.6 – Ситуаційний аналіз факторів макромаркетингового середовища

| ФАКТОРИ | ВПЛИВ | | Наші дії |
|---|--|---|---|
| | проблема | можливість | |
| ЕКОНОМІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ 1. Фінансування галузі | Низький продаж продукту | | Співробітництво з іншими компаніями зі схожим напрямом |
| | 2. Зростання цін | Збільшення ціни на складові продукту (обладнання, матеріали і т.д.) | Зміна постачальників складових частин продукту |
| ПОЛІТИКО-ПРАВОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ 1. Регулювання економіки державою | Контроль над визначеною галуззю економіки, монополія | | Моніторинг ціноутворення на ринку |
| | 2. Політично-соціальні конфлікти | Війна, руйнація енергетичної системи | Використання альтернативних джерел енергії під час виробництва (генератори, акумулятори тощо) |
| ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ 1. Отримання екологічно чистої сировини та матеріалів | Нестача сировини та матеріалів | | Охорона навколишнього середовища |
| | 2. Забруднення під час виробництва | Забруднення повітря та інших природних джерел | |
| ДЕМОГРАФІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ 1. Наявність бази потенційних співробітників для стажування | | Кваліфіковані робітники | Ефективність процесу |
| СОЦІО-КУЛЬТУРНЕ СЕРЕДОВИЩЕ 1. Запровадження норм правил поведінки | | Уникнення міжособистих суперечок на основі соціально-культурних цінностей | Підвищення ефективності за рахунок згуртованості робітників |

| | | | |
|---|--|---|---|
| НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ | | | |
| 1. Оновлення обладнання та технологій розробки продукту | | Доповнення конструкції новими функціями | Покращення параметрів конструкції |
| 2. Регулярний догляд за обладнанням | | Довговічність | Економність та підвищення якості продукту |

Аналізуючи ринкове середовище визначаються фактори, що сприяють впровадженню проекту на ринок, та фактори, які перешкоджають його реалізації.

Таблиця 5.7 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

| Особливості конкурентного середовища | В чому проявляється дана характеристика | Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною) |
|--|---|---|
| Тип конкуренції олігополія | Мала кількість спеціалістів здатних виконувати комплексну роботу, а також вузька спеціалізація робітників | Співпраця з технічними вузами, у тому числі надання можливості стажування на підприємстві |
| За рівнем конкурентної боротьби глобальний | Якісні інженерні послуги з виробництва полімерних труб необхідні кожному підприємству, а також сучасні технології і матеріали | Надання інженерних та консалтингових послуг з приводу виробництва полімерних труб, співпраця з іншими інженерними компаніями |
| За галузевою ознакою галузева | На підприємстві працюють робітники, які здатні надавати широкий спектр послуг, а також працювати з обладнанням | Наявність різноманітних розробок та можливість надання широкого спектру послуг в різних галузях виробництва |
| Конкуренція за видами товарів товарно-видова між бажаннями | Наявність нових технологій, можливість виробництва індивідуального обладнання та його модернізації | Підприємство орієнтовано на усі види бізнеса: малий, середній та великий. Є можливість проектувати обладнання під різні категорії клієнтів. |
| За характером конкурентних переваг цінова | Прагнення до зменшення витрат та підвищені якості продукції | Можливість конкурувати доступністю по ціні та якістю продукції |

Проаналізувавши конкуренцію на ринку по рівням, можна проводити більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Таблиця 5.8 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

| | Прямі конкуренти в галузі | Потенційні конкуренти | Постачальники | Клієнти | Товари-замінники |
|-------------------------|---|--|--|--|---|
| Складові аналізу | Всі підприємства, які займаються полімерним виробництвом та надають інженерні послуги | Конкурентом може стати підприємство, яке почне співпрацю з технічними вузами | Постачальники мають малий вплив на напрям, на який орієнтується проект | В основному від клієнта залежить вигляд кінцевого продукту та його функціонал | - |
| Висновки : | На даному етапі розвитку в Україні дуже мало підприємств, які можуть провести якісну оцінку роботи підприємств та вказати їхні недоліки | На сьогоднішній день будь-який інвестор може стати потенційним конкурентом, співпрацюючи з технічними вузами | Так від постачальника буде залежить час поставки комплектуючих та його мінімальна вартість | Бажання клієнта завжди на першому місці і від цього залежить кінцевий продукт та його складові | Даний пункт не є актуальним, тому що в проекті передбачається надання комплексного спектру послуг |

На основі аналізу конкуренції, проведеного в таблиці 5.8, та з урахуванням характеристик проектної ідеї (див. таблицю 5.1), визначення сильних та слабких сторін (див. таблицю 5.2) та факторів маркетингового середовища (див. таблицю 5.6) складається перелік конкурентних факторів та їх обґрунтування (таблиця 5.9). Аналіз робиться згідно таблиці 5.8.

Таблиця 5.9 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

| № п/п | Фактор конкурентоспроможності | Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим) |
|--------------|---|--|
| 1. | Функціональність | Полімерні матеріали мають широкий спектр властивостей, які можна застосувати як у виробництві, так і у ремонті обладнання. |
| 2. | Якість: сучасні матеріали програмне забезпечення обладнання | Використання комплектуючих від перевірених постачальників, застосування сучасних програм у розробленні конструкції та сучасних матеріалів. |

| | | |
|----|---------------------------------------|--|
| 3. | Потреби споживачів | На вдосконалення та оновлення продукції впливають потреби споживача. |
| 4. | Екологічність | Товар та його використання є безпечним та екологічним. |
| 5. | Стан обладнання та строк експлуатації | Завдяки властивостям полімерів, що використовуються при покритті обладнання та інструментів, стан обладнання залишається незмінним та зростає його строк експлуатації без ремонтних робіт, що дає змогу збільшити виробництво. |
| 6. | Ціна | Є потреба у доступності ціни |

Таблиця 5.10 - Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

| № п/п | Фактор конкурентоспроможності | Бали 1- 20 | Рейтинг товарів- конкурентів у порівнянні з ... (назва проекту) | | | | | | |
|-------|---------------------------------------|------------|---|----|----|-----|----|-----|----|
| | | | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 1 | Функціональність | 19 | 3 | 2 | | | 1 | | |
| 2 | Якість | 17 | | 3 | 2 | 1 | | | |
| | -сучасні матеріали | 18 | | 3 | | 1,2 | | | |
| | -програмне забезпечення | 15 | | 3 | 2 | 1 | | | |
| | -обладнання | 16 | | 3 | | 2 | 1 | | |
| 3 | Потреби споживачів | 15 | | | 3 | | 2 | 1 | |
| 4 | Екологічність | 18 | | | 3 | 1,2 | | | |
| 5 | Стан обладнання та строк експлуатації | 19 | | 2 | 3 | 1 | | | |
| 6. | Ціна | 12 | | | | | 1 | 3,2 | |

1 – «МехБуд»

2 – «Lindec»

3 – «Sistar»

Отже, на основі аналізу факторів конкурентоспроможності можна зробити такі висновки щодо стартап-проекту:

– сильні сторони: функціональність (широкий спектр виробництва та матеріалів), якість, екологічність (безпека та чистота при виробництві), стан обладнання та строк експлуатації

– слабкі сторони: ціна (дорогі матеріали), потреби споживачів.

Таблиця 5.11 – SWOT–аналіз

| | |
|---|--|
| <p style="text-align: center;">СИЛЬНІ СТОРОНИ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Висока ефективність 2. Широкий спектр застосування 3. Різноматність 4. Функціональність 5. Екологічність: чисте виробництво 6. Довговічність 7. Сучасність: матеріали, обладнання та програмне забезпечення | <p style="text-align: center;">СЛАБКІ СТОРОНИ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Висока ціна 2. Вузька спеціалізація обладнання 3. Відсутність транспортування |
| <p style="text-align: center;">МОЖЛИВОСТІ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Довговічність обладнання за рахунок властивостей полімерів 2. Різноманітний функціонал та дизайн 3. Сучасні розробки 4. Можливість розширення виробництва в інших галузях промисловості | <p style="text-align: center;">ПРОБЛЕМИ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Висока ціна 2. Тяжке видалення 3. Складність процесу 4. За рахунок вузької спеціалізації невелика клієнтура |

Отже, на основі SWOT-аналізу можна зробити висновок, що в даному стартап-проекті більше сильних сторін та можливостей, ніж слабких сторін і проблем. Більше всього виникає проблеми з високою ціною на матеріали та зі складністю процесу, який потребує обладнання вузького призначення.

5.2.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розробка ринкової стратегії для початку передбачає визначення стратегії розповсюдження ринку: вибір цільових груп потенційних споживачів (таблиця 5.12).

Таблиця 5.12 Вибір цільових груп потенційних споживачів

| № п/п | Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів | Готовність споживачів сприйняти продукт | Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту) | Інтенсивність конкуренції сегменті | Простота входу у сегмент |
|-------|---|---|---|------------------------------------|--------------------------|
| 1 | Будівельні, інженерні та інші компанії, які спеціалізуються на хімічній промисловості | Висока | Середній (залежить від якості продукту) | Висока | Середня |
| 2 | Малі приватні підприємства | Висока | Висока | Мала | Висока |

На основі даних з таблиці 5.12 робимо висновок, що можна орієнтуватися на обидві категорії споживачів. Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформуванати базову стратегію розвитку проекту (таблиця 5.13).

Таблиця 5.13 Визначення базової стратегії розвитку

| № п/п | Обрана альтернатива розвитку проекту | Стратегія охоплення ринку | Ключові конкуренто-спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи | Базова стратегія розвитку |
|-------|---|---|---|---------------------------|
| 1 | Створення інженерних проектів з виробництва полімерних труб і їх редагування з урахуванням матеріалу та обладнання (роботи) | Розповсюдження шляхом співпраці з компаніями схожого напрямку виробництва | Створення проекту з урахуванням замовлення; Редагування проекту з урахуванням можливостей виробника і наступного використання обладнання | Стратегія диференціації |

Так як ринок полімерного виробництва є доволі великим, було вирішено обрати стратегію диференціації. Так є шанс задовольнити широкий спектр клієнтів.

Далі потрібно обрати стратегію конкурентної поведінки.

Таблиця 5.14 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

| № п/п | Чи є проект «першопрохідцем» на ринку? | 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 | Ні | Буде здійснюватися пошук нових споживачів | Буде здійснюватися деяке копіювання характеристик та їх адаптація, в основному технологія виробництва та конструкція обладнання | Стратегія заняття конкурентної ніші (з переходом до стратегії наслідування лідера) |

Перспективним варіантом є копіювання деяких деталей та подальша адаптація і модернізація кінцевого продукту. Таким чином з'являється можливість вийти на один рівень з конкурентом або навіть перегнати його.

Наступним кроком є визначення стратегії позиціонування.

Таблиця 5.15 Визначення стратегії позиціонування

| № п/п | 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 | Високі технічні і технологічні характеристики, довговічність, безпека, доступна ціна | Стратегія диференціації | Показники надійності і технологічності, технічні | Якість, надійність, технічність |
| 2 | Високі технологічні характеристики, надійність і економічність, доступність | Стратегія диференціації | Показники економічні, технологічні, надійності | Технологічність, доступність, економічність |

На основі стратегії диференціації було обрано три ключових фактора, які формують стратегію позиціонування.

5.2.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Для початку розробки маркетингової програми необхідно сформулювати концепцію товару. Для цього визначаються спершу ключові переваги концепції.

Таблиця 5.16 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

| № п/п | Потреба | Вигода, яку пропонує товар | Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити) |
|-------|---------------------------|-------------------------------------|---|
| 1 | Підбір матеріалу моделі | Зменшення витрат фінансів на проект | Доцільність вибору, популяризація підходу до проектів |
| 2 | Реалізація моделі проекту | Редагування моделі | Швидкість створення, підбір властивостей з урахуванням задач споживача і мети |

Таблиця 5.17 Опис трьох рівнів моделі товару

| Рівні товару | Сутність та складові | | |
|--|--|------|----------------|
| I. Товар за задумом | Опис базової потреби споживача, яку задовольняє товар (згідно концепту), її основної функціональної вигоди: редагування моделі споживача і підбір ймовірного матеріалу для виготовлення продукту з урахуванням специфіки використання і фінансових можливостей | | |
| II. Товар у реальному виконанні | Властивості/характеристики | М/Нм | Вр/Тх /Тл/Е/Ор |
| | Надійність та довговічність Сучасні технології та матеріали | - | - |
| | Якість: виконано за всіма інженерними нормами, тестування прототипів, дотримано правил безпеки та екологічність виробництва | | |
| | Фінальний продукт: з урахуванням діючих інженерних стандартів | | |
| | Марка: назва організації-розробника + назва товару | | |
| III. Товар із підкріпленням | До продажу: ймовірна модель проекту | | |
| | Після продажу: товарний знак, схема виробництва, підбір і редагування параметрів моделі | | |
| За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: захист ідеї товару штампом та маркою | | | |

На основі даних з таблиць 5.16 та 5.17 було розроблено основну концепцію товару та її переваги. В реальному виконанні є можливість редагування враховуючи будь-які бажання клієнта, у тому числі захист авторським правом.

Далі визначається межа встановлення цін товару.

Таблиця 5.18 Визначення меж встановлення ціни

| № п/п | 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 | 150000-300000 грн | 100000 - 150000 грн | 200000 грн | Верхня:300000 грн Нижня: 150000 грн |

Отже, на основі аналізу ринку полімерного виробництва в Україні було визначено приблизну цінову межу продукцію.

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення.

Таблиця 5.19 Формування системи збуту

| № п/п | Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів | Функції збуту, які має виконувати постачальник товару | Глибина каналу збуту | Оптимальна система збуту |
|-------|--|--|----------------------|--------------------------|
| 1 | Інженерні компанії і фізичні особи, які зацікавлені в збереженні частини коштів від проекту і його успішній реалізації | Підбір матеріалу і реалізація готового проекту споживачу | Широка | Залучена |

На основі даних таблиці 5.19 було прийнято рішення обрати залучену систему збуту. Чим більше залучено зацікавлених лиц, тим більше шанс реалізації проекту.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів

Таблиця 5.20 Концепція маркетингових комунікацій

| № п/п | Специфіка поведінки цільових клієнтів | Канали комунікацій, яким й користуються цільові клієнти | Ключові позиції, обрані для позиціонування | Завдання рекламного повідомлення | Концепція рекламного звернення |
|-------|---|---|---|---|--|
| 1 | Пошук необхідного дешевого редагування стартового проекту | Соціальні мережі, різного спектру компанії | Виконання за стандартами, необхідні інженерні матеріали і модернізація загальної концепції проекту (обладнання) | Донесення цільові особливості стартап-проекту | Надійність, сучасність, доступність і якість |

Отже, підсумовуючи усі складові стартап-проекту можна зробити такі висновки:

- Ринок полімерної продукції є актуальним та має великий попит не тільки в Україні, а й в усьому світі. Динаміка цього ринку є зростаючою, що дає багато можливостей для реалізації проекту. Але й варто враховувати, що проект не є новітнім, як і сам ринок, тому є факт великої конкуренції та поява бар'єрів входження;
- Не дивлячись на високу конкуренцію, у проекту є шанси реалізуватися і вийти на один рівень з конкурентами завдяки своїм сильним сторонам та можливостям, яких в проекті багато;
- Проект має широкий спектр послуг, завдяки чому простіше буде задовольняти будь-які потреби споживачів. Також завдяки різноманітності полімерного виробництва є багато можливостей для альтернативного розвитку проекту, що дає змогу залишитися на ринку ще довготривалий час.

5.3 Охорона праці

Основні завдання служби охорони праці включають в себе впровадження спеціальних процесів різноманітні аспекти діяльності підприємства та його персоналу, що впливають на безпеку виробництва, збереження життя та здоров'я людей.

Розроблений екструдер призначений для технологічних процесів такі як переробка полімерних матеріалів. Встановлення параметрів технологічного процесу та контроль над процесом здійснює оператор технологічної лінії. Пульт оператора знаходиться в виробничому приміщенні на відстані 3 м від живильника, площа цеху $S = 1000 \text{ м}^2$, об'єм $V=5000 \text{ м}^3$. Для створення сприятливих умов та забезпечення безпечної роботи персоналу під час виробництва необхідно провести ряд заходів для виявлення шкідливих та небезпечних факторів. Машини та механізми, що проектуються, повинні відповідати вимогам техніки безпеки та виробничій санітарії. Зразок нової машини не може бути переданий у серійне виробництво доки не буде відповідати вимогам охорони праці.

