

**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

Сокольський О. Л.

« ____ » _____ 2022 р.

Магістерська дисертація

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

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

на тему: «Модернізація лінії для виробництва спеціальних багатошарових
полімерних труб з розробкою черв'ячного екструдера»

Виконав :

студент , групи ЛП з11мп

Кононенко Б. О.

Науковий керівник:

Ст. викл. Борщик С. О.

Рецензент:

к. т. н. , доц. каф. МАХНВ Степанюк А.

Р.

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

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу _____

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Монтаж і експлуатація обладнання	Борщик С.О.		
....			
...			
Загальний	<i>Прізвище, ініціали та посада</i>	модернізація	<i>плагіат</i>
Перевірка	Щербина В.Ю., д.т.н., проф.		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1			
2			
3			
...			

Студент

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

Керівник дисертації

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

УДК 678.057

"Лінія для виробництва труб з поліетилену з розробкою черв'ячного преса ЧП-45": Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»;

Керівник Борщик С.О. . Виконавець. Кононенко Б.О.

Робота складається з вступу і семи розділів основного тексту та 2х додатків.

Метою роботи є модернізація головки для виробництва труб з поліетилену. Спроектowana лінія дозволить випускати труби з поліетилену, які мають значний ряд переваг в порівнянні з трубами з чавуну і сталі.

У роботі спроектований прес черв'ячний ЧП-45. Виконано необхідні параметричні розрахунки і розрахунки на міцність.

Результати роботи були обговорені на семінарі кафедри ХПСМ.

ЕКСТРУДЕР, ТРУБНА ЛІНІЯ, ЧЕРВ'ЯЧНИЙ ЕКСТРУДЕР, ПОЛІЕТИЛЕН,
ГОЛОВКА ТРУБНА, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

ABSTRACT

UDC 678,057

"Line for the production of polyethylene pipes with the development of the press PE-45": Diploma project of educational qualification of "bachelor" for the training direction 6.050503 " Machinebuilding " (programa of professional direction "chemical production equipment and construction materials enterprises") / NTUU "KPI" ; Present work is performed under the direction of teacher. Performer Kononenko B.O.

The work consists of an introduction and seven sections. The total volume of 84 pages of main text, 2 applications.

The aim is modernization of the head of the production of polyethylene pipes. Designed line will allow to produce polyethylene pipes, which have a significant number of advantages compared with the pipes of iron and steel.

The screw extruder is designed in the paper. Achieved required parametric calculations and strength calculations.

Results of diploma project have been considered at chair CPSE seminar

**EXTRUDER, PIPE LINE, SCREW EXTRUDER, POLYETHYLENE, PIPE HEAD,
MODERNIZATION.**

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ІНДЕКСІВ

Умовні позначення

- D - діаметр черв'яка, мм;
e - ступінь чорноти корпусу машини;
E – модуль пружності, Мпа.
F - площа зовнішньої головки, м²;
Gм - продуктивність машини, м³/год;
L - довжина черв'яка, мм;
n – кількість оборотів червяка, об/хв;
N - потужність двигуна, кВт;
ρ - об'ємна маса матеріалу, кг/ м³;
P - потужність нагрівників, кВт;
t_{поч} - температура води початкова, С;
t_{кін} - температура води кінцева, С;
T_{поч} - початкова температура матеріалу, С;
T_{кін} - температура розплаву на виході, С;
α - коефіцієнт тепловіддачі, Вт/м²*К;

Скорочення

- ПЗ - пояснювальна записка;

Індекси

- max – максимальний;
min – мінімальний;

ЗМІСТ

Вступ

1	Опис технологічного процесу	10
2	Технічна характеристика.....	15
3	Опис і обґрунтування обраної конструкції.....	16
3.1	Вибір матеріалів.....	18
4	Розрахунки, які підтверджують працездатність та надійність конструкції черв'ячної машини ЧП-45x25.....	19
4.1	Параметричний розрахунок черв'ячної машини.....	19
4.2	Розрахунки на міцність.....	32
4.3	Тепловий розрахунок черв'ячного преса.....	41
5	Літературно – патентний огляд.....	47
5.1	Таблиця розглянутих патентів.....	54
6	Охорона праці	59
6.1	Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів.....	60
7	Технологія машинобудування.....	69
7.1	Технологічний процес виготовлення деталі.....	69
7.2	Вибір пристосування.....	80
7.3	Опис конструкції і принципу роботи.....	80
7.4	Розрахунок сил закріплення.....	82
	Висновок.....	83
	Список літератури.....	84
	Додаток А Специфікації креслень.....	85
	Додаток В Лістинг розрахункової програми.....	90

					ЛП01.087244.00-70 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Кононенко				Екструдер для виробництва труб з модернізацією головки	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.						1		
Керівник	Борщик					НТУУ "КПІ" ІХФ, ХПСМ		
Н. Контр.								
Затверд.	Сокольський							

Вступ

В останні роки полімерні труби для магістральних трубопроводів отримали широке застосування і можуть замінити металеві труби зі значними економічними перевагами.

Сучасне обладнання та технології виробництва напірних труб з полімерів дозволяють отримати багато переваг при будівництві зовнішніх мереж (водопроводи, самопливні колони, вдосконалені системи безнапірних і напірних каналізаційних колекторів, електротехніка та з'єднання - канали).) в порівнянні з трубами з чавуну і сталі, тобто легкі, стійкі до гідравлічних ударів, завдяки своїй еластичності не ламаються при замерзанні рідини в трубах, продовжують працювати після розморожування, зносостійкість висока (в 10 разів менше). ніж сталеві) дає можливість використовувати труби для гідравлічного транспортування, стійкість до корозії, пластичність, висока еластичність труб дозволяє в більшості випадків будувати водопроводи без компенсаторів, зручно при монтажі та ремонті та будівництві Швидко і дешево (після монтажу подорожчає на 20-30% порівняно з аналогічними металевими трубами).

Питання та перспективи розвитку технічних ліній виробництва полімерних труб, його створення машинобудівних баз, у тому числі В Україні стан ринку обладнання для переробки полімерів невіддільний від ринку виробництва полімерних трубних виробів. У галузевій пресі цьому приділено чимало уваги.