5.3.1 Характеристика виробничих факторів

Виявлені основні фактори, що впливають на безпеку персоналу під час виробництва:

- повітря робочої зони ;
- виробничий шум,
- промислове освітлення;
- пожежна безпека.

5.3.2 Повітря робочої зони

Робота операторів на пересувній установці відноситься до важкої фізичної роботи через те, що установка розташована в умовах шуму, пилу. Робота в цілому проводиться в 2 зміни. Енерговитрати за таких умов праці складають більш 291-349 Дж/с (251-300 ккал/год.), тому у зв'язку з цим передбачається можливість відпочинку персонала в закритому приміщенні.

Оптимальні і фактичні значення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні для даної категорії робіт наведені у таблиці 5.21 (ГОСТ 12.1.005-88).

Таблиця 5.21 Оптимальні та фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні.

| Сезон року | Категорія робіт – III | | | | | |
|------------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|-----------------------------|---------|
| | Температура, °C | | Відносна вологість, % | | Швидкість руху повітря, м/с | |
| | Оптим. | Фактич. | Оптим. | Фактич. | Оптим. | Фактич. |
| холодний | 19-25 | 19-20 | Не більше 75 | 40-65 | Не більше 0,2 | 0,2 |
| теплий | 19-25 | 20-25 | Не більше 75 | 40-70 | Не більше 0,2 | 0,2 |

Забезпечення оптимальних температури та вологості приміщення здійснюється в зимовий час за допомогою водяного опалення з температурою теплоносія 70-90 °C, а в теплий час року вентиляцією.

Під час виробництва відбувається викид токсичних речовин - газів, пилу з відкритих резервуарів або через витоки технологічного обладнання, з завантажувального бункера, тому для видалення цих шкідливих компонентів встановлюється місцева вентиляція, а в цеху також встановлюється загальнообмінна вентиляція відповідно до ДБН В.2.5-67:2013.

Залежно від технологічного процесу компонентами для виготовлення полімерних труб можуть бути, не тільки полімери, а й різноманітні барвники та лаки для покриття труб.

Ефективна робота витяжки можлива лише в тому випадку, якщо об'єм повітря, що витікає, менший за об'єм висмоктуваного повітря. В якості вентиляції використовуємо витяжний зонт.

Приймаємо вісьовий вентилятор МЦ-4:

продуктивність вентилятора $J_B = 1200 \text{ м}^3/\text{Г}$,

розвинутий повний тиск $H_B = 65 \text{ Па}$,

кількість обертів колеса $n = 930 \text{ об/хв}$,

ККД вентилятора $\eta_B = 0,42$,

ККД приводу вентилятора $\eta_D = 0,7$.

Підбираємо електродвигун для вентилятора.

Необхідна потужність на валу електродвигуна знаходиться за формулою:

$$N = \frac{J_B \cdot H_B}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_B \eta_D} = \frac{1200 \cdot 65}{3600 \cdot 102 \cdot 0,42 \cdot 0,7} = 0,72 \text{ кВт}$$

Потужність електродвигуна N_D розраховується з коефіцієнтом запасу 1,5

Приймаємо електродвигун потужністю $N = 1,1 \text{ кВт}$ з кількістю обертів $n = 930 \text{ об/хв}$.

Щоб видалити шкідливі речовини над завантажувальним бункером та філ'єрою, встановлюються витяжки, в яких характерно те, що між джерелом і приймачем є простір, захищений від навколишнього середовища.

5.3.3 Освітлення

Правильно підібране та виконане освітлення на підприємствах забезпечує можливість нормальної роботи персоналу. Зберігання зору, стану нервової системи людини та безпека на виробництві у значній мірі також залежить від умов освітлення.

Санітарні норми вимагають максимально можливого використання природного освітлення приміщень, таким чином збільшуються шанси захистити організм, стимулюється й нормалізується робота різних його систем.

В денний час виробниче приміщення освітлюється природним світлом, тому для цього вибирається бокове освітлення, через світлові прорізи в зовнішніх стінах або вікна.

Робота з обслуговування обладнання відноситься до VI розряду підрозряду «а», тобто загальне спостереження за технологічним процесом. При цьому робоче місце оператора повинно мати освітленість робочої зони $E_{\text{нор}}=150$ лк. Обладнання працює в 3 зміни, виробництво безперервне.

Розрахунок освітлення в даному випадку буде виконуватися для темного часу доби, застосовуючи тільки загальну освітленість люмінесцентними лампами ЛДЦ-40, потужністю 40 Вт, світловим потоком $F = 2100$ лм і освітленістю $E_{\phi} = 100$ лк.

Загальне рівномірне освітлення горизонтальної поверхні при світильниках любого типу буде розраховано за методом коефіцієнта використання світлового потоку. Визначивши світловий потік однієї лампи, обираємо лампи накаливання типу Г потужністю 500 Вт та світловим потоком $F=8300$ лм при напрузі 220 В.

Отже, фактична освітленість буде $E_{\phi}=170$ лк, що і відповідає ДБН В.2.5-28:2018.

5.3.4 Виробничий шум

Джерелом шуму при виробництві полімерних труб є:

- Редуктори;
- Вентилятори;
- Система охолодження.

У результаті замірів при експлуатації обладнання значення шуму $L_{\text{вдж}} = 100$ дБА. Прийнято такі наступні обмеження для захисту від виробничого шуму:

- змащування всіх поверхонь, що труться, наявність прокладочних матеріалів;
- застосування захисних кожухів.

Це забезпечить зниження рівня шуму на $\Delta L = 30$ дБА.

Також джерелами вібрації є електродвигун та частини лінії що обертаються.

Сила вібрації починається з неточності встановлення деталей, що обертаються, з нещільним з'єднанням тіл обертових деталей до фундаменту.

У цьому випадку виникає технологічна вібрація, яка проходить через несучі поверхні до оператора. Робітник трохи піддається вібрації, оскільки він знаходиться далеко від основи машини - біля пульта управління. Таким чином, нормальна вібрація не впливає на організм оператора. Рівень технологічної вібрації у виробничому приміщенні не перевищує 90 дБ при частоті 4 Гц, що відповідає ГОСТу 12.1.012-2004.

5.3.5 Пожежна безпека

У виробничому цеху, де працює технологічна лінія виробництва полімерних труб, може вивратися наступне: змащена ганчірка, машинне масло, електропроводка, електрообладнання.

Крім того, беручи до уваги, що сировиною для виробництва труб є полімери, при перевищенні певних порогових температур деякі його компоненти можуть спалахнути:

- При перевищенні 120 °С – формальдегід, ацетальдегід, ацетон, метиловий спирт, кетони, окис та двоокис вуглецю;
- При перевищенні 150 °С – кислоти, ефіри, альдегіди, перекисні сполучення.

На основі цього: приміщення, де знаходиться лінія відноситься до категорії „В” ДСТУ Б В.1.1-36:2016, і класу зони П-Па (ПУЕ), ступінь вогнестійкості III згідно ДБН В.1.1-7:2016.

Можливі причини пожежі:

- струм, перевантаження, великі перехідні опори;
- несправність електрообладнання;
- іскри при електро- і газозварювальних роботах.

Заходи по попередженню пожежі передбачають вибір незгоряємих матеріалів, а також організаційні заходи.

В якості засобів гасіння пожежі використовують порошкові вогнегасники САМ – 9 (84 шт.). Для гасіння включених електромереж приймаємо порошкові вогнегасники ОП-10 (10 шт.).

На верхній сферичній частині кожного балона мають бути чітко нанесені тавруванням наступні дані:

- Товарний знак заводу-виробника;
- Номер балона по системі нумерації підприємства-виробника;
- Дата виготовлення(випробування) і рік наступного випробування;
- Вид термообробки;
- Робочий тиск та пробний гідравлічний тиск;
- Об'єм балона;
- Маса балона;
- Клеймо ОТК.

На момент пожежі працює пожежна сигналізація-теплові попереджувальні пристрої, такі як аварії. У разі пожежі люди повинні вийти з приміщення. Згідно до СНиП 2.09.02-85. в приміщенні є два евакуаційні виходи. Сам цех - це приміщення, розташоване на першому поверсі; ширина шляхів евакуації - не менше одного метра, а двері на маршруті евакуації - не менше 0,8 м.

6 МОДЕРНІЗАЦІЯ ЧЕРВ'ЯКА ЕКСТРУДЕРА

6.1 Розрахунок базової конструкції черв'яка екструдера в ANSYS

Метод скінченних елементів(МСЕ) являє собою потужний і надійний засіб дослідження поведінки конструкцій в умовах різних навантажень та закріплень. На сьогоднішній день існує велика кількість комплексів МСЕ, такі як ANSYS, ABAQUS тощо.

Для розрахунку було взято твердотільну модель черв'яка (базова та модернізована конструкції). Для перевірки зусиль, які діють на модель і переконання, що даний черв'як витримає задані навантаження, були виконані розрахунки в програмі ANSYS Workbench; твердотільна модель базованого та модернізованого черв'яків побудована в програмному комплексі SOLIDWORKS.

Вихідні дані:

Матеріал черв'яка екструдера – Сталь 45

- Модуль пружності $E=2 \cdot 10^5$ МПа
- Границя текучості $\sigma_T=375$ МПа
- Границя міцності $\sigma_B= 600$
- Коефіцієнт Пуассона $\nu=0,3$
- Густина $\rho=7850$ кг/м³

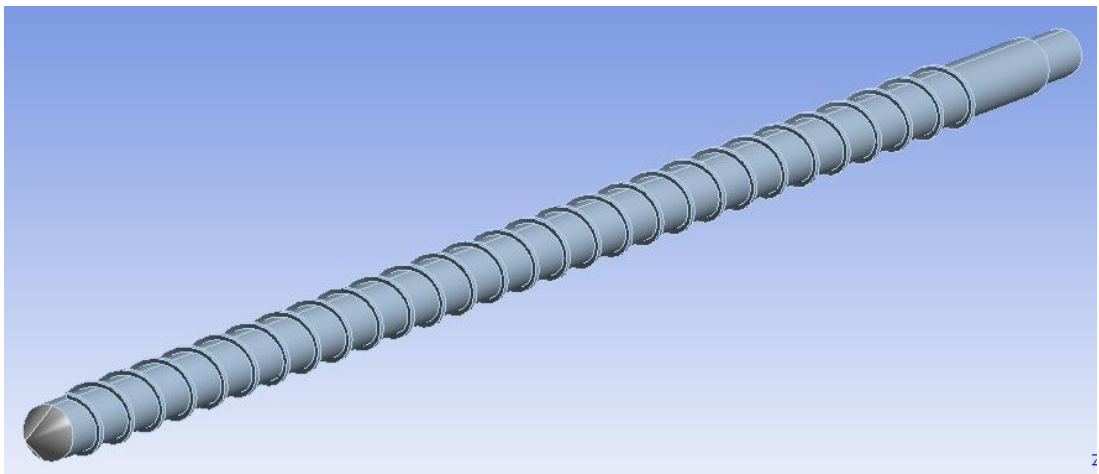


Рис. 6.1 – Твердотільна модель базової конструкції черв'яка

Будуємо сітку скінченних елементів для моделі, розмір сітки Deafault.

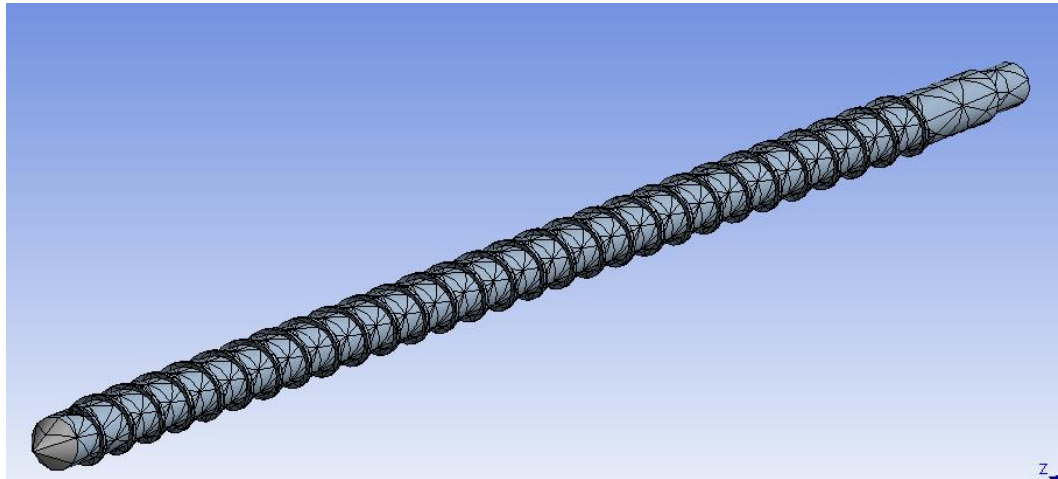


Рис 6.2 – Сітка скінченних елементів деталі

Задаємо закріплення та навантаження для моделі.

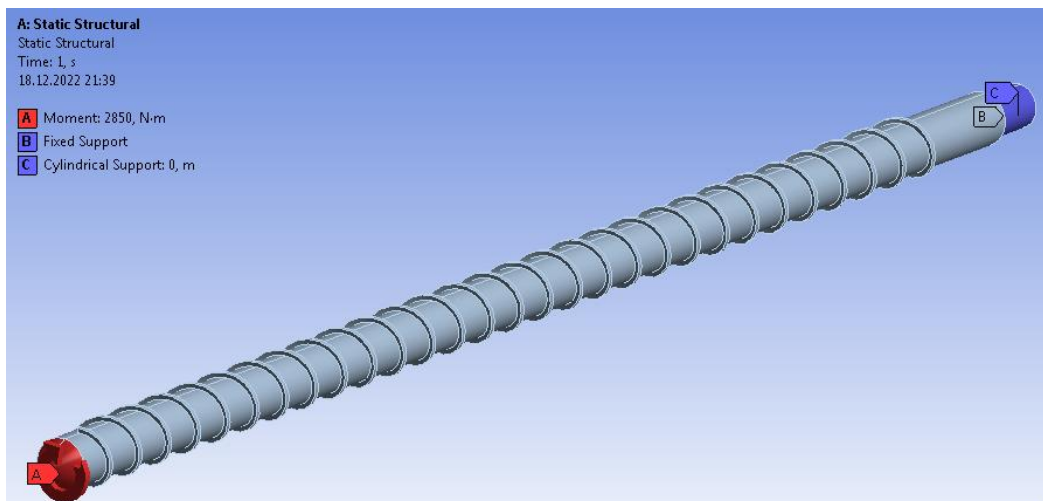


Рис 6.3 – Схема закріплень та навантажень черв'яка

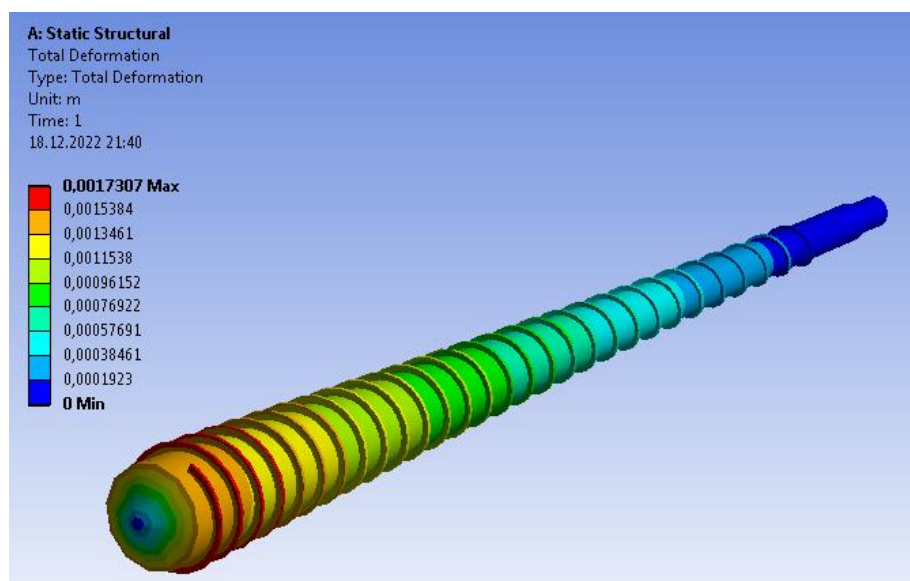


Рис 6.4 – Поле сумарних переміщень

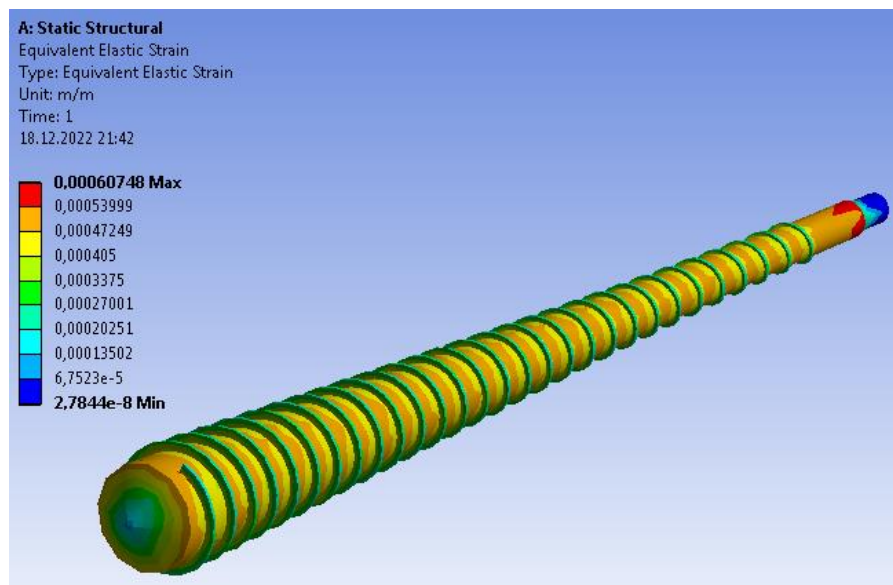


Рис 6.5 – Поле еквівалентних деформацій за Мізесом

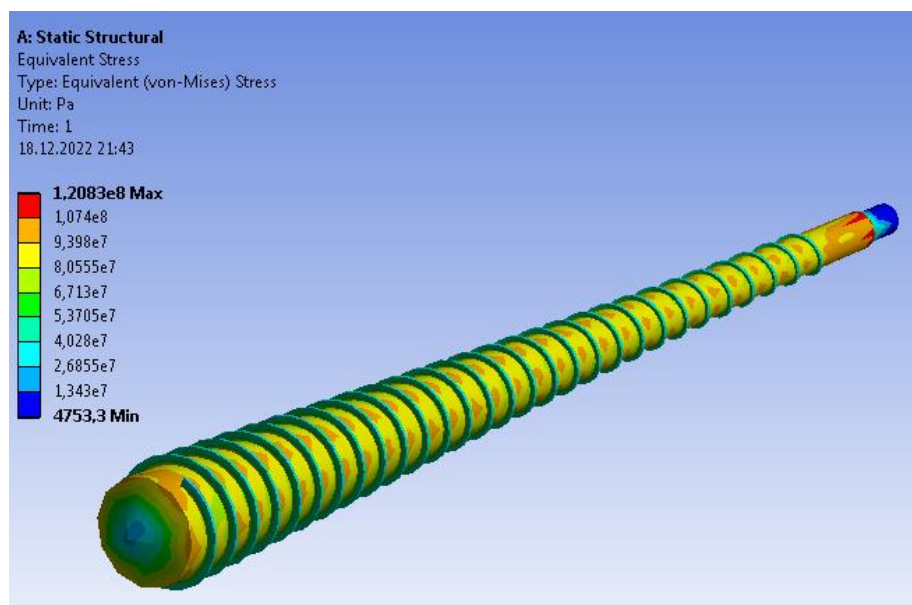


Рис 6.6 – Поле еквівалентних напружень за Мізесом

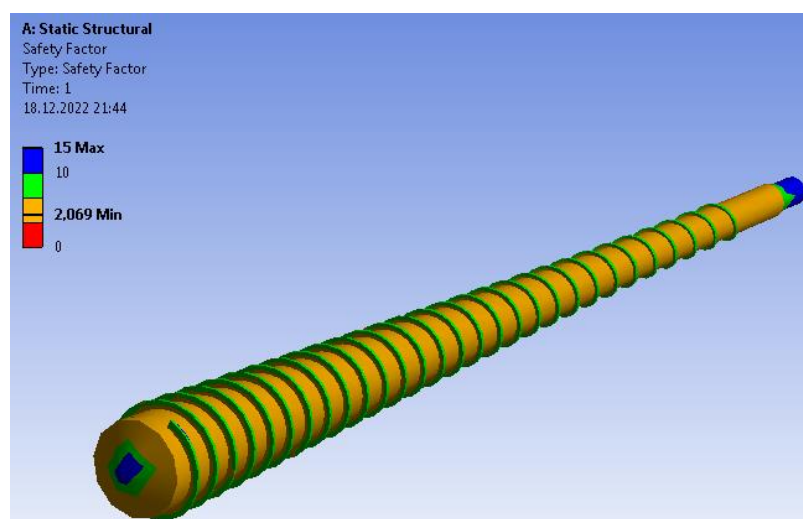


Рис. 6.7 – Поле запасу міцності

Отримане значення запасу міцності черв'яка перевищує запас міцності для сталі 45 ($n = 2,07 \geq [n] = 1; \sigma_{max} = 121 \text{ МПа} \leq \sigma_T = 375 \text{ МПа}$;

$\sigma_{max} = 121 \text{ МПа} \leq \sigma_B = 600 \text{ МПа}$), що свідчить про працездатність екструдера.

6.2 Розрахунок модернізованої конструкції черв'яка екструдера в ANSYS

Вихідні дані:

Матеріал черв'яка екструдера – Сталь 45

- Модуль пружності $E=2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$
- Границя текучості $\sigma_T=375 \text{ МПа}$
- Границя міцності $\sigma_B= 600$
- Коефіцієнт Пуассона $\nu=0,3$
- Густина $\rho=7850 \text{ кг/м}^3$

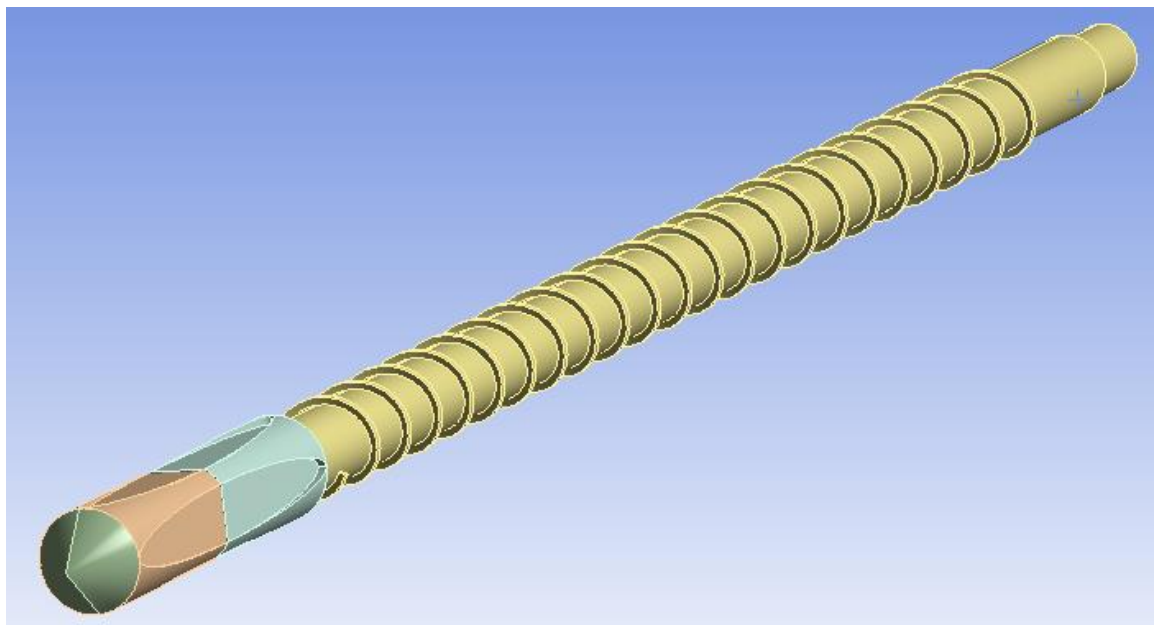


Рис. 6.8 – Твердотільна модель модернізованого черв'яка
Будуємо сітку скінченних елементів для моделі, розмір сітки 0,5 м.

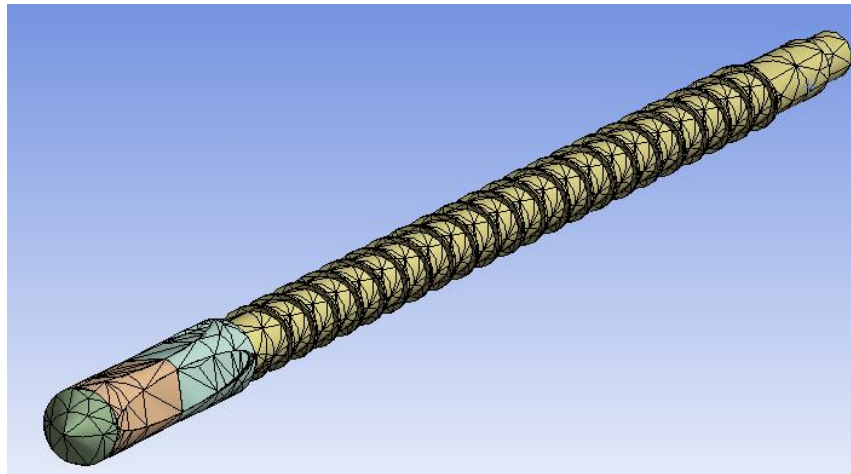


Рис 6.9 – Сітка скінченних елементів деталі

Задаємо закріплення та навантаження для моделі.