Багато питань вирішено або ще вирішується. Деякі прогнози вже справилися, а головні – стрімкий розвиток екструзійного обладнання, зростання попиту на труби та розширення їх асортименту – продовжують збуватися. Ця тема - виробництво труб і обладнання для цього - як і раніше залишається актуальною і проблемною і вимагає постійної уваги.

В даний час полімерних труб у світі виробляється більше, ніж труб з усіх інших матеріалів. Існує багато типів полімерних трубок, а різноманітність полімерів і компонентів робить необхідним виготовляти трубки різними технологіями, що вимагає спеціального обладнання для реалізації цих технологій.

Тому вибір теми дипломної програми відповідає вимогам сучасності.

Метою проекту є розробка виробничої лінії для виробництва полімерних труб, паралельно розробка шнекового екструдера, зокрема для виконання параметричних розрахунків, а також розрахунків на міцність основних вузлів і компонентів гвинтові верстати, які підтверджують працездатність лінії, відділом страхування праці та відділом інженерних технологій.

Модернізація оголовка полягає в зниженні термічного опору, що дає можливість знизити опір при виробництві труб і мінімізує можливість формування стиків в готовому виробі, тим самим покращуючи його якість.

Завдання дипломного проекту задаються під час проходження переддипломної практики.

1 Опис технологічного процесу

Потокова лінія для виробництва поліетиленових труб призначена для виробництва труб з поліетилену марки «Бален-02003» діаметром 55 мм і товщиною стінки 8,4 мм методом екструзії, який полягає в безперервному продавлюванні розплавленій полімерний матеріал шляхом екструзії труби. Кільцевий зазор, утворений головкою.

Цю виробничу лінію можна використовувати на різних підприємствах з переробки полімерних матеріалів, заводах з виробництва будівельних матеріалів і хімічних підприємствах.

Сучасною базовою лінією є лінія з виробництва поліетиленових труб LTM 45 - 10/30, розроблена НВО «Більшовик».

До складу лінії входять: черв'ячний прес 45×25 1, пневможивильник 2, трубна оголовкова установка 3, ванна вакуумного охолодження 4, доріжка 5, ванна охолодження води 6, розмічальний пристрій 7, тяговий пристрій 8, різальний пристрій 9, пристрій прийому матеріалу 10 (рис. 1.1).

Експлуатація показала, що продуктивність і якість продукції лінії недостатньо високі, а до недоліків лінії можна віднести низьку універсальність оброблюваних матеріалів. Тому виробничу лінію потребує модернізації, метою якої є покращення технічних характеристик, якості продукції та отримання таким чином економічної вигоди.

Принцип роботи лінії полягає в наступному: оброблений сипучий матеріал завантажується в завантажувальний пристрій, звідти потрапляє в завантажувальну горловину шнекового преса ПЕ 45x25, де гомогенізується і екструдуються через кільце з утворенням труби в форма гладкої трубки заготовки головки отвору. З формувальної головки трубна заготовка надходить у калібр, відкалібрований за зовнішнім діаметром і попередньо охолоджений для формування твердої оболонки на зовнішній поверхні труби. Остаточне охолодження трубки відбувається у вакуумній охолоджувальній ванні, підключеній безпосередньо до калібратора при температурі 30–40°C.

Труба протягується траками через калібри і лотки, потім труба подається в різальний агрегат, де розрізається на відрізки номінальною довжиною 6 м. Відрізок труби подається в приймальний пристрій і за сигналом кінцевого вимикача скидається в акумулятор пристрою. У укладальнику мішки формуються, а потім вручну обв'язуються металевими або пластиковими стрічками.

Шнековий екструдер 45×25 призначений для переробки зернистих термопластів в однорідний розплав для рівномірної екструзії через головку труби НТ 20–55. Екструдер складається з циліндричного товстостінного корпусу, в якому обертається черв'як. Корпус оснащений електронагрівачем для нагріву циліндра. Всередині шнека є отвір для охолодження води. Щоб уникнути перегріву корпусу екструдера, він також оснащений вентилятором, який подає повітря в зону нагріву.

Поворотний привід черв'яка здійснюється за допомогою двигуна постійного струму, клинопасової передачі і одноступінчастого циліндричного редуктора.

Трубна головна установка складається з наступних основних частин: трубна головка НТ 20-55 і візок. Ця головка використовується для виготовлення заготовок труб з поліетилену «Бален-02003» марки ТУ 2211-020-00203521-96 номінальним зовнішнім діаметром 20-55 мм. Головка машини має прямоочну конструкцію з опорою шпинделя кошикового типу. Набір змінних інструментів (оправок і матриць) дозволяє виготовляти труби різного діаметру з різною товщиною стінки. Профіль вхідної зони форми і оправки виконано по кривій клотоїди. Головка нагрівається резистивним нагрівачем. Використання візка для складання складального блоку, що міститься в головці, дозволяє швидко та легко збирати та розбирати головку.

Вакуумні охолоджувальні ванни призначені для охолодження термопластичних труб під час калібрування вакууму. Після черв'ячного преса в виробничу лінію встановлюється бочка.

Ванна складається з таких основних вузлів: корпус, рама, бак для води, вакуумний насос, відцентровий насос і механізм руху.

Основний корпус ванної кімнати - це шестиметрове приміщення, в якому міститься роздягальня, огорожена парканом. Зверху камера закривається

кришкою. У правій торцевій стінці корпусу є отвір для підключення манометра через гумовий ущільнювач. Ліва торцева і середня стінки мають отвори зі змінними гумовими ущільнювачами. На корпусі є роликовий вузол важільного типу, який можна виставити над трубою. Каркас являє собою зварну конструкцію з прямокутних труб. У нижній частині розташовані колеса для переміщення ванни по рейках. Рама оснащена: вакуумним насосом і вакуумметром для створення розрідження у ванні, ємністю для води і відцентровим насосом для циркуляції води у ванні, мотор-редуктором з гвинтовим механізмом для поздовжнього переміщення ванни вздовж. рейки .