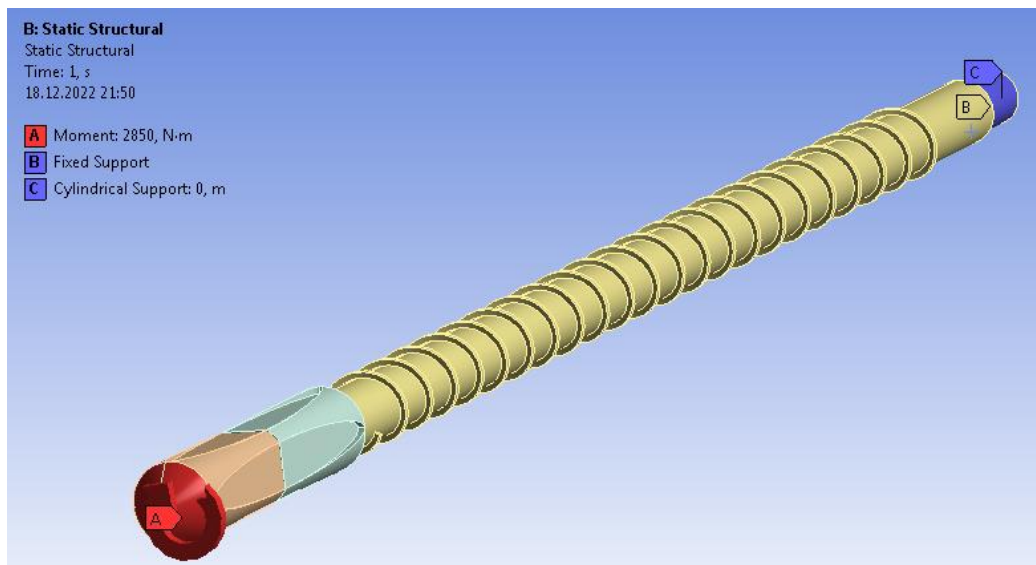


Рис 6.10 – Схема закріплень та навантажень черв'яка

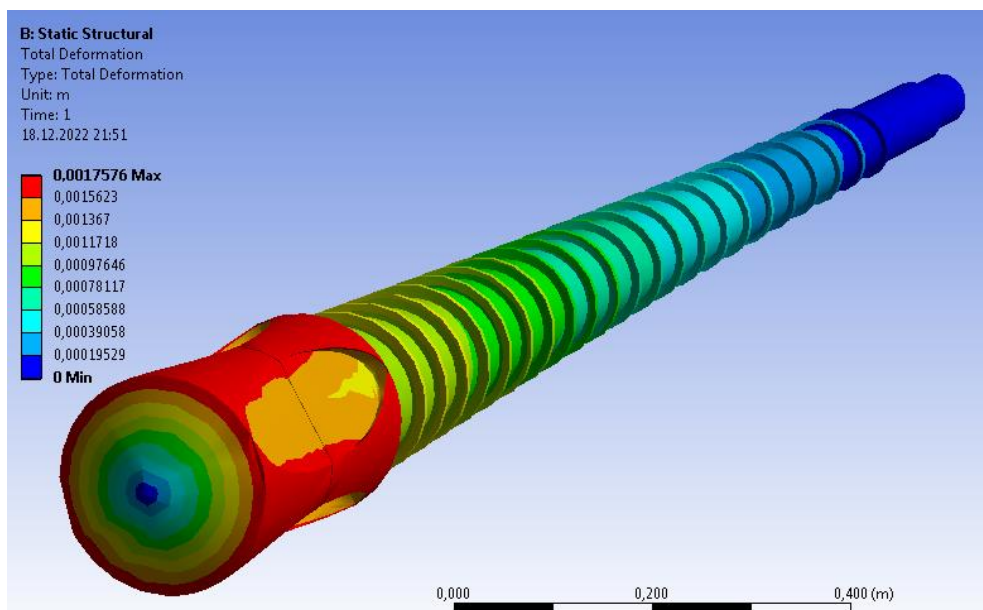


Рис 6.11 – Поле сумарних переміщень

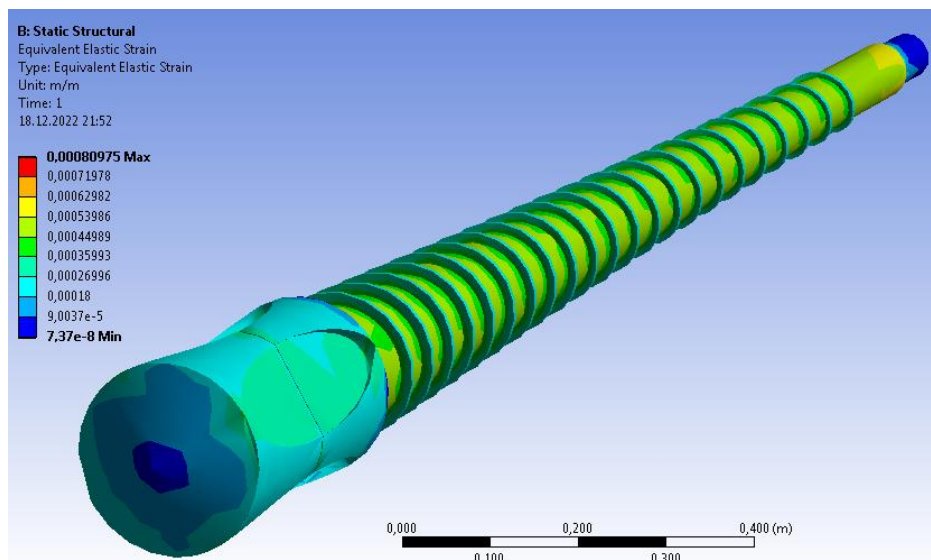


Рис 6.12 – Поле еквівалентних деформацій за Мізесом

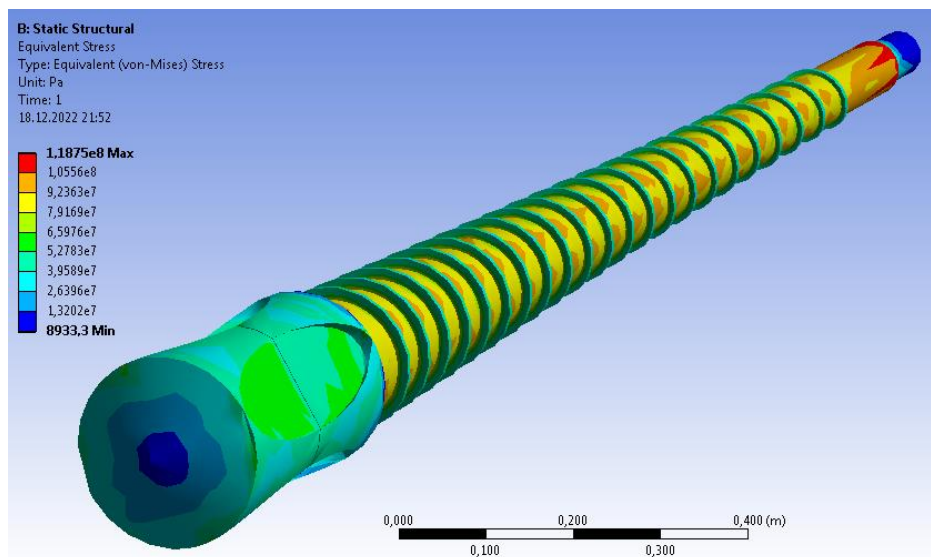


Рис 6.13 – Поле еквівалентних напружень за Мізесом

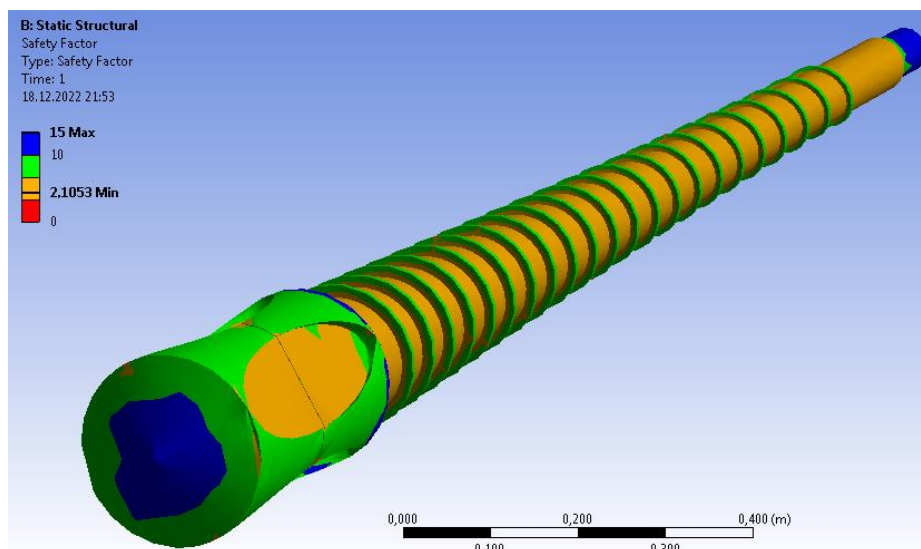


Рис. 6.14 – Поле запасу міцності

Отримане значення запасу міцності черв'яка перевищує запас міцності для сталі 45 ($n = 2,11 \geq [n] = 1$; $\sigma_{\max} = 119 \text{ МПа} \leq \sigma_T = 375 \text{ МПа}$; $\sigma_{\max} = 119 \text{ МПа} \leq \sigma_B = 600 \text{ МПа}$), що свідчить про можливість його застосування для модернізації екструдера.

6.3 Аналіз достовірності проведених розрахунків

На основі проведених розрахунків в ANSYS можна зробити висновок, що базова та модернізована конструкції черв'яка витримують прикладені навантаження по запасу міцності.

Також, порівнюючи результати запасу міцності базової та модернізованої конструкцій можна зробити висновок, що модернізована конструкція краще витримує потрібні навантаження, ніж базова. Отже, модернізована конструкція черв'яка є працездатною.

ВИСНОВКИ

Під час виконання магістерської дисертації на тему «Екструдер для виробництва полімерних труб» було розроблено технологічну лінію виробництва полімерних труб.

Відповідно до завдання магістерської дисертації було розглянуто призначення, конструкцію та принцип дії екструдера моделі ЧП 63х30. Також було виявлено переваги та недоліки екструдера. Для усунення недоліків базової конструкції екструдера було проведено літературно-патентний огляд та обрано два варіанти модернізації.

Обрано конструкцію черв'яка з новою змішувально-диспергувальною секцією у вигляді двох втулок з лисками різної довжини, яка запобігає утворенню застійних зон в утвореному корпусом і черв'яком робочому каналі, а отже забезпечує ефективне перемішування й подрібнення компонентів перероблюваної композиції. Також нова конструкція черв'яка істотно підвищує ефективність перероблення полімерів, пластмас і гумових сумішей широкої номенклатури, оскільки змішувально-диспергувальну секцію черв'яка може бути виконано швидкознімною і змінної геометрії, що істотно розширює технологічні можливості машини в цілому.

Також було виконана модернізація екструдера на основі встановлення запірного елемента по товщині, який виконано з двох аналогічних частин, виконаних з можливістю повороту одна відносно одної і фіксації в заданому положенні. Запропонована модернізація забезпечує більш інтенсивне перемішування перероблюваного матеріалу, а також диспергування його компонентів, та як наслідок сприяє виготовленню більш якісних полімерних виробів та розширенню їх спектру виготовлення.

В магістерській дисертації було проведено параметричні розрахунки та розрахунки на міцність екструдера, які підтверджують його працездатність. Також було спроектовано твердотільні моделі базової та модернізованої конструкцій черв'яка екструдера та проведено розрахунок на міцність моделей в

програмному середовищі ANSYS Workbench. За результатами розрахунків черв'яка в ANSYS можна зробити висновок, що модернізована конструкція черв'яка витримує прикладені навантаження по запасу міцності та може використовуватися у виробництві.

У магістерській дисертації виконані також розділи: монтаж і експлуатація, стартап-проект та охорона праці, які підтверджують доцільність розробки та використання екструдера.

За темою магістерської дисертації написано та опубліковано 2 тези у збірнику XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки», яка відбулася 12-13 грудня 2022 р у НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського м. Києва.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Інтернет джерело <https://uk.wikipedia.org/wiki/Полімери>
2. Інтернет джерело https://encegmbh.ru/polymer_description_and_processing/extruding_machines/#extruders_benefits
3. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов /Басов. Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Москва.:Химия. 1986. 487.
4. Патент 1737 Україна, МПК В29С47/60. Черв'як екструдера для перероблення полімерних матеріалів/ Мікульонок І.О., Новік В.О., Радченко Л. Б., Сівецький В. І. – 2002075454; заявл. 03.07.2002; опубл. 15.04.2003, Бюл. №4.
5. Патент 60303 Україна, МПК В29С 47/60 (2006.01), В30В 11/22 (2006.01). Черв'як екструдера для виготовлення спінених полімерів/ Гоженко Л. П., Лукашова В. В. – u201100461; заявл. 17.01.2011; опубл. 10.06.2011, Бюл.№ 11.
6. Патент 53480 Україна, МПК В29С 47/38, В29С 47/00. Черв'ячний екструдер/ Мікульонок І.О., Харламова Т.Г., Швед Д. М., Швед М. П. – u201003726; заявл. 31.03.2010, опубл. 11.10.2010, Бюл.№ 19.
7. Патент 98758 Україна, МПК В29С 47/38 (2006.01). Черв'ячна машина для перероблення матеріалів з використаннямвисокомолекулярних сполук/ Мікульонок І.О., Сокольський О.Л.,Сівецький В.І., Куриленко В. М. – u201411336; заявл. 17.10.2014; опубл. 12.05.2015, Бюл.№ 9.
8. Патент 74756 Україна, МПК В29С 47/60 (2006.01), В30В 11/24 (2006.01). Змішувально-диспергувальна секція черв'яка екструдера/ Мікульонок І.О., Гончаренко В.В., Вознюк В.Т. – u201204891; заявл. 18.04.2012; опубл. 12.11.2012, Бюл.№ 21.

9. Патент 47082 Україна, МПК В29С 47/60, В30В 11/22. Черв'як екструдера/ Мікульонок І.О., Виноградов Є.Ю. – u200909282; заявл. 09.09.2009; опубл. 11.01.2010, Бюл.№ 1.
10. Патент 53891 Україна, МПК В29С 47/60, В30В 11/22. Секція черв'яка екструдера/ Мікульонок І.О., Лукашова В.В. – u201003542; заявл. 26.03.2010; опубл. 25.10.2010, Бюл.№ 20.
11. Патент 60804 Україна, МПК В29С 47/38 (2006.01), В30В 9/14 (2006.01). Черв'ячний екструдер/ Зубрій О.Г., Мікульонок І.О., Шафаренко А.П. – u201015480; заявл. 21.12.2010; опубл. 25.06.2011, Бюл.№ 12.
12. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів : навч. посіб./ І. О. Мікульонок, О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, Л. Б. Радченко . – К. : НТУУ «КПІ», 2015. – 200 с.
13. Литвинец Ю.И. Технологические и энергетические расчеты при переработке полимеров экструзией. Екатеринбург.: 2010. 55 стр.
14. Методичні вказівки до лабораторних і самостійних робіт з курсу “Експлуатація, ремонт і монтаж обладнання хімічних виробництв”. Укладач: Коваленко І.В. — К.: КПІ, 1994. — 56с.
15. Коваленко І.В. Експлуатація, ремонт і монтаж обладнання хімічних виробництв — К.: КПІ 2003. — 149 с.
16. 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.
17. Маркетинг стартап-проектів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для усіх спеціальностей другого освітнього ступеню «магістр» / С. О. Солнцев, О. В. Зозульов, Н. В. Юдіна, Т. О. Царьова, Н. В. Язвінська ; за заг. ред. С.О. Солнцева ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 218 с. URL : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27437>

18. Юдіна Н.В. Міждисциплінарні платформи стартап-проектів [Електронний ресурс] // Міждисциплінарні дискусії : Матеріали науково-теоретичного семінару «Міждисциплінарні дослідження: теоретико-методологічні виміри», 5 грудня 2017 р. – Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка Інститут міжнародних відносин Навчально-науковий центр «Синтез». – 2017. – С. 20-24. -
19. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016).
20. 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.
21. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on ‘the Four-Dimensional Thinking’ in Information Society. Marketing and Management of innovations. – 3’2017, - P. 245-256. - DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 - Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.
22. Охорона праці в хімічній промисловості. Під ред. Г.В. Макарова.- М. Хімія, 1989.
23. Бабушкіна М.С., Казак І.О., Модернізація змішувально-диспергувальної секції черв’яка з метою підвищення ефективності перероблення полімерів широкого спектру та технологічних можливостей екструдера// Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки зб. наук. праць за матеріалами XVI Всеукр. наук.-практ. конф. ІХФ (Київ, 12-13 грудня 2022р.) – К: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2022.

24. Бабушкіна М.С., Казак І.О., Модернізація конструкції екструдера з застосуванням запірною елемента з метою підвищення ефективності перероблення полімерів широкого спектру// Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки зб. наук. праць за матеріалами XVI Всеукр. наук.-практ. конф. ІХФ (Київ, 12-13 грудня 2022р.) – К: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2022.
25. Новодворський, В. В., Швед, М. П., & Швед, Д. М. (2021). Оцінювання якості розплаву при екструзії полімерів. Вісник НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, (4), 9–14. <https://doi.org/10.20535/2617-9741.4.2021.248854>

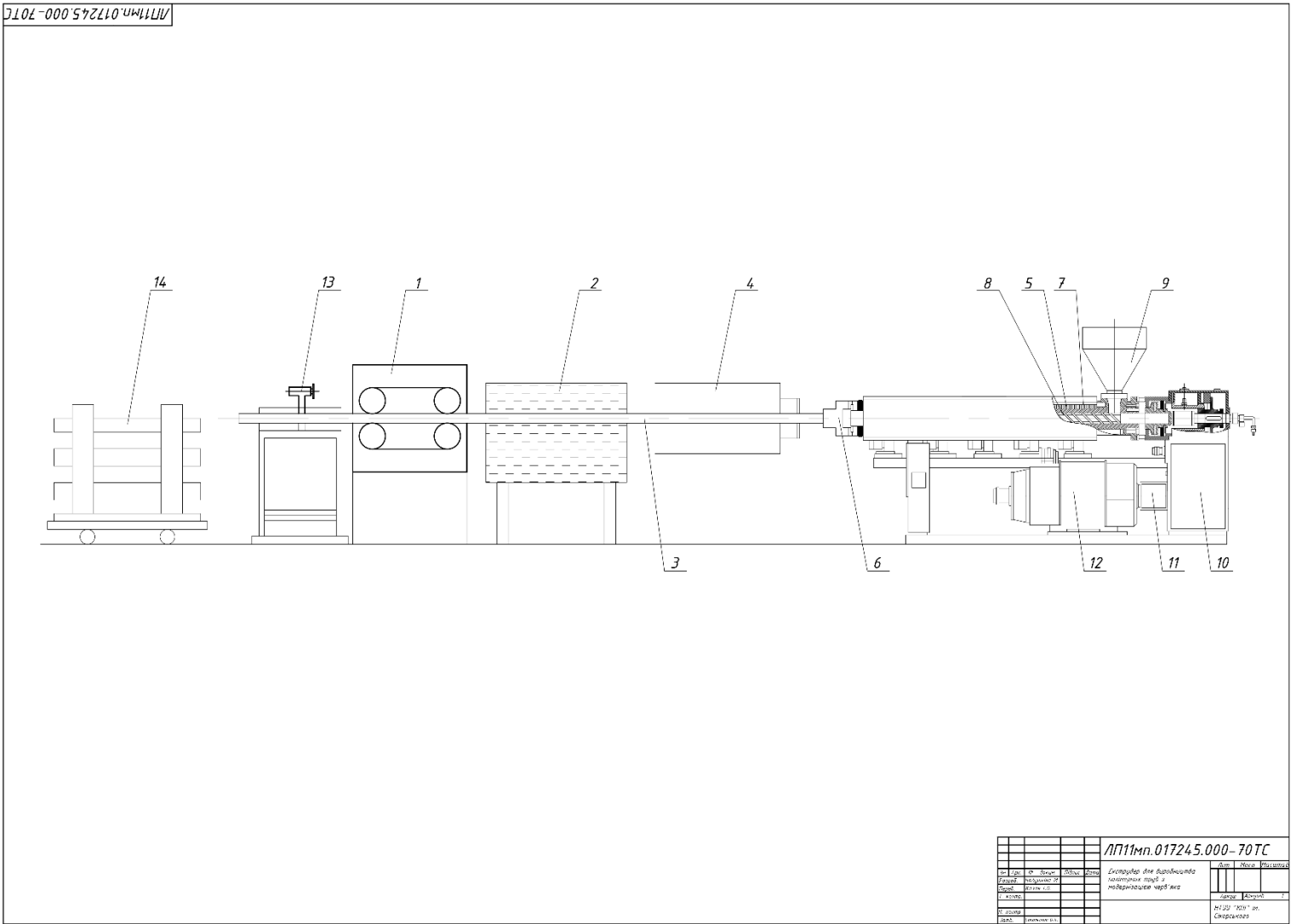
ДОДАТКИ

Додаток А Специфікації

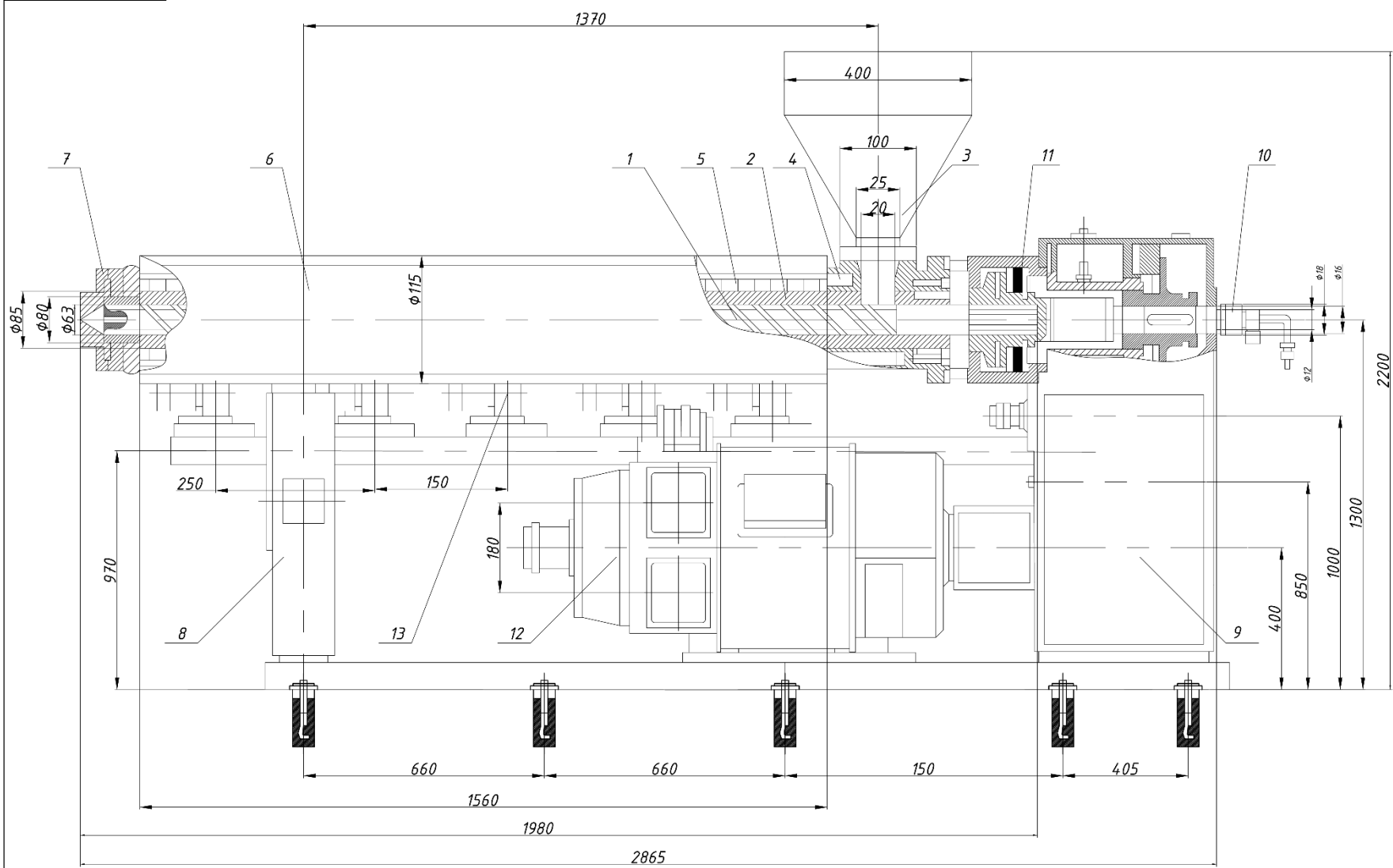
| Позиція | Позначення | Найменування | Кількість | Примітка |
|---|-------------------------------|--------------------------------|-----------|----------|
| | | <i>Документація</i> | | |
| | | <i>Експлікація</i> | | |
| | <i>ЛП11мп.017245.000-70ТС</i> | <i>Складальні одиниці</i> | | |
| 1 | <i>ЛП11мп.017245.000.01</i> | <i>Тягнучий пристрій</i> | 1 | |
| 2 | <i>ЛП11мп.017245.000.02</i> | <i>Ванна для охолодження</i> | 1 | |
| 3 | <i>ЛП11мп.017245.000.03</i> | <i>Трубний виріб</i> | 1 | |
| 4 | <i>ЛП11мп.017245.000.04</i> | <i>Калібратор</i> | 1 | |
| 5 | <i>ЛП11мп.017245.000.05</i> | <i>Нагрівні елементи</i> | 4 | |
| 6 | <i>ЛП11мп.017245.000.06</i> | <i>Екструзійна головка</i> | 1 | |
| 7 | <i>ЛП11мп.017245.000.07</i> | <i>Матеріальний циліндр</i> | 1 | |
| 8 | <i>ЛП11мп.017245.000.08</i> | <i>Черв'як</i> | 1 | |
| 9 | <i>ЛП11мп.017245.000.09</i> | <i>Завантажувальний бункер</i> | 1 | |
| 10 | <i>ЛП11мп.017245.000.10</i> | <i>Редуктор</i> | 1 | |
| 11 | <i>ЛП11мп.017245.000.11</i> | <i>Сполучна муфта</i> | 1 | |
| 12 | <i>ЛП11мп.017245.000.12</i> | <i>Електродвигун</i> | 1 | |
| 13 | <i>ЛП11мп.017245.000.13</i> | <i>Механізм різки</i> | 1 | |
| 14 | <i>ЛП11мп.017245.000.14</i> | <i>Штабелер</i> | 1 | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Зм. | Арк | № докум. | Підпис | Дата |
| | | | | |
| Розроб. | Бабушкіна М. | | | |
| Перев. | Казак І.О. | | | |
| Н.контр | | | | |
| Затв. | Сокольський О.Л. | | | |
| <i>ЛП11мп.017245.000-70ТС</i> | | | | |
| <i>Екструдер для виробництва полімерних труб з модернізацією черв'яка</i> | | | | |
| | | | Літ. | Аркуш |
| | | | | Арк |
| <i>НТУУ "КПІ" ім.І.Сікорського</i> | | | | |

| Форм. | Зона | Поз. | Позначення | Найменування | К-ть. | Примітка. |
|-----------|--------------|----------|-------------------------------|---------------------------------------|--|-----------|
| | | | | <i>Документація</i> | | |
| | | | | <i>Деталі</i> | | |
| | | 1 | | Корпус редуктора | 1 | |
| | | 2 | | Кришка редуктора | 1 | |
| | | 3 | | Вал | 1 | |
| | | 4 | | Вал шестірня | 1 | |
| | | 5 | | Зубчасте колесо | 1 | |
| | | 6 | | Кришка підшипника глуха | 1 | |
| | | 7 | | Кришка підшипника з отвором | 2 | |
| | | 8 | | Кришка підшипника глуха | 1 | |
| | | 9 | | Кришка підшипника з отвором | 1 | |
| | | 10 | | Кришка оглядового вікна | 1 | |
| | | 11 | | Показчик мастила | 1 | |
| | | 12 | | Пробка | 1 | |
| | | 13 | | Прокладка | 1 | |
| | | 14 | | Манжета | 1 | |
| | | 15 | | Прокладка кришки підшипника з отвором | 1 | |
| | | 16 | | Прокладка кришки підшипника з отвором | 1 | |
| | | 17 | | Манжета | 1 | |
| | | 18 | | Манжета | 1 | |
| | | | ЛП11мп.017246.006-70TE | | | |
| Зм | Арк | Недокум. | Підпис | Дата | Редуктор циліндричний | |
| Розробив | Бабушкіна М. | | | | | |
| Перевірив | | | | | | |
| Н.контр. | Борцик С.О. | | | | | |
| Затвердив | Борцик С.О. | | | | | |
| | | Літ. | Аркуш | Аркушів | НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського | |
| | | | 1 | 3 | | |

| Форм. | Зона | Поз. | Позначення | Найменування | К-ть. | Примітка |
|-------|------|----------|------------|------------------------------|------------------------|----------|
| | | | | <u>Стандартні вироби</u> | | |
| | | 19 | | Болт М8х22 ГОСТ 7798-70 | 4 | |
| | | 20 | | Підшипник ГОСТ 7312 | 2 | |
| | | 21 | | Болт М4х140 ГОСТ 11738-84 | 6 | |
| | | 22 | | Болт М16х45 ГОСТ 7798-70 | 2 | |
| | | 23 | | Гайка М14 ГОСТ 5927-70 | 6 | |
| | | 24 | | Шайба 14 ГОСТ 11371-78 | 6 | |
| | | 25 | | Шайба 16 ГОСТ 11371-78 | 2 | |
| | | 26 | | Гайка М16 ГОСТ 5915-70 | 2 | |
| | | 27 | | Штифт ГОСТ 3128-70 | 2 | |
| | | 28 | | Підшипник ГОСТ 7310 | 1 | |
| | | 29 | | Кільце ГОСТ 13943-86 | 1 | |
| | | 30 | | Шпонка ГОСТ 29175-91 | 1 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Зм. | Арк | № докум. | Підп. | Дата | ЛП11мп.017246.006-70ТЕ | |
| | | | | | Арк 2 | |

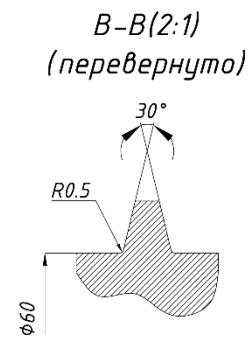
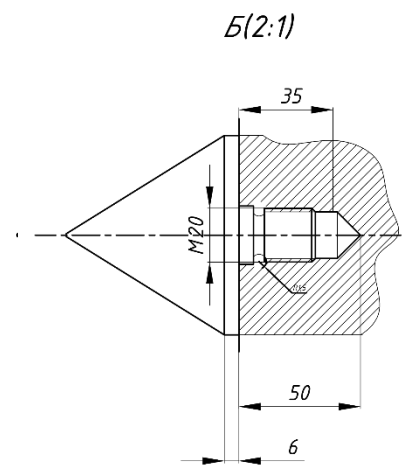
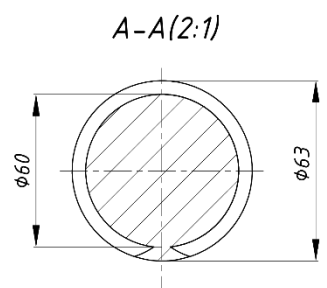
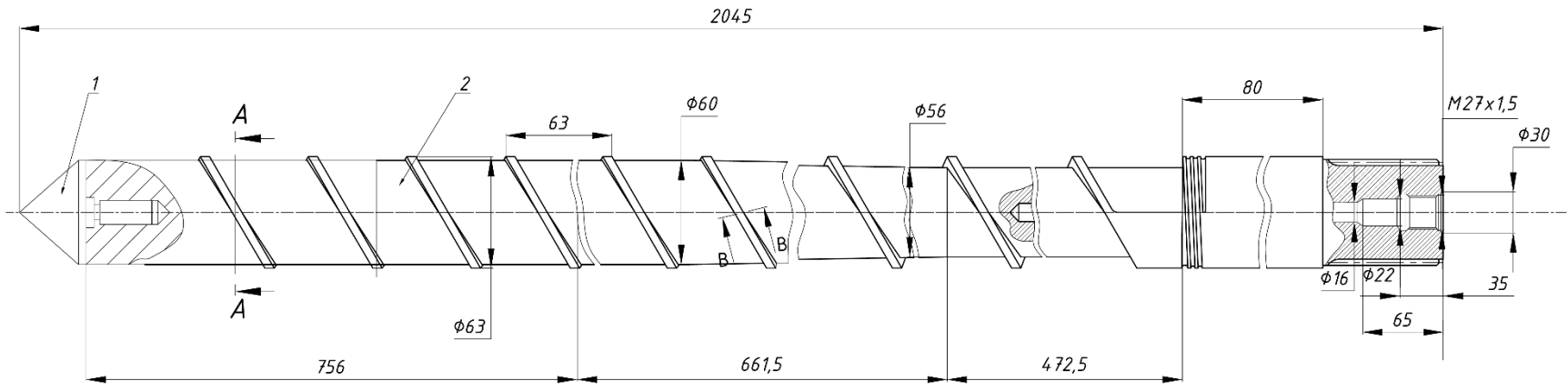


ЛП11мн.01724.3.001-70Б3



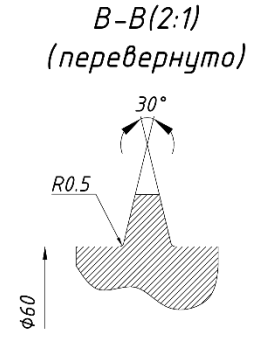
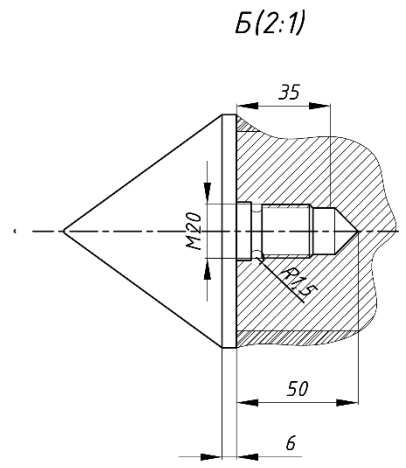
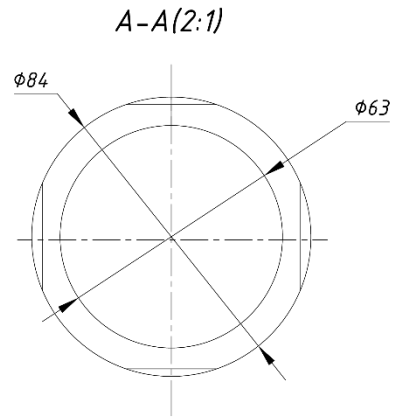
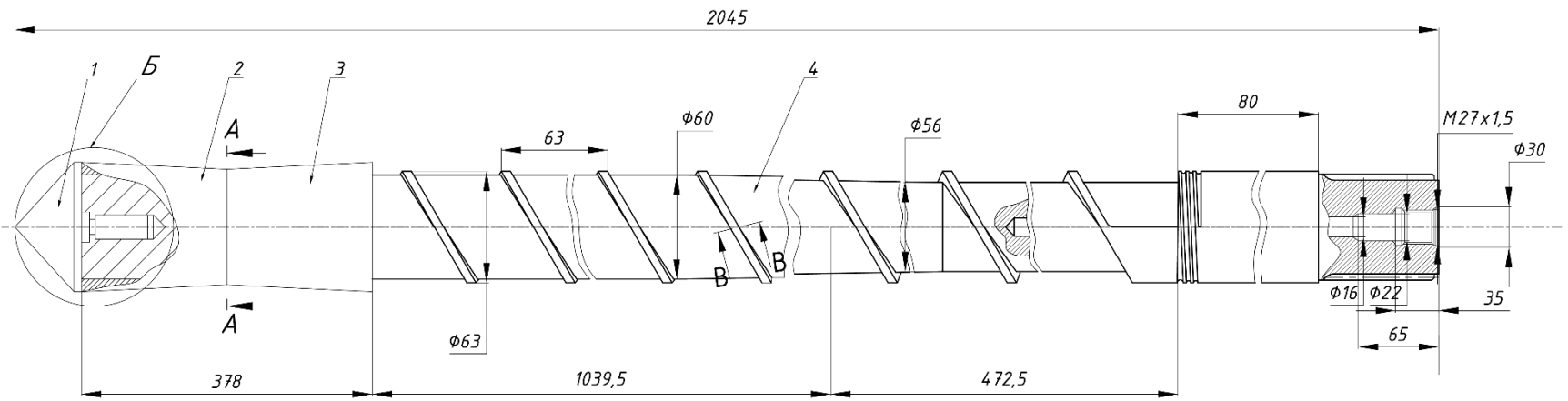
| | | | | | | | |
|-------------------------|----------|----|-----------|---------|------------|--------|--------|
| ЛП11мн.01724.3.001-70Б3 | | | | | Длина | Ширина | Высота |
| Экструдер 4П 63x30 | | | | | 2590 | 1500 | 1500 |
| № | Имя | М. | Должность | Подпись | Дата | | |
| 1 | Иванов | И. | Инженер | | | | |
| 2 | Петров | П. | Инженер | | | | |
| 3 | Сидоров | С. | Инженер | | | | |
| 4 | Кузнецов | К. | Инженер | | | | |
| 5 | Лебедев | Л. | Инженер | | | | |
| 6 | Зиничев | З. | Инженер | | | | |
| 7 | Васильев | В. | Инженер | | | | |
| 8 | Попов | П. | Инженер | | | | |
| 9 | Смирнов | С. | Инженер | | | | |
| 10 | Морозов | М. | Инженер | | | | |
| 11 | Михайлов | М. | Инженер | | | | |
| 12 | Иванов | И. | Инженер | | | | |
| 13 | Петров | П. | Инженер | | | | |
| ИЗМ. № | | | | | ИЗМ. № | | |
| Дата | | | | | Дата | | |
| Содержание | | | | | Содержание | | |
| Лист | | | | | Лист | | |
| Всего | | | | | Всего | | |
| ИЗМ. № | | | | | ИЗМ. № | | |
| Дата | | | | | Дата | | |
| Содержание | | | | | Содержание | | |
| Лист | | | | | Лист | | |
| Всего | | | | | Всего | | |