Корпус ванни можна переміщати вертикально і вбік, щоб відцентрувати його вісь з віссю голови. Вертикальний рух досягається регулюванням положення осі відносно рами. Бічний рух ванни відбувається за рахунок бічного переміщення осі. Крім перерахованої арматури, ванни обладнані напірними, зливними і вакуумними лініями, переливними трубами і вакуумметрами.

Тягова машина складається з основи, верхньої балки, нижньої балки, гусеничного ланцюга, приводного пристрою для переміщення нижньої балки, рухомого шнека для верхньої балки, пульта керування та напрямного колеса. Привід гусеничного ланцюга складається з електродвигуна, муфти зчеплення, черв'ячної передачі, вертикального вала та конічної зубчатої пари, яка передає обертовий рух гусеничному ланцюгу.

Маркувальний апарат ПМТ-1 призначений для нанесення маркування кольоровою стрічкою і складається з підставки і трьох гнізд.

Ріжучий вузол розроблений спеціально для різання труб з полімерних матеріалів Секції заданої довжини встановлюються в лінію після трактора. Ріжучий пристрій складається з таких основних частин: станини, візка, механізму переміщення візка. Основним корпусом візка є візок, який пересувається по напрямних за допомогою чотирьох роликів.

Маятник - це важіль, який обертається в корпусі підшипника. Циркулярна пила кріпиться до кінця маятника, який приводиться в обертання клиновим ременем від електродвигуна. Маятник обертається за допомогою циліндрів. Затискний механізм даного виробу являє собою повітряний циліндр з гумовою накладкою,

закріпленою на кінці штока. За командою автоматизованої системи затискний механізм щільно притискає виготовлену трубу до основи опори кузова.

Механізм переміщення кронштейна складається з циліндра, корпус циліндра жорстко закріплений на станині, а шток з'єднаний з корпусом кронштейна. Компоненти пневматичної системи, які регулюють пневматичний клапан скидання тиску та пневматичний дросельний клапан, дозволяють каретці рухатися зі швидкістю, близькою до швидкості продукту, який виготовляється під час процесу різання

2 Технічна характеристика

1) Продуктивність потокової лінії - кг/год, не більше 50

2) Особливості продукту:

- зовнішній діаметр труби - 55 мм

- Товщина стінки - 8,4 + 1 мм

– Довжина профілю – 6000 □ 100 мм

3) Лінійна швидкість вилученого продукту кінематична

Забезпечується механізмом - м/хв 0,5–5

4) Споживана потужність - кВт. 45

5) Встановлена потужність-кВт не більше 52,65

6) Джерело живлення:

– мережа змінного струму – глухе заземлення трифазної нейтралі;

– Напруга –В;380/220

– Частота – Герц. 50

7) Джерело повітря:

– стиснене повітря зі ступенем забруднення 7-9 за ГОСТ 17433-80;

——Тиск——МПа;0,3–0,6

- об'ємна витрата - куб.м / год, не більше 1,5

8) Водопостачання:

- тиск води - МПа;0,2 - 0,4

- Витрата - м3/год. 3.5

9) Розміри:

——довжина——мм;28500□200

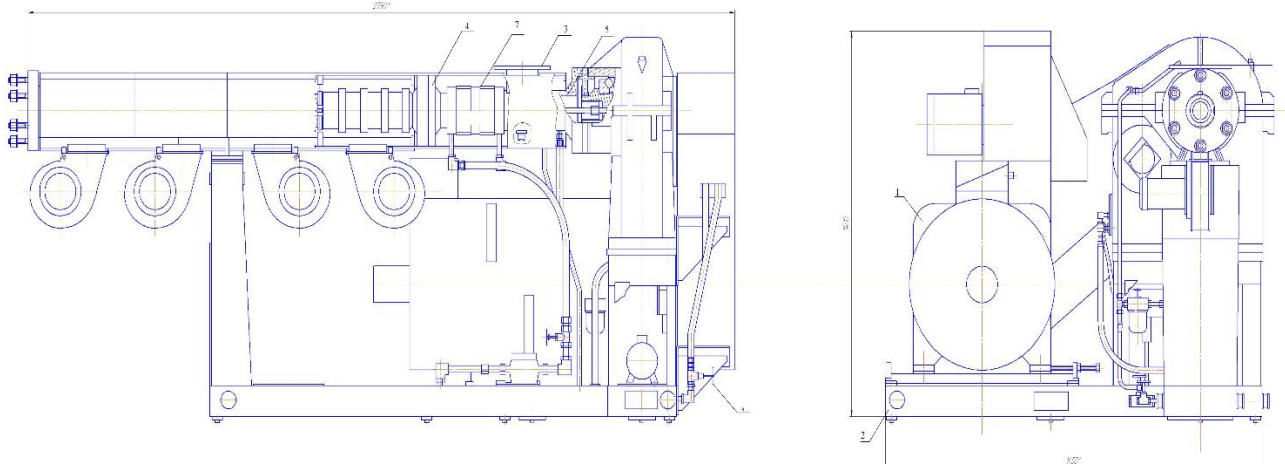
– Ширина – мм;2260□100

- Висота - мм. 2100□100

10) Вага - кг, не багато

3 Опис і обґрунтування обраної конструкції

Екструдер черв'ячний ЧП 45×25 призначений для безперервної переробки гранульованих термопластів в однорідний розплав і рівномірного видавлювання його крізь головку трубку (рисунок 3.1).



1 - привід преса, 2 - станина, 3 - воронка завантажувальна, 4 - корпус,
5 - черв'як, 6 - система охолодження, 7 - система нагрівання

Рисунок 3.1 – Схема ЧП 45×25

Основним робочим органом преса є товстостінний циліндр, в якому обертається черв'як (шнек). Черв'яки можуть варіюватися в діаметрі від 20 до 500 мм і більше і характеризуються геометрією (профілем) поперечного перерізу каналу, довжиною розрізу, кроками, ступенем стиснення і кількістю кроків різання.

Під час обертання черв'яка матеріал транспортується по спіральному каналу, утвореному внутрішньою поверхнею циліндра і нарізкою черв'яка. Транспортування супроводжується сильною деформацією матеріалу і підвищеною напругою.