ЛП11мп.017242.002-70СК



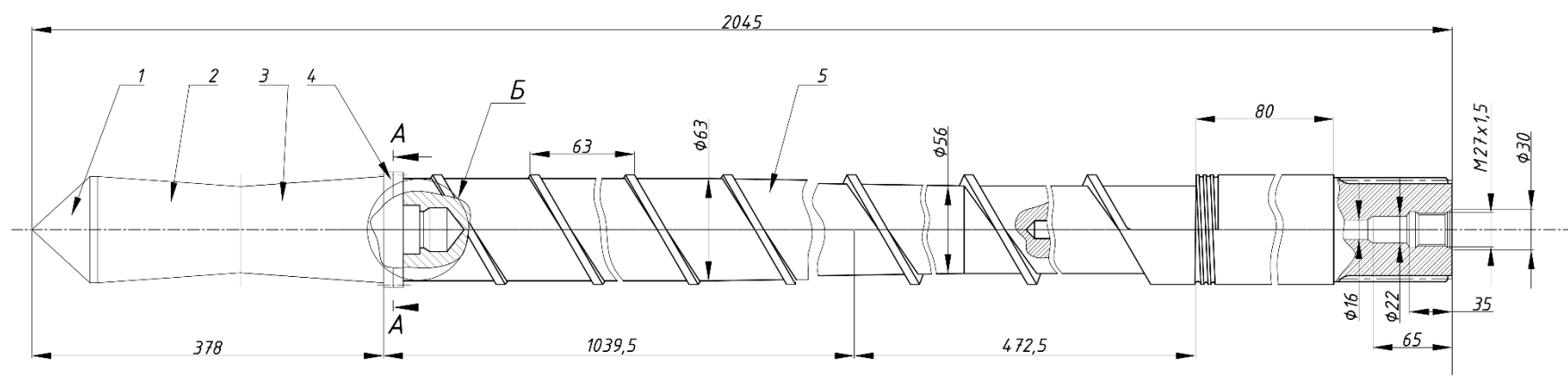
| | | | | | | | | |
|------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|-------|--------------------------------------|
| ЛП11мп.017242.002-70СК | | | | | | Длина | Масса | Материал |
| Эль | Арх | М | Дораб | Испыт | Завод | Черв'як | 1.4 | ЛП11мп. "КВ" мн. Сторожиного, ДКФ |
| Дизайн | Корпус | Монтаж | Сборка | Сдача | Адрес | | | |
| И. Иванов | | | | | | | | ЛП11мп. "КВ" мн. Сторожиного, ДКФ |
| И. Иванов | | | | | | | | Формат А1 |

ЛП11мп.01724.003-70СК

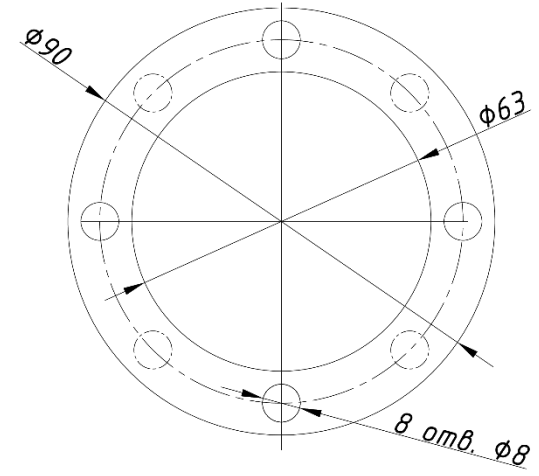


| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|---|-------|--------|--------|------------------------|--|--|--|-------------------|--------|--------|
| ЛП11мп.01724.003-70СК | | | | | | | | | | | | |
| № | Крич. | № | Датум | Листів | Замов. | Модернізований черв'як | | | | Листів | Листів | Всього |
| 1 | | | | | | | | | | 1 | 14 | 15 |
| | | | | | | | | | | ЛП11мп. "КВ" ш. | | |
| | | | | | | | | | | Сторожинське, ДКФ | | |
| | | | | | | | | | | Формат А1 | | |

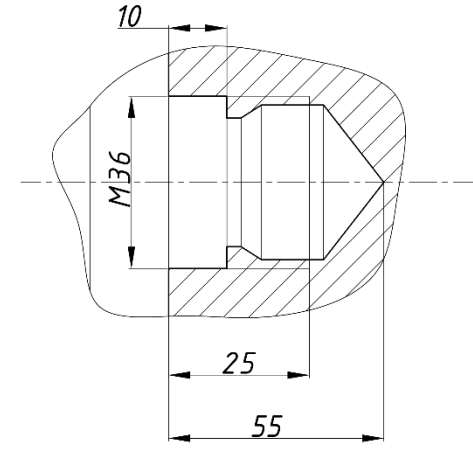
ЛП11мп.017242.004-70СК



A-A (2,5:1)



B (4:1)



| | | | | | | | |
|------------------------|----------------|--------|----------|------|------------------|----------|--------------|
| ЛП11мп.017242.004-70СК | | | | | Длина | Масштаб | Изготовитель |
| Эль. Арх. | М. | Должн. | Идентиф. | Дата | Запирный элемент | | 1:5 |
| Разработ. | Водяковский И. | | | | Аналог | Качество | ? |
| Провер. | Мороз Г.О. | | | | ЛП11М "КВ" от | | |
| Исполн. | | | | | Старейшего | | |
| Исполн. | | | | | Формат А1 | | |

Матеріал черв'яка екструдера – Сталь 45

- Модуль пружності $E=2 \cdot 10^5$ МПа
- Границя текучості $\sigma_T=375$ МПа
- Границя міцності $\sigma_B=600$
- Коефіцієнт Пуассона $\nu=0,3$
- Густина $\rho=7850$ кг/м³

Сітка скінчених елементів

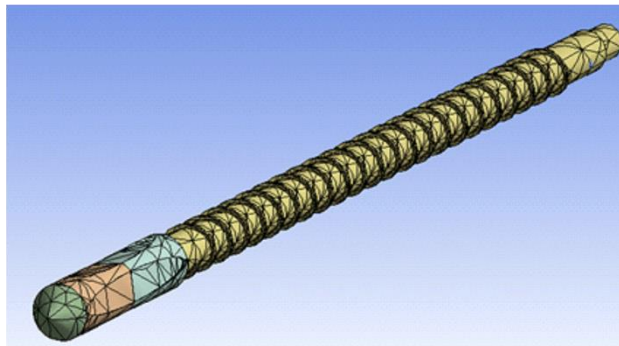
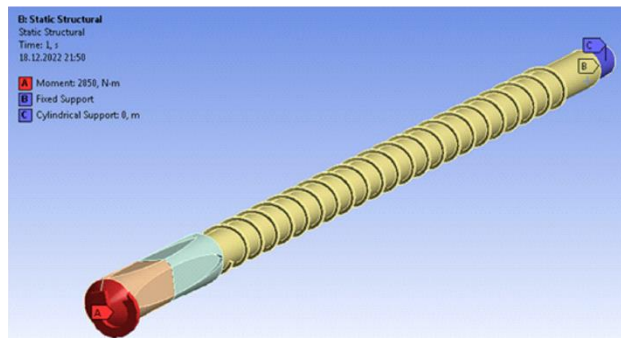
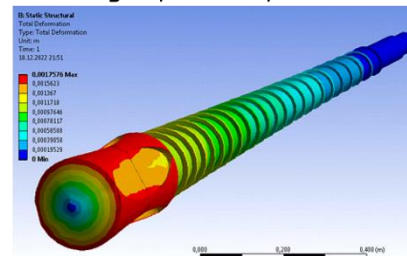


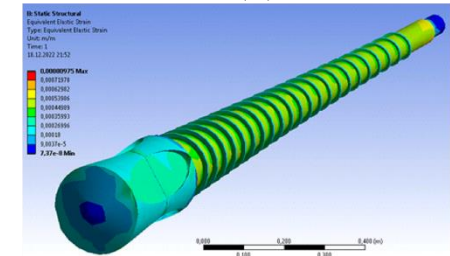
Схема закріплення та навантаження



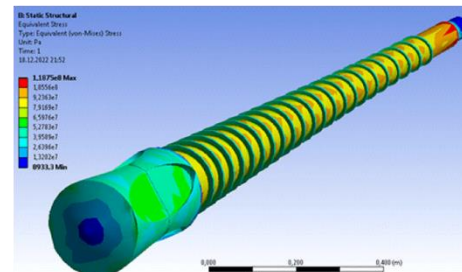
Поле сумарних переміщень



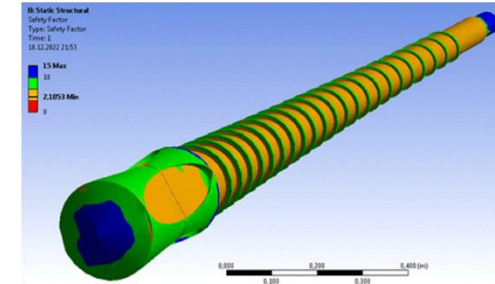
Поле еквівалентних деформацій за Мізесом



Поле еквівалентних напружень за Мізесом

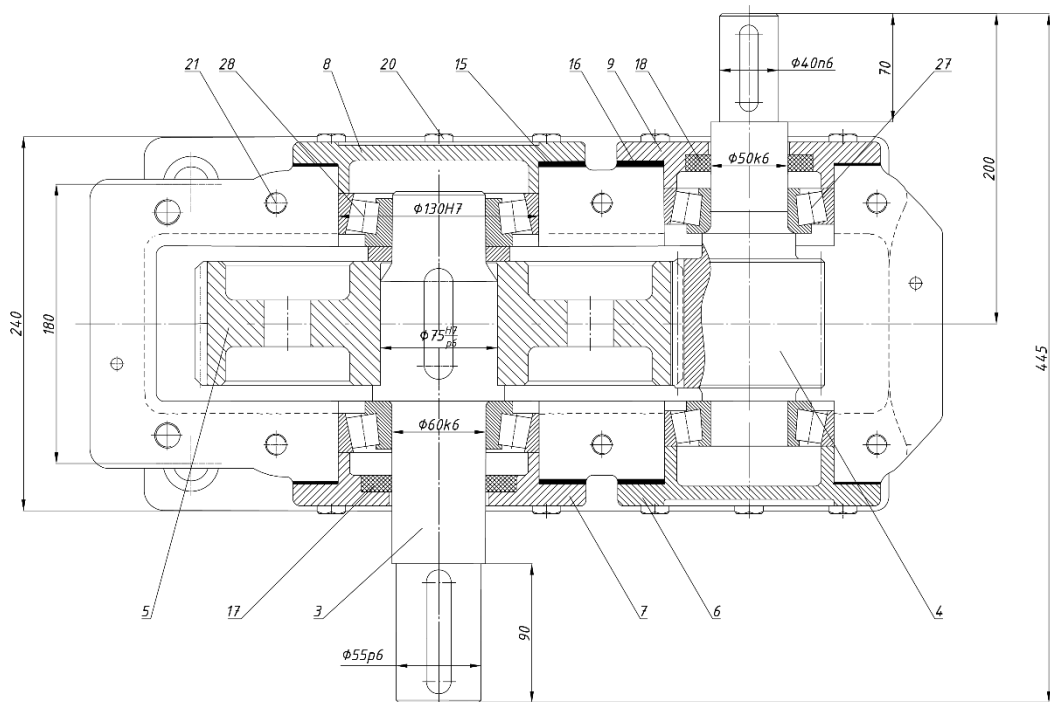
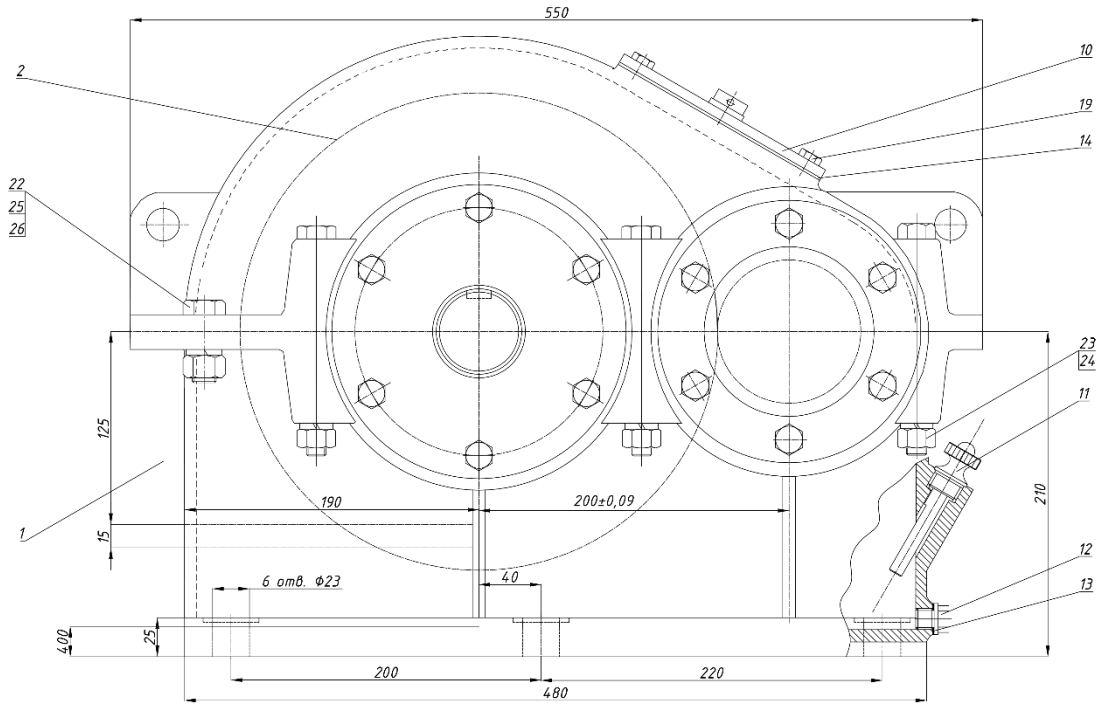


Поле запасу міцності



Отримане значення запасу міцності черв'яка перевищує запас міцності для сталі 45 ($n = 2,11 \geq [n] = 1; \sigma_{max} = 119$ МПа $\leq \sigma_T = 375$ МПа; $\sigma_{max} = 119$ МПа $\leq \sigma_B = 600$ МПа), що свідчить про можливість його застосування для модернізації екструдера.

| | | | | | ЛП111м.017240.005-70П | | | | |
|----------|------------|----|----|----|-----------------------|---|----|----|-----------|
| № | Др. | Ф. | Д. | П. | В. | Результати чисельних розрахунків модернізованого черв'яка в Ansys | Д. | В. | Результат |
| Розроб. | Мельник П. | | | | | | | | |
| Перев. | Мельник П. | | | | | | | | |
| Г. номер | | | | | | | | | |
| М. номер | | | | | | | | | |
| Стор. | 1 | | | | | | | | |



| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------|-----------|------------------------------|--------|-------|
| | | | | ЛП 11мн.017242.006-70СК | | |
| № | Дата | № | Вид | Лист | Деталь | |
| Разработчик | Составитель | Корректор | Проверщик | Лист | Деталь | |
| Город | Место | Город | Место | Лист | Деталь | |
| Город | Место | Город | Место | Лист | Деталь | |
| Город | Место | Город | Место | Лист | Деталь | |
| Город | Место | Город | Место | Лист | Деталь | |
| | | | | 1:2 | | |
| | | | | Архив | | Архив |
| | | | | ИПИ Інститут Сіверського ІЖЕ | | |



УКРАЇНА

(19) UA (11) 98758 (13) U

(51) МПК

B29C 47/38 (2006.01)

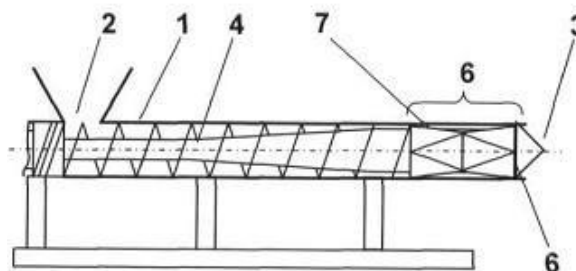
ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

| | | | |
|--|---------------------|---------------------|--|
| (21) Номер заявки: | u 2014 11336 | (72) Винахідник(и): | Мікульонок Ігор Олегович (UA), Сокольський Олександр Леонідович (UA), Сівецький Володимир Іванович (UA), Куриленко Валерій Миколайович (UA) |
| (22) Дата подання заявки: | 17.10.2014 | (73) Власник(и): | НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", пр. Перемоги, 37, м. Київ-56, 03056 (UA) |
| (24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: | 12.05.2015 | | |
| (46) Публікація відомостей про видачу патенту: | 12.05.2015, Бюл.№ 9 | | |

(54) ЧЕРВ'ЯЧНА МАШИНА ДЛЯ ПЕРЕРОБЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СПОЛУК**(57) Реферат:**

Черв'ячна машина для перероблення матеріалів з використанням високомолекулярних сполук, що містить корпус із завантажувальним і розвантажувальним отворами, а також розміщеним у ньому з можливістю обертання черв'яком, що має закріплену на його осерді знімну змішувально-диспергувальну секцію, основу якої з боку розвантажувального отвору корпусу виконано круглою, причому змішувально-диспергувальну секцію черв'яка утворено щонайменше однією парою елементів, кожний з яких виконано у вигляді циліндра з рівномірно виконаними вздовж бокової поверхні похилими в бік однієї з її основ лисками, що сходяться нанівець, з утворенням у кожному елементі однієї круглої основи й другої основи у вигляді правильного багатокутника з прямими або закругленими вершинами, при цьому відповідні основи кожної пари елементів виконано однаковими, а елементи кожної пари контактують одна з одною однаковими основами.



Фіг. 1

UA 98758 U

UA 98758 U

Корисна модель належить до обладнання для перероблення високомолекулярних сполук і матеріалів з їх використанням, зокрема до черв'ячних екструдерів, і може бути застосована як для формування певної продукції, так для утилізації відходів, наприклад автомобільних шин, щовтратили свої споживчі властивості.

- 5 У техніці перероблення високомолекулярних сполук, зокрема термопластів та еластомерів, широкого поширення набули черв'ячні машини, які відрізняються універсальністю й задовільною продуктивністю. Так, відома черв'ячна машина для перероблення матеріалів з використанням високомолекулярних сполук, що містить корпус із завантажувальним і розвантажувальним отворами, а також розміщеним у ньому з можливістю обертання черв'яком,
- 10 що має закріплену на його осерді знімну змішувально-диспергувальну секцію, виконану у вигляді правильної призми або некругового циліндра [патент України №1427U, МПК В29В17/00, заявл. 01.11.2001, опубл. 15.10.2002]. Недоліком цієї машини є постійна вздовж осі черв'яка величина робочого каналу, що знижує ефективність перероблення вихідної сировини, оскільки вона не забезпечує інтенсивного диспергувально-змішувального ефекту і схильна до забивання
- 15 під час утилізації відходів.

Найбільш близькою за технічною суттю до пропонованого технічного рішення є черв'ячна машина для перероблення матеріалів з використанням високомолекулярних сполук, що містить корпус із завантажувальним і розвантажувальним отворами, а також розміщеним у ньому з можливістю обертання черв'яком, що має закріплену на його осерді знімну змішувально-

- 20 диспергувальну секцію, основу якої з боку розвантажувального отвору корпусу виконано круглою, а основу з боку завантажувального отвору корпусу - опуклою з формою, відмінною від круглої [патент України № 70008 U, МПК В29С47/38, заявл. 01.11.2011, опубл. 25.05.2012].

На відміну від аналога, що розглянуто, завдяки змінній вздовж осі черв'яка величини робочого каналу, ця машина дещо інтенсифікує процес перероблення, проте виконання основи

- 25 змішувально-диспергувальної секції з боку завантажувального отвору корпусу опуклою з формою, відмінною від круглої, сприяє утворенню в місці зазначеної основи застійних зон, що призводить до механодеструкції перероблюваного матеріалу, особливо термочутливого, а отже знижує якість одержуваної продукції.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення черв'ячної машини для

- 30 перероблення матеріалів з використанням високомолекулярних сполук, у якій нове виконання змішувально-диспергувальної секції черв'яка запобігає утворенню застійних зон в утвореному корпусом і черв'яком робочому каналі, а отже забезпечує ефективне перемішування й подрібнення компонентів перероблюваної композиції.

Поставлена задача вирішується тим, що в черв'ячній машині для перероблення матеріалів з

- 35 використанням високомолекулярних сполук, що містить корпус із завантажувальним і розвантажувальним отворами, а також розміщеним у ньому з можливістю обертання черв'яком, що має закріплену на його осерді знімну змішувально-диспергувальну секцію, основу якої з боку розвантажувального отвору корпусу виконано круглою, згідно з пропонованою корисною моделлю, новим є те, що змішувально-диспергувальну секцію черв'яка утворено щонайменше

- 40 однією парою елементів, кожний з яких виконано у вигляді циліндра з рівномірно виконаними вздовж бокової поверхні похилими в бік однієї з її основ лисками, що сходяться нанівець, з утворенням у кожному елементі однієї круглої основи й другої основи у вигляді правильного багатокутника з прямими або закругленими вершинами,

при цьому відповідні основи кожної пари елементів виконано однаковими, а елементи кожної пари контактують одна з одною однаковими основами.

45

У найприйнятніших прикладах виконання машини елементи кожної їх пари виконано різної довжини, а самі елементи виконано знімними у вигляді втулок.

Виконання черв'ячної машини із зазначеними ознаками забезпечує не лише плавну течію розплаву перероблюваного матеріалу вздовж змішувально-диспергувальної секції черв'яка, що

50 усуває утворення застійних зон, а й завдяки чергуванню в коловому напрямку кожного елементаззначеної секції ділянок кільцевої форми і ділянок у вигляді колових сегментів забезпечує високий змішувально-диспергувальний ефект машини в цілому. При цьому виконання елементів змішувально-диспергувальної секції різної довжини підвищує ефективність перероблення композиції, що також сприяє поліпшенню якості одержуваної продукції.

55 Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, на яких зображено: на Фіг. 1 - поздовжній розріз черв'ячної машини; на Фіг. 2 - змішувально-диспергувальна секція черв'яка, приклад виконання елементів різної довжини; на Фіг. 3 і 4 - розріз за А-А на Фіг. 2, приклади виконання елементів з однією круглою основою і другою основою у вигляді правильного багатокутника з закругленими та прямими вершинами, відповідно; на Фіг. 5 і 6 - те саме, загальний вигляд елементів у вигляді втулок.

60

Черв'ячна машина для перероблення матеріалів з використанням високомолекулярних сполук містить корпус 1 із завантажувальним 2 і розвантажувальним 3 отворами, а також розміщеним у ньому з можливістю обертання черв'яком 4, що має закріплену на його осерді 5 знімну змішувально-диспергувальну секцію 6, основу 7 якої з боку розвантажувального отвору 3

5 корпусу виконано круглою (Фіг. 1, 2). Змішувально-диспергувальну секцію 6 утворено щонайменше однією парою елементів у вигляді втулок 8 і 9, кожен з яких виконано у вигляді циліндра з рівномірно виконаними вздовж бокової поверхні похилими в бік однієї з її основ лисками 10, що сходяться нанівець, з утворенням у кожному елементі однієї круглої основи 7 і другої основи 11 у вигляді правильного багатокутника з закругленими або прямими вершинами

10 (Фіг. 3 і 5, а також Фіг. 4 і 6, відповідно), при цьому відповідні основи кожної пари елементів 8 і 9 виконано однаковими, а елементи 8 і 9 кожної пари контактують одна з одною однаковими основами 7 (або 11). Елементи 8 і 9 кожної їх пари можуть бути виконані різної довжини (див. Фіг. 2).

Черв'ячна машина працює в такий спосіб.

15 Матеріал, що підлягає переробленню, надходить у завантажувальний отвір 2 корпусу 1, де захоплюється нарізкою черв'яка 4 і далі транспортується ним у напрямку до розвантажувального отвору 3. На ділянці розташування змішувально-диспергувальної секції 6 здійснюється інтенсивне перемішування й диспергування перероблюваного матеріалу (див. Фіг. 1, 2).

20 Запропонована черв'ячна машина, нескладна у виготовленні та експлуатації, істотно підвищує ефективність перероблення полімерів, пластмас і гумових сумішей широкої номенклатури, оскільки змішувально-диспергувальну секцію 6 черв'яка 4 може бути виконано швидкознімною і змінної геометрії, що істотно розширює технологічні можливості машини в цілому.

25

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Черв'ячна машина для перероблення матеріалів з використанням високомолекулярних сполук, що містить корпус із завантажувальним і розвантажувальним отворами, а також

30 розміщеним у ньому з можливістю обертання черв'яком, що має закріплену на його осерді знімну змішувально-диспергувальну секцію, основу якої з боку розвантажувального отвору корпусу виконано круглою, яка **відрізняється** тим, що змішувально-диспергувальну секцію черв'яка утворено щонайменше однією парою елементів, кожний з яких виконано у вигляді циліндра з рівномірно виконаними

35 лисками, що сходяться нанівець, з утворенням у кожному елементі однієї круглої основи й другої основи у вигляді правильного багатокутника з прямими або закругленими вершинами, при цьому відповідні основи кожної пари елементів виконано однаковими, а елементи кожної пари контактують одна з одною однаковими основами.

2. Машина за п. 1, яка **відрізняється** тим, що елементи кожної їх пари виконано різної довжини.

40 3. Машина за п. 1 або 2, яка **відрізняється** тим, що елементи виконано знімними у вигляді втулок.

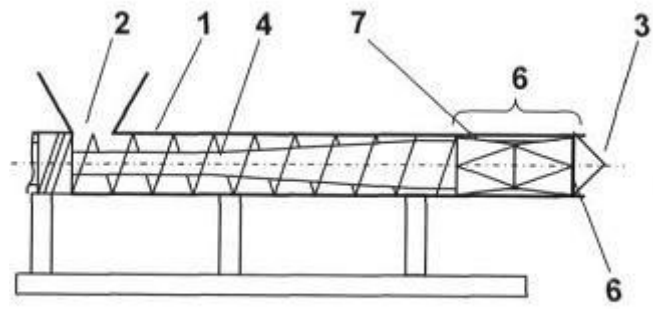


Fig. 1

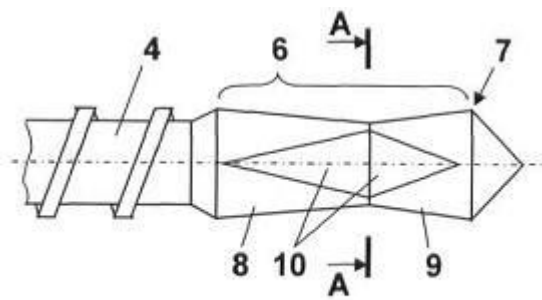


Fig. 2

A-A

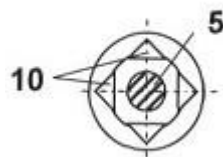


Fig. 3

A-A

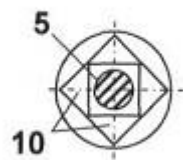


Fig. 4

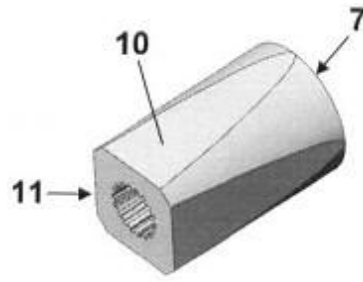


Fig. 5

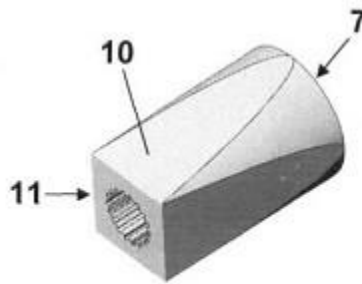


Fig. 6



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **60804** (13) **U**

(51) МПК

B29C 47/38 (2006.01)

B30B 9/14 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ

ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ПАТЕНТУ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника патенту

(54) ЧЕРВ'ЯЧНИЙ ЕКСТРУДЕР

1

2

(21) u201015480

(22) 21.12.2010

(24) 25.06.2011

(46) 25.06.2011, Бюл.№ 12, 2011 р.

(72) ЗУБРІЙ ОЛЕГ ГРИГОРОВИЧ,

МІКУЛЬОНОКІГОР ОЛЕГОВИЧ,

ШАФАРЕНКО АННА ПЕТРІВНА

(73) ЗУБРІЙ ОЛЕГ ГРИГОРОВИЧ,

МІКУЛЬОНОК

ІГОР ОЛЕГОВИЧ, ШАФАРЕНКО АННА

ПЕТРІВНА

(57) Черв'ячний екструдер, що містить порожнистий корпус із завантажувальним і розвантажувальним отворами, розміщений у порожнині корпуса з

можливістю обертання черв'як, що утворює з по-рожниною корпуса робочий канал, а також запірний елемент для перекриття робочого каналу, при цьому запірний елемент виконано у вигляді кільцевого диска з отворами для проходження перероблюваного матеріалу, який **відрізняється** тим, що запірний елемент по товщині виконано з двох аналогічних частин, установлених з можливістю повороту одна відносно одної і фіксації в заданому положенні.

Корисна модель належить до обладнання для перероблення високомолекулярних сполук і матеріалів з їх використанням, зокрема до черв'ячних екструдерів, і може бути використана для перероблення полімерів, пластмас, гум, а також сільсько-господарської продукції.

У техніці перероблення високомолекулярних сполук, зокрема термопластичних полімерів та еластомерів, широкого поширення набули

черв'ячні екструдери, які відрізняються універсальністю й достатньою продуктивністю. Так, відомий черв'ячний екструдер, що містить порожнистий корпус із завантажувальним і розвантажувальним отворами, розміщений у порожнині корпуса з можливістю обертання черв'як, що утворює з порожниною корпуса робочий канал [Шенкель Г. Шнековые прессы для пластмасс. Принцип действия, конструирования и эксплуатации; пер. с нем. - Л.: Госхимиздат, 1962. - С. 32, рис.

11]. Цей екструдер забезпечує задовільну переробку вузької номенклатури матеріалів, оскільки він характеризується невеликою змішувально-диспергувальною здатністю.

Найближчим аналогом до пропонованого технічного рішення є черв'ячний екструдер, що містить порожнистий корпус із завантажувальним і розвантажувальним отворами, розміщений у порожнині корпуса з можливістю обертання черв'як, що утворює з порожниною корпуса робочий канал, а також запірний елемент для перекриття робочого каналу, при цьому запірний елемент виконано у вигляді кільцевого диска з отворами для прохо-

дження перероблюваного матеріалу [патент Російської Федерації № 2353522 С1, МПК9 В30В 9/14, заявл. 25.01.2008, опубл. 27.04.2009].

Наявність запірного елемента в зазначеному екструдері, на відміну від аналога, що розглянуто, під час проходження перероблюваним матеріалом запірного елемента забезпечує поділ цього матеріалу на окремі потоки. Це сприяє змішуванню матеріалу, поліпшенню його гомогенізації та якості готового продукту. У той же час неможливість регулювання прохідного перерізу запірного елемента (тобто площі отворів «у світу») істотно звужує технологічні можливості екструдера, оскільки для ефективного перероблення різноманітних матеріалів потрібна наявність декількох запірних елементів з різним прохідним перерізом.

В основу корисної моделі покладено задачу вдосконалити черв'ячний екструдер, у якому нове конструктивне виконання його запірного елемента забезпечує плавне регулювання прохідного перерізу запірного елемента (площі отворів «у світу»), а отже і можливість ефективного перероблення широкого класу матеріалів.

Поставлена задача вирішується тим, що в черв'ячному екструдері, що містить порожнистий корпус із завантажувальним і розвантажувальним отворами, розміщений у порожнині корпуса з можливістю обертання черв'як, що утворює з порожниною корпуса робочий канал, а також запірний елемент для перекриття робочого каналу, при цьому запірний елемент виконано у вигляді кіль-

цевого диска з отворами для проходження перероблюваного матеріалу, згідно з пропонованою корисною моделлю новим є те, що запірний елемент по товщині виконано з двох аналогічних частин, установлених з можливістю повороту одна відносно одної і фіксації в заданому положенні.

Виконання запірного елемента по товщині з аналогічних частин шляхом їх відносного повороту на певний кут і фіксації в цьому положенні забезпечує змінювання прохідного перерізу запірного елемента, а отже і його опір. Це, у свою чергу, надає можливість не лише варіювати ступінь загального поділу потоку перероблюваного матеріалу на більш дрібні потоки, тобто диспергувати його і краще перемішувати, але й регулювати час перебування матеріалу в екструдері (наприклад, зі зменшенням прохідного перерізу, тобто збільшенням опору запірного елемента, час перероблення збільшується; при цьому продуктивність екструдера дещо зменшується, проте якість перемішування перероблюваного матеріалу збільшується).