Одночасно відбуваються різні процеси: нагрівання матеріалів за рахунок розсіяної енергії та енергії, що надходить від системи нагріву циліндра, хімічних речовин, фаз і

Інше перетворення, ущільнення та об'єднання сипких матеріалів; змішування компонентів; видалення газів та інших компонентів з матеріалів.

У зоні подачі оброблений матеріал приймається і переміщується в зону плавлення і ущільнення. Щоб підвищити продуктивність, зона завантаження використовує черв'ячний канал великого об'єму.

У зоні плавлення полімер розплавляється, ущільнюється і дегазується. Для ефективного здійснення цих процесів об'єм черв'ячного каналу в зоні плавлення поступово зменшують, що досягається в більшості випадків зменшенням глибини каналу, кроку спіралі або обох параметрів.

У зоні дозування розплав переміщується і створюється тиск, під впливом

якого розплав продавлюється через формувальний інструмент.

Довжина функціональної зони екструдера може сильно варіюватися в залежності від характеристик матеріалу, що обробляється, і особливостей технології обробки.

Завантажувальна лійка являє собою товстостінний циліндр із зарядним отвором і водяною сорочкою. Він складається з основного корпусу та вставної втулки. Зовнішня поверхня зарядної лійки оснащена двигуном.

Контроль температури поверхні гільзи здійснюється термоелектричним перетворювачем з допоміжними пристроями. Основний корпус у вигляді товстостінного циліндра, з'єднаного із завантажувальною лійкою фланцевим з'єднанням. Корпус має чотири зони нагріву з резистивними нагрівачами. Охолодження прибудинкової території здійснюється чотирма незалежними вентиляторами. Для контролю температури корпусу на ньому встановлено термоелектричний перетворювач.

Регіони відокремлені один від одного перегородками. Ззовні корпус покритий теплоізоляційною оболонкою.

Система охолодження призначена для охолодження масла в завантажувальному бункері, черв'яку і корпусі редуктора.

Черв'як з'єднаний з перехідною втулкою гнізда радіально-упорного підшипника шліцьовим з'єднанням. Цей вал з'єднаний з тихохідним редуктором шліцьовим з'єднанням.

Фільера з'єднана зі стовбуром екструдера фланцевим з'єднанням.

Основний корпус складається з навантаженої та оплавленої секцій. Всі деталі з'єднані фланцями. З іншого боку до несучої частини корпусу також прикріплений набір радіально-упорних підшипників. У плавній частині корпусу встановлений нагрівач, який нагріває корпус і розплавляє полімер. Завантажувальна частина корпусу має канали для подачі води для охолодження екструдера.

3.1 Вибір матеріалів

Оскільки в технології ставляться підвищені вимоги до міцності та надійності машини у відповідності з рекомендаціями вибираємо для вузлів і деталей сталь 40ХН2МА (ГОСТ 9940-88) з межею міцності при розтягуванні 200 МПа, а межею плинності 470 МПа. Болти виготовляються з Сталі 40Х(ГОСТ 1050-88), які використовуються для деталей машин з підвищеними вимогами. Шайби виготовляються із сталі Ст3 (ГОСТ 380-94); межа міцності такої сталі при розтягуванні не менше 470 МПа.

4 Розрахунки які підтверджують працездатність та надійність конструкції черв'ячної машини ЧП-45

4.1 Параметричний розрахунок черв'ячної машини

4.1.1 Розрахунок геометрії черв'яка

Черв'як є основним вузлом шнекової машини і призначений для транспортування полімерного матеріалу від бункера живлення до формувальної головки, а також для пластифікації окатишів, гарного перемішування розплаву і встановлення тиску, необхідного для екструзії з головки.

Діаметр черв'яка є одним з основних параметрів, що характеризують механічні властивості черв'яка.

На показаній лінії використовується екструдер з діаметром черв'яка $D=45$ мм і відношенням довжини робочої частини до її діаметра $L/D=25$.

Інші параметри черв'яка підбираються відповідно до матеріалу, що обробляється. В даному випадку оброблюваним матеріалом є поліетилен і основні параметри черв'яка розраховуються відповідно до наведених нижче залежностей. [6, 8]

Крок спіралі черв'яка:

мм

Товщина черв'яка:

мм

Зазор черв'яка і втулки:

мм

Глибина гвинтової канавки під живильною лійкою:

мм

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

Довжина торпеди з мішалкою:

$$L_{\text{торп}} = (0,6 \div 0,8) \cdot D + 70 = 0,7 \cdot 45 = 31,5 \text{ мм.}$$

Довжина робочої частини черв'яка приймається такою:

$$L_{\text{раб}} = 25 D = 25 \cdot 45 = 1125 \text{ мм.}$$

Приймає довжину зони завантаження:

$$L_{\text{загр}} = (1,5 \div 3) \cdot D = 2,5 \cdot 45 = 112,5 \text{ мм.}$$

Довжина зони дозування приймається такою:

$$L_{\text{доз}} = (3 \div 6) \cdot D = 5 \cdot 45 = 225 \text{ мм.}$$

Довжина стиснутої ділянки приймається такою:

$$L_{\text{сж}} = L_{\text{раб}} - L_{\text{доз}} - L_{\text{heat}} = 1125 - 225 - 112,5 = 1012,5 \text{ мм}$$

Прийняти довжину опори та евольвентного зачеплення: $L_{\text{ев}}=170$ мм;

Прийміть довжину пружинної секції:

$$L_{\text{намистинка}} = (0,1 \div 0,5) \times D = 0,3 \cdot 45 = 13,5 \text{ мм}$$

Загальна довжина черв'яка:

$$L = L_{\text{раб}} + L_{\text{ев}} + L_{\text{отб}} + L_{\text{торп}} = 1350 + 170 + 13,5 + 31,5 = 1565 \text{ мм.}$$

4.1.2 Визначення коефіцієнта геометричної форми головки

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

Весь шлях проходження розплаву через канал головки розіб'ємо на декілька простіших складових і проведемо розрахунок.[6 , 7]

1. Круглий циліндричний канал:

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

де d-діаметр круглого циліндричного каналу;см

L-довжина круглого циліндричного каналу;см

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

2. Конічний кільцевий канал з конічною щілиною:

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

де R_1 - середній радіус отвору на вході;см

R_0 - середній радіус отвору на виході;см

δ_1 -висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину;см

δ_2 -висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини;см

L-довжина конічного каналу з конічною щілиною;см

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

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

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

3. Решітка:

$$K_p = \frac{z \cdot \pi \cdot d_p^4}{128 \cdot b},$$

де z – кількість отворів;

d_p - діаметр окремих отворів в решітці; см

b – товщина решітки ; см

$$K_3 = \frac{160 \cdot 3,14 \cdot 0,7^4}{128 \cdot (-2,7)} = 0,35 \text{ см}^3.$$

4. Конічний кільцевий канал з конічною щілиною:

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

де R_1 - середній радіус отвору на вході;см

R_0 - середний радіус отвору на виході;см

δ_1 -висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину;см

δ_2 -висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини;см

L -довжина конічного каналу з конічною щілиною;см

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

$$m = \frac{2,3 \cdot (9,4 - 9,8)^2}{(9,4 \cdot 0,4 - 9,8 \cdot 1)^2} \cdot \lg \frac{9,4 \cdot 0,4}{9,8 \cdot 1} - \frac{(9,4 - 9,8) \cdot (1 - 0,4)}{(9,4 \cdot 0,4 - 9,8 \cdot 1) \cdot 1 \cdot 0,4} - \frac{1^2 - 0,4^2}{2 \cdot 1^2 \cdot 0,4^2} = 14,72 \frac{1}{\text{см}^2}.$$

$$K_4 = \frac{3,14 \cdot (9,4 \cdot 0,4 - 9,8 \cdot 1)}{6 \cdot 1 \cdot (-2,7)} = 1,17 \text{ см}^3.$$

5. Конічний кільцевий канал з конічною щілиною:

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

де R_1 - середній радіус отвору на вході;см

R_0 - середний радіус отвору на виході;см

δ_1 -висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину;см

δ_2 -висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини;см

L -довжина конічного каналу з конічною щілиною.см

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

$$m = \frac{2,3 \cdot (9,5 - 15,8)^2}{(9,5 \cdot 0,2 - 15,8 \cdot 0,73)^2} \cdot \lg \frac{9,5 \cdot 0,2}{15,8 \cdot 0,73} - \frac{(9,5 - 15,8) \cdot (0,73 - 0,2)}{(9,5 \cdot 0,2 - 15,8 \cdot 0,73) \cdot 0,73 \cdot 0,2} - \frac{0,73^2 - 0,2^2}{2 \cdot 0,73^2 \cdot 0,2^2} = 2,7 \frac{1}{\text{см}^2}.$$

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

Загальний коефіцієнт геометричної форми для всієї головки можна визначити, як суму опорів окремих ділянок головки :

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

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

4.1.3 Продуктивність машини по зоні дозування з урахуванням впливу головки

Робочий процес черв'ячної машини в цілому залежить не тільки від геометричних розмірів черв'яка і процесів, що проходять у його каналах, але також від геометрії, конфігурації головки черв'ячної машини, і її профілюючих елементів.[6 , 7]

Об'ємна продуктивність крізь головку на передній частині черв'ячної машини прямо пропорційна падінню тиску ΔP і обернено пропорційна в'язкості розплаву μ :

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

Також рівняння продуктивності можна представити таким чином:

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

де K - коефіцієнт пропорційності,

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

$$\alpha = \frac{\pi^3 \cdot (t - \lambda \cdot e) \cdot \sigma}{a + t^2 \cdot b},$$

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

$$\beta = \frac{\pi \cdot t - (t - \lambda \cdot e)}{12 \cdot L_i \cdot (a + t^2 \cdot b)},$$

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

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

де σ - коефіцієнт залежний від геометричних розмірів черв'яка:

$$\sigma = 1 - \frac{6,9 \cdot D}{2 \cdot (h_i - h_2)} \cdot \lg \frac{h_i}{h_2} + \frac{D^2}{2 \cdot h_i \cdot h_2},$$

b - коефіцієнт, розрахований за формулою:

$$b = \frac{2,3}{(h_i - h_2) \cdot D^3} \cdot \lg \frac{h_i \cdot (D + d_2)}{h_2 \cdot (D + d_1)} + \frac{2 \cdot h_i \cdot h_2 + (h_i - h_2) \cdot D}{2 \cdot D^2 \cdot h_i^2 \cdot h_2^2},$$

a - коефіцієнт, розрахований за формулою:

$$a = \frac{\pi^2}{h_i \cdot h_2} \cdot \left(\frac{D \cdot (h_i + h_2)}{2 \cdot h_i \cdot h_2} - 1 \right),$$

де h_1 - глибина гвинтового каналу в зоні завантаження; см

h_H - глибина гвинтового каналу на початку зони дозування; см

h_2 - глибина гвинтового каналу на кінці черв'яка; см

L_H - довжина зони дозування; см

D - зовнішній діаметр черв'яка; см

d_1 -діаметр сердечника в зоні дозування;см

d_2 - діаметр сердечника на кінці черв'яка;см

e - ширина гребеня витка черв'яка;см

δ -зазор між черв'яком і гільзою;см

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

$$a = \frac{3,14^2}{0,53 \cdot 0,35} \cdot \left(\frac{4,5 \cdot (0,53 + 0,35)}{2 \cdot 0,53 \cdot 0,35} - 1 \right) = 646 \frac{1}{\text{см}^2}.$$

$$b = \frac{2,3}{(0,53 - 0,35) \cdot 4,5^3} \cdot \lg \frac{0,53 \cdot (4,5 + 5,6)}{0,35 \cdot (4,5 + 5,3)} + \frac{2 \cdot 0,53 \cdot 0,35 + (0,53 + 0,35) \cdot 4,5}{2 \cdot 4,5^2 \cdot 0,53^2 \cdot 0,35^2} = 2,46 \frac{1}{\text{см}^4}.$$

$$\sigma = 1 - \frac{6,9 \cdot 4,5}{2 \cdot (0,53 - 0,35)} \cdot \lg \frac{0,53}{0,35} + \frac{4,5^2}{2 \cdot 0,53 \cdot 0,35} = 96,3.$$

$$\alpha = \frac{3,14^3 \cdot (4,5 - 2 \cdot 0,5) \cdot 96,3}{646 + 4,5^2 \cdot 2,46} = 22,6 \text{ см}^2.$$

$$\beta = \frac{3,14 \cdot 4,5 - (4,5 - 2 \cdot 0,5)}{12 \cdot 76 \cdot (646 + 4,5^2 \cdot 2,46)} = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3.$$

$$\gamma = \frac{3,14 \cdot 4,5 \cdot 0,015^3 \cdot 6,5^2}{10 \cdot 0,5 \cdot 76 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot 6,5^2 + 4,5^2}} = 0,357 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3.$$

$$Q = \frac{22,6 \cdot 0,0199 \cdot 150}{0,0199 + 0,15 \cdot 10^{-3} + 0,357 \cdot 10^{-6}} = 3435,5 \frac{\text{см}^3}{\text{хв}} = 48,5 \frac{\text{кг}}{200}$$

4.1.4 Визначення перепаду тиску в головці

Перепад тиску в головці при відомих значеннях продуктивності і коефіцієнта геометричної форми головки визначають по формулі:[6 , 8]

$$\Delta P = \frac{Q \cdot \mu_2}{K}$$

де Q -продуктивність черв'ячної машини, $\frac{\text{кг}}{200}$

К - коефіцієнт геометричної форми головки,

μ_e - ефективна в'язкість .

Падіння тиску в головці складається з втрат тиску на окремих ділянках.

При визначенні коефіцієнта геометричної форми головки були обрані окремі ділянки, що в основному створюють опір проходу розплаву в головці і сума яких дає загальний перепад тиску.

1. Для циліндричного круглого каналу швидкість зсуву визначається за формулою:

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

де Q - продуктивність черв'ячної машини;

d-діаметр циліндричного круглого каналу.

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

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

$$\mu_{y1} = 16 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Перепад тиску в круглому циліндричному каналі складає :

$$\Delta P_1 = \frac{39,5 \cdot 16 \cdot 10^3}{0,07} = 13,1 \text{ МПа}$$

2. Для конічного каналу швидкість зсуву визначається за формулою:

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

де R₁-середній радіус кола на виході;

R₀-середній радіус кола на вході;

δ_1 - висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину;

δ_2 - висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини.

$$S_2 = \frac{2,32 \cdot 39,5}{3,14 \cdot (0,7 + 9,5) \cdot (1+1)^2} = 1,04 \text{ c}^{-1}.$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліетилену при температурі розплаву 190°C и швидкості зрушення 1,04 c⁻¹ :

$$\mu_{e3} = 25 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Перепад тиску в кінчному каналі:

$$\Delta P_2 = \frac{39,5 \cdot 25 \cdot 10^3}{0,11} = 13,0 \text{ МПа.}$$

3. Для решітки швидкість зрушення визначається за формулою:

$$S = 8 \cdot Q \cdot D,$$

де D-діаметр отвору решітки.

$$S_3 = 8 \cdot 57,26 \cdot 0,7 = 320 \text{ с}^{-1}.$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліетилену при температурі розплаву 190°C и швидкості зрушення 320 с⁻¹ :

$$\mu_{e3} = 2,8 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с.}$$

Перепад тиску в решітці:

$$\Delta P_3 = \frac{39,5 \cdot 2,8}{0,35} = 0,46 \text{ МПа.}$$

4. Для кінчного кільцевого каналу з кінчною щілиною швидкість зрушення визначається за формулою:

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

де R₁-середній радіус кола на виході; см

R₀-середній радіус кола на вході; см

δ₁ - висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину; см

δ₂ - висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини; см

$$S_4 = \frac{22,32 \cdot 39,5}{3,14 \cdot (9,4 + 9,8) \cdot (1 + 0,4)^2} = 10,82 \text{ с}^{-1}.$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліетилену при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву 10,82 с⁻¹:

$$\mu_{e5} = 18 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с.}$$

Перепад тиску в кінчному каналі:

$$\Delta P_4 = \frac{39,5 \cdot 18 \cdot 10^3}{1,17} = 0,88 \text{ МПа.}$$

5. Для кінчного кільцевого каналу з кінчною щілиною швидкість зрушення визначається за формулою:

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

де R_1 -середній радіус кола на виході; см

R_0 -середній радіус кола на вході; см

δ_1 - висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину; см

δ_2 - висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини; см

$$S_5 = \frac{22,32 \cdot 39,5}{3,14 \cdot (9,5 + 15,8) \cdot (0,73 + 0,2)^2} = 18,6 \text{ с}^{-1}.$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліетилену при

температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву $18,6 \text{ с}^{-1}$:

$$\mu_{e5} = 20 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Перепад тиску в кінці каналі:

$$\Delta P_5 = \frac{39,5 \cdot 20 \cdot 10^3}{0,043} = 9,6 \text{ МПа}.$$

Загальний тиск у головці:

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

$$\sum \Delta P = 13,1 + 13,0 + 0,46 + 0,88 + 9,6 = 37,04 \text{ МПа}.$$

4.1.5 Розрахунок потужності приводу

Потужність, яка витрачається черв'ячною машиною для переробки пластичних мас, йде на переміщення матеріалу в гвинтовому каналі черв'яка і на зріз матеріалу в зазорі між гребенем і внутрішньою стінкою циліндра або гільзи.[6]

Потужність черв'ячної машини:

$$N = N_1 + N_2,$$

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

$$N_1 = \frac{10^{-4} \cdot \pi^3 \cdot (t - e) \cdot L \cdot j \cdot \mu_{\dot{\alpha}\alpha} \cdot n^2}{36 \cdot t} + \frac{10^{-3} \cdot a_2 \cdot \Delta P \cdot n}{6};$$

N_2 -потужність, що витрачається на подолання тертя матеріалу у зазорі між вершиною витка і стінкою циліндра:

$$N_2 = \frac{10^{-4} \cdot \pi^3 \cdot D \cdot e \cdot L \cdot \mu_{\text{до}} \cdot n}{36 \cdot \delta \cdot t};$$