Сутність корисної моделі пояснюється кресленнями, на яких зображено:

на Фіг. 1 - поздовжній розтин черв'ячного екструдера; на Фіг. 2 - розтин за А-А на Фіг. 1, приклад максимального суміщення отворів обох частин диска (максимальний прохід для перероблюваного матеріалу); на Фіг. 3 - те саме, приклад перекриття отворів кожної частини диска суцільною ділянкою іншої частини диска (відсутність проходу для перероблюваного матеріалу).

Черв'ячний екструдер містить порожнистий корпус 1 із завантажувальним 2 і розвантажувальним 3 отворами, розміщений у порожнині корпусу з можливістю обертання черв'як 4, що утворює з порожниною корпусу робочий канал 5, а також запірний елемент 6 для перекриття робочого каналу 5, при цьому запірний елемент 6 виконано у вигляді кільцевого диска з отворами 7 для проходження перероблюваного матеріалу (Фіг. 1). Запірний елемент 6 по товщині виконано з двох аналогічних частин 8 і 9, установлених з можливістю повороту одна відносно одної і фіксації в заданому положенні (Фіг. 2, 3). Запірний елемент 6 при цьому може бути закріплено нерухомо як на порожнистому корпусі 1, так і на черв'яку 4.

Екструдер працює в такий спосіб.

Залежно від властивостей перероблюваного матеріалу відносним повороту частин 8 і 9 запірного елемента 6 забезпечують його потрібний прохідний переріз. Далі, матеріал, що підлягає переробленню, подають у завантажувальний отвір 2 порожнистого корпусу 1, де він захоплюється нарізкою черв'яка 4 і далі транспортується ним у напрямку до розвантажувального отвору 3. На ділянці розміщення запірного елемента 6 здійснюється інтенсивне перемішування перероблюваного матеріалу, а також диспергування його компонентів.

Використання пропонованої корисної моделі істотно підвищить ефективність перероблення матеріалів широкої номенклатури, а отже розширить технологічні можливості екструдера.

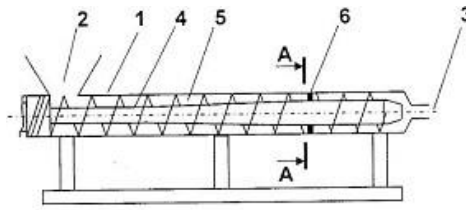


Fig. 1

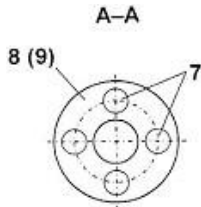


Fig. 2

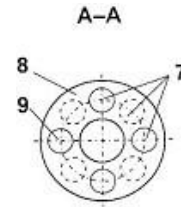


Fig. 3

Модернізація змішувально-диспергувальної секції черв'яка з метою підвищення ефективності перероблення полімерів широкого спектру та технологічних можливостей екструдера

Бабушкіна М. С., магістрант; Казак І.О., доц., к.п.н.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м.Київ

Запропоновано варіант модернізації змішувально-диспергувальної секції черв'яка. Метою даної модернізації являє собою вдосконалення екструдера для перероблення матеріалів з використанням високомолекулярних сполук, у якій нове виконання змішувально-диспергувальної секції черв'яка запобігає утворенню застійних зон в утвореному корпусом і черв'яком робочому каналі, а отже забезпечує ефективне перемішування й подрібнення компонентів перероблюваної композиції. Така конструкція черв'яка нескладна у виготовленні та експлуатації, істотно підвищує ефективність перероблення полімерів, пластмас і гумових сумішей широкої номенклатури.

Вступ. Однією з основних технологій переробки полімерів та виготовлення з них різноманітних деталей та профільної продукції є екструзія. Полягає вона в приготуванні розплаву полімерів з подальшим продавллювання його через формуючі сопла або філ'ери – спеціальні насадки, що надають матеріалу задану форму. Головним елементом виробничої лінії, що використовує таку методику, є екструдер [1]. Для забезпечення повноцінного безперервного технологічного процесу екструдер об'єднується з іншим обладнанням в екструзійну лінію.

За принципом дії розрізняються три основні типи екструдерів:

1) Черв'ячні (шнекові) установки. Подача сировини на формуючий інструмент здійснюється за допомогою черв'яка (шнека або гвинта Архімеда). В екструдері він захоплює сировину, ущільнює і продавлює через формуючий інструмент. Черв'як може мати різну довжину в залежності від матеріалу, що переробляється. У міру просування по спіралі гвинта сировина прогрівається до потрібної температури і гомогенізується. З нього видаляються гази. Черв'ячний тип вважається найбільш поширеним і використовується у різних галузях виробництва.

2) Плунжерні чи поршневі установки. Вони відрізняються тим, що до камери надходить чітко дозована кількість матеріалу, яка потім видавлюється поршнем через отвір. Така технологія дозволяє отримувати штучні вироби у безперервному режимі з чітко заданими розмірами та формою. Широко застосовуються такі екструдери при таблетуванні виробів, у т. ч. для виготовлення лікарських таблеток. Можуть використовуватися для виробництва пластмасових та гумових виробів.

3) Плоскощілинні установки. В них видавлювання матеріалу здійснюється через вузьку щілину, що дозволяє отримувати плівки і рулонні вироби. Подача сировини на формуючий інструмент може проводитися черв'яком, плунжером або іншим способом. Важливо після виходу із щілини сформований виріб швидко охолодити, щоб зберегти форму.

Основними перевагами екструдера є висока продуктивність, економічність, простота в експлуатації обладнання та довговічність. Основними недоліками є вузький спектр полімерних матеріалів при використанні їх у виробництві та відсутність регуляції під час змішування розплаву, що значно впливає на якість продукту.

Для удосконалення екструдера з метою підвищення його технологічних можливостей було проведено літературно-патентний огляд для вибору варіанту модернізації черв'яка. В результаті обрано конструкцію черв'яка на основі прототипу [2], що зображена на рис. 1, яку далі розглянемо детальніше.

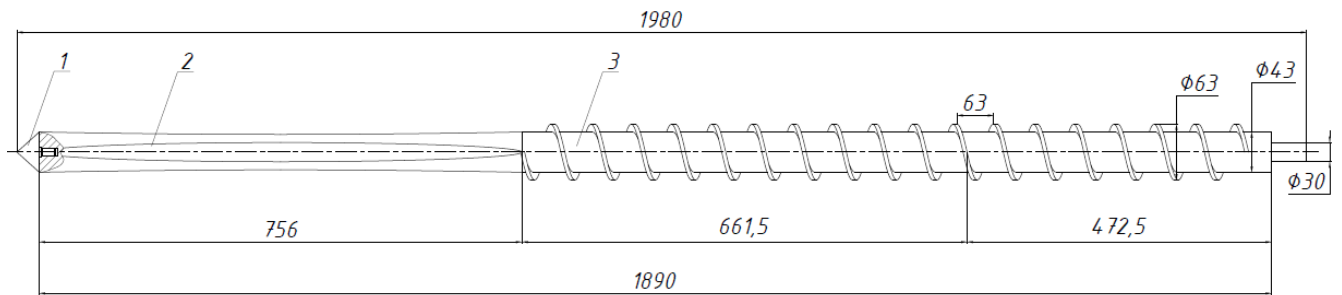


Рисунок 1 – Конструкція модернізованої змішувально-диспергувальної секції черв'яка:
1- накінецьник; 2- пара елементів у вигляді втулок; 3- черв'як

Запропонована на основі прототипу [2] конструкція модернізованої змішувально-диспергувальної секції черв'яка складається з: наконечника 1, пара елементів у вигляді втулок 2, черв'яка 3. Дане технічне рішення полягає в тому, що змішувально-диспергувальну секцію черв'яка 3 утворено щонайменше однією парою елементів 2, кожний з яких виконано у вигляді циліндра з рівномірно виконаними вздовж бокової поверхні похилими в бік однієї з її основ лисками, що сходяться нанівець, з утворенням у кожному елементі однієї круглої основи й другої основи у вигляді правильного багатокутника з прямими або закругленими вершинами, при цьому відповідні основи кожної пари елементів виконано однаковими, а елементи кожної пари контактують одна з одною однаковими основами.

Висновки. Таким чином технічним результатом запропонованої конструкції для модернізації черв'яка екструдера є те, що забезпечується не лише плавна течія розплаву перероблюваного матеріалу вздовж змішувально-диспергувальної секції черв'яка, що усуває утворення застійних зон, а й завдяки чергуванню в коловому напрямку кожного елемента зазначеної секції ділянок кільцевої форми і ділянок у вигляді колових сегментів забезпечується високий змішувально-диспергувальний ефект машини в цілому. При цьому можливість виконання елементів змішувально-диспергувальної секції різної довжини підвищує ефективність перероблення композиції, що також сприяє поліпшенню якості одержуваної продукції, а також розширює технологічні можливості екструдера за рахунок перероблювання полімерних матеріалів широкою номенклатури.

Перелік посилань

1. Экструзия. Экструдеры. Экструзионные линии. Доступ з екрану: https://ence-gmbh.ru/polymer_description_and_processing/extruding_machines/#extruders_benefits
2. Черв'ячна машина для перероблення матеріалів з використанням високомолекулярних сполук: Патент № 98758 Україна, МПК В29С 47/38 / І.О. Мікульонок, О.Л.Сокольський, В.І. Сівецький, В.М. Куриленко – Опубл. 12.05.2015, Бюл.№ 9. 6 с.

Модернізація конструкції екструдера з застосуванням запірною елемента з метою підвищення ефективності перероблення полімерів широкого спектру

Бабушкіна М. С., магістрант; Казак І.О., доц., к.п.н.
 Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ

Запропоновано варіант модернізації конструкції екструдера. Метою даної модернізації являє собою вдосконалити черв'ячний екструдер, у якому нова конструкція екструдера, що виконана із запірним елементом, забезпечує плавне регулювання прохідного перерізу запірною елемента, а отже і можливість ефективного перероблення широкого класу матеріалів. Така конструкція істотно підвищить ефективність перероблення матеріалів широкої номенклатури, а отже розширить технологічні можливості екструдера.

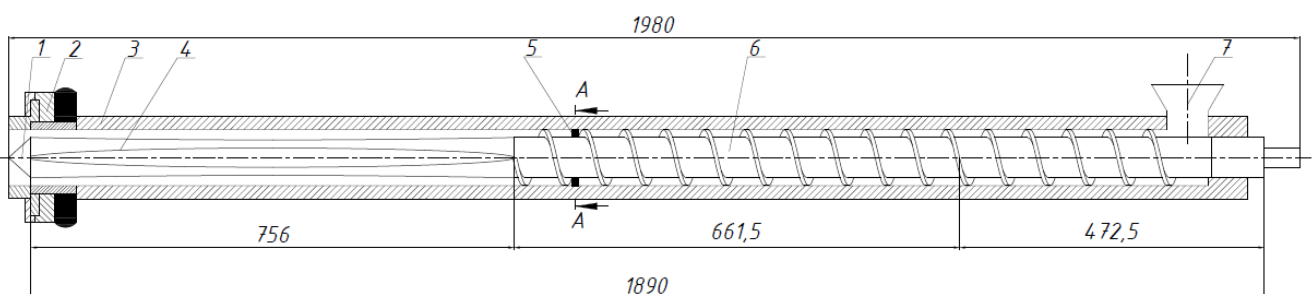
Вступ. Полімерні матеріали застосовуються в багатьох галузях виробництва, особливо в хімічній тому даний вид сировини набув за останні кілька років значної популярності. Полімери не бояться вологи, можуть довго зберігатися і прості у транспортуванні, оскільки більшість видів виробники випускають у вигляді дрібних гранул. Навіть при тривалому зберіганні сировина не втрачає фізико-хімічних характеристик, не розшаровується і не кришиться.

Екструзія — це спосіб отримання виробів шляхом продавлювання матеріалу крізь формуючу (екструзійну) головку. У хімічній промисловості метод екструзії застосовується для нагрівання, пластифікації, гомогенізації та надання необхідної форми вихідної сировини. Хімічний склад кінцевого продукту при цьому ідентичний хімічному складу вихідної сировини, що дозволяє досягти стабільної якості продукту, вдаючись при цьому до мінімальної кількості налаштувань обладнання, таким чином пояснюється відносна простота машин, що працюють у хімічній промисловості.

Методом екструзії у хімічній промисловості виготовляють різні погонажні вироби, такі як труби, листи, плівки тощо. Головним елементом виробничої лінії, що використовує такий метод виробництва, є екструдер [1].

Основними перевагами екструдера є висока продуктивність, економічність, простота в експлуатації обладнання та довговічність. Основними недоліками є вузький спектр полімерних матеріалів при використанні їх у виробництві та відсутність регуляції під час змішування розплаву, що значно впливає на якість продукту.

Для удосконалення екструдера з метою підвищення його технологічних можливостей було проведено літературно-патентний огляд для вибору варіанту модернізації черв'яка. В результаті обрано конструкцію екструдера на основі прототипу [2], що зображена на рис. 1, яку далі розглянемо детальніше.



а)

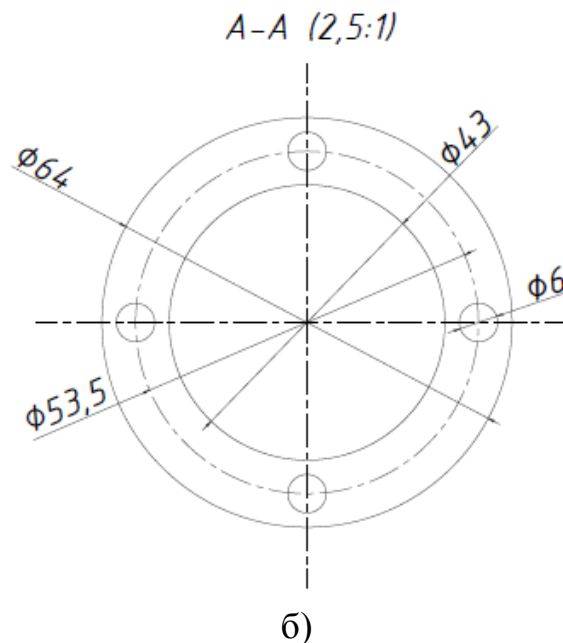


Рисунок 1 – Конструкція модернізованої конструкції екструдера запірним елементом:
а) повздовжній розріз екструдера; б) розріз А-А , запірний елемент

1 – накінецьник; 2 – адаптер; 3- корпус; 4, 6 – черв'як; 5 – запірний елемент у вигляді диска;
7 – завантажувальний отвір.

Запропонована на основі прототипу [2] конструкція екструдера із запірним елементом складається з: накінецьника 1, адаптера 2, корпусу 3, черв'яка 4,6, запірного елемента у вигляді диска 5 і завантажувального отвору 7. Дане технічне рішення полягає в тому, що в черв'ячному екструдері, що містить порожнистий корпус 3 із завантажувальним і розвантажувальним отворами 7, розміщений у порожнині корпусу 3 з можливістю обертання черв'як 4,6, що утворює з порожниною корпусу робочий канал, а також запірний елемент 5 для перекриття робочого каналу, при цьому запірний елемент 5 виконано у вигляді кільцевого диска з отворами для проходження перероблюваного матеріалу. У запропонованій модернізованій конструкції екструдера новим є те, що запірний елемент 5 по товщині виконано з двох аналогічних частин, установлених з можливістю повороту одна відносно одної і фіксації в заданому положенні.

Висновки. Таким чином, технічним результатом запропонованої конструкції для модернізації екструдера запірним елементом є те, що виконання запірного елемента по товщині з аналогічних частин шляхом їх відносного повороту на певний кут і фіксації в цьому положенні забезпечує змінювання прохідного перерізу запірного елемента, а отже і його опір, що, у свою чергу, надає можливість не лише варіювати ступінь загального поділу потоку перероблюваного матеріалу на більш дрібні потоки. Це дозволяє диспергувати перероблювальний матеріал і краще перемішувати, а також й регулювати час перебування матеріалу в екструдері.

Перелік посилань

3. Екструзія. Доступ з екрану:

<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BA%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B7%D1%96%D1%8F>

4. Черв'ячний екструдер: Патент № 60804 Україна, МПК В29С 47/38, В30В 9/14 / О.Г. Зубрій, І.О. Мікульонок, А.П. Шафаренко – Опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12. 2 с.