J-коєфіцієнт, обчислений за формулою:

$$j = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4t^2}{\pi^2} + \frac{(D + d_2) - (D + d_1)}{3 \cdot (d_2 - d_1)} + \frac{2,3 \cdot \pi^2 \cdot D^5}{(t^2 + \pi^2 \cdot D^2) \cdot (h_1 - h_2)} \cdot \lg \frac{h_1}{h_2};$$

t - крок гвинтової нарізки черв'яка; см

D- зовнішній діаметр черв'яка; см

Δp -перепад тиску в головці;

d_1 -діаметр черв'яка в зоні дозування; см

d_2 -діаметр сердечника на кінці черв'яка; см

a_2 -постійна прямого потоку; см

h_H -глибина нарізки на початку зони дозування; см

h_K -глибина нарізки на кінці черв'яка; см

L -довжина зони дозування; см

e -ширина гребеня витка черв'яка; см

δ -радіальний зазор; см

$$j = \frac{3,14^2 \cdot 0,045^2 - 4 \cdot 0,065^2}{3,14^2} + \frac{(0,045 + 0,056)^3 - (0,045 + 0,053)^3}{3 \cdot (0,056 - 0,053)} + \frac{2,3 \cdot 3,14^2 \cdot 0,045^5}{(0,045^2 + 3,14^2 \cdot 0,045^2) \cdot (0,53 \cdot 10^{-3} - 0,35 \cdot 10^{-3})} \times \lg \frac{0,53 \cdot 10^{-3}}{0,35 \cdot 10^{-3}} = 5,92 \text{ м}^2.$$

Швидкість зсуву в гвинтовій нарізці черв'яка для визначення ефективної динамічної в'язкості можна отримати за формулою:

$$S = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot n}{60 \cdot \delta \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + t^2}} = \frac{3,14^2 \cdot 4,5^2 \cdot 180}{60 \cdot 0,015 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot 4,5^2 + 6,5^2}} = 3132 \text{ с}^{-1}.$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву 2095 с^{-1} :

$$\mu_{\text{ef}} = 0,75 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с} = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{сек} / \text{см}^2.$$

$$N_2 = \frac{10^{-4} \cdot \pi^3 \cdot (t - e) \cdot L \cdot j \cdot \mu_{\text{ef}} \cdot n^2}{36 \cdot t} + \frac{10^{-3} \cdot a_2 \cdot \Delta P \cdot n}{6};$$

$$N_2 = \frac{10^{-4} \cdot 3,14^3 \cdot 4,5^3 \cdot 0,5 \cdot 76 \cdot 0,75 \cdot 10^{-3} \cdot 150^2}{36 \cdot 0,015 \cdot 6,5} = 706,3 \text{ Вт} = 0,706 \text{ кВт}.$$

Ефективна динамічна в'язкість визначається з графічної залежності при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву розплаву, обчисленої за формулою:

$$S = \frac{\pi^2 \cdot (D - h_{\text{нв}}) \cdot (D - 2 \cdot h_{\text{нв}}) \cdot n}{60 \cdot h_{\text{нв}} \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot (D - 2h_{\text{нв}})^2 - t^2}},$$

де $h_{\text{ср}}$ -середня глибина гвинтового черв'яка:

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{0,53 + 0,35}{2} = 0,44 \text{ см.}$$

$$S = \frac{3,14^2 \cdot (4,5 - 0,44) \cdot 4,5 \cdot (6,3 - 2 \cdot 0,44) \cdot 150}{60 \cdot 0,44 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot (4,5 - 2 \cdot 0,44)^2 + 6,5^2}} = 97,2 \text{ с}^{-1}.$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву $97,2 \text{ с}^{-1}$,

$$\mu_{\text{еф}} = 0,63 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$N_1 = \frac{10^{-4} \cdot 3,14^3 \cdot (6,5 - 0,5) \cdot 76 \cdot 592 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 150^2}{36 \cdot 0,063} + \frac{10^{-3} \cdot 22,6 \cdot 370 \cdot 150}{6} = 68220,2 \text{ Вт} = 68,22 \text{ кВт.}$$

Загальна потужність буде дорівнює:

$$N = N_1 + N_2 = 68,22 + 0,706 = 68,93 \text{ кВт}$$

Враховуючи ККД приводу, потужність що споживається буде складати :

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{68,93}{0,88} = 78,33 \text{ кВт.}$$

Вибираємо двигун 2ПФ-250LY4 потужністю 80 кВт.

4.2 Розрахунки на міцність

4.2.1 Розрахунок черв'яка на стиск

Метою розрахунку є визначення працездатності черв'яка.

На черв'як діють такі силові фактори: [8, 9]

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

Схема навантаження черв'яка та епюри напружень зображені на рисунку 4.1.

Розраховуємо крутний момент:

$$\dot{I}_{\partial} = \frac{9550 \cdot N}{n} = \frac{9550 \cdot 80}{150} = 5,09 \cdot 10^3 \text{ } \dot{I} \cdot \dot{I} .$$

де $N=80$ – потужність, яка споживається черв'яком, кВт;

$n=150$ - швидкість обертання черв'яка, об/хв.

Осьове зусилля:

$$P_{oc} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{D} = \frac{2 \cdot 5,09 \cdot 10^3}{0,045} = 22,6 \text{ кН}.$$

де $D=0,045$ - зовнішній діаметр черв'яка, м;

$\varphi=16,5^\circ$ - кут підйому нарізки.

Розподілене навантаження від власної ваги:

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

де G - маса черв'яка, кг;

$l_p=1,89$ - довжина робочої частини, м.

$$G = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \rho \cdot l_p = \frac{3,14 \cdot 0,045^2 \cdot 7710 \cdot 1,890}{4} = 45,4 \text{ кг}.$$

$$\dot{I}_{\max} = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_p^2 = \frac{1}{2} \cdot 235,6 \cdot 1,89^2 = 420,8 \text{ } \dot{I} \cdot \dot{I} .$$

W_x - осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3 (1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3,14 \cdot 0,035^3 (1 - 0,29^4)}{32} = 1,01 \cdot 10^{-5}$$

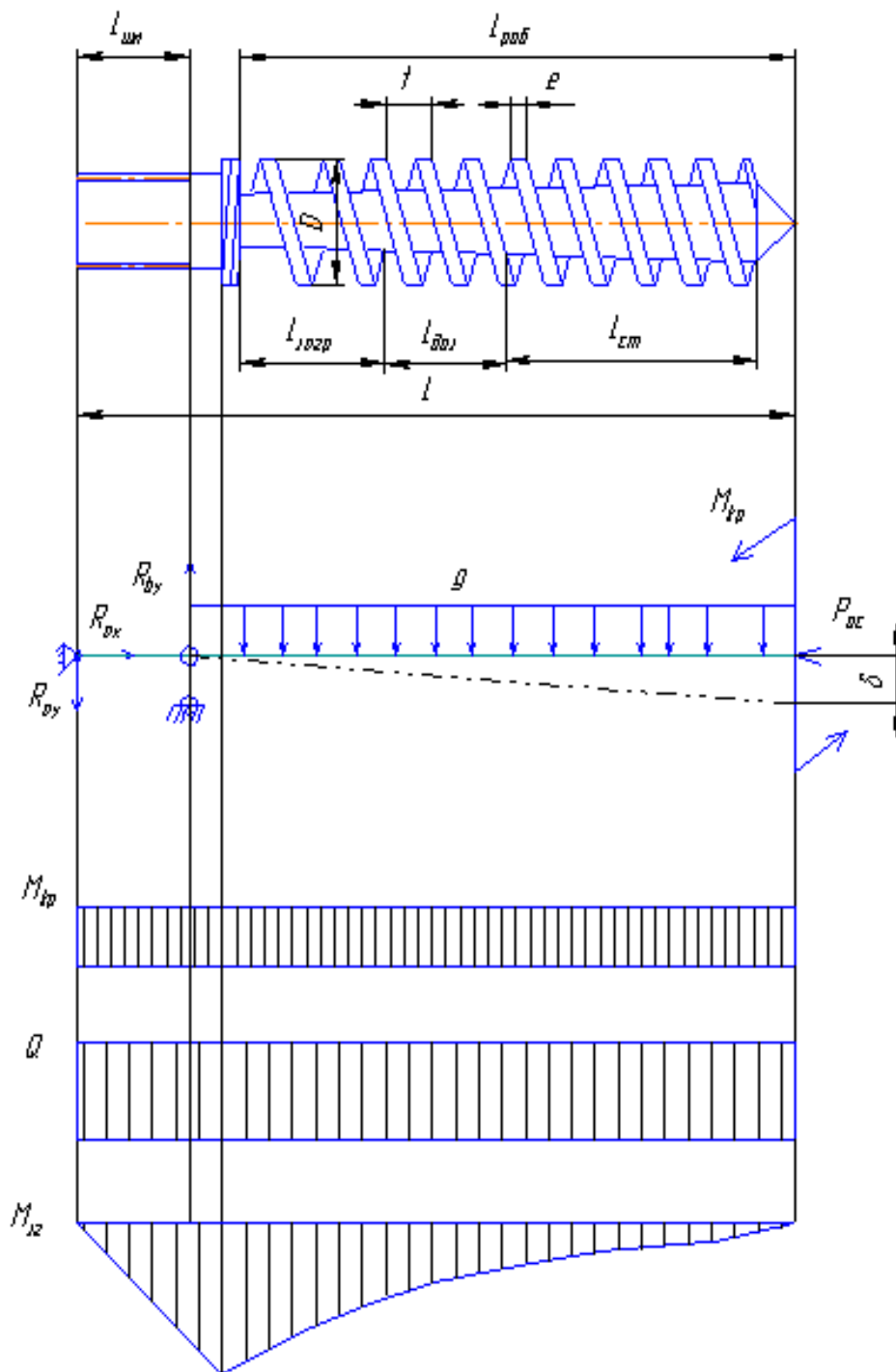


Рисунок 4.1-Розрахункова схема шнека та епюри напружень.

Стискне напруження:

$$\sigma_{cm} = \frac{P_{oc}}{F} + \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{22,6 \cdot 10^3}{1,23 \cdot 10^{-3}} + \frac{420,8}{1,01 \cdot 10^{-5}} = 84,8 \text{ МПа.}$$

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

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} (1 - \alpha^2) = \frac{3,14 \cdot 0,035^2}{4} (1 - 0,29^2) = 1,23 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

$$\alpha = \frac{d_0}{d_1} = \frac{0,014}{0,035} = 0,29.$$

d_0 - діаметр осердя в зоні завантаження;

Дотичне напруження:

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

де W_p - полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_1^3 (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{3,14 \cdot 0,035^3 \cdot (1 - 0,29^4)}{16} = 2,02 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності:

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

Коефіцієнт запасу повинен перевищувати допустиме значення:

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

Матеріал червяка сталь 38Х2МЮА для якої $\sigma_t = 880$ МПа.

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

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

Умова міцності черв'яка виконується.

4.2.2 Розрахунок черв'яка на кручення

Перевіряємо найбільш слабкий переріз на кручення: [6]

$$N_\tau = \frac{\tau_1}{\tau_p \left(\frac{k_\tau}{\beta \cdot \varepsilon_\tau} + \zeta_\tau \right)} = \frac{252 \cdot 10^6}{32,2 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{1,9}{0,9 \cdot 0,59} + 0,05 \right)} = 2,16$$

де $\tau_1 = 252 \cdot 10^6$ – межа втоми при крученні для сталі 38Х2МЮА, Па;

$\beta = 0,9$ – коефіцієнт стану поверхні;

$K_\tau = 1,9$ – ефективний коефіцієнт концентрації напружень;

$\varepsilon_{\tau} = 0,59$ - коефіцієнт, що враховує вплив змінної складової напруження;

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

Розрахункове напруження кручення

$$\tau_p = \frac{M_{kp}}{2 \cdot W_{ro}} = \frac{5,09 \cdot 10^3}{2 \cdot 7,9 \cdot 10^{-5}} = 32,2 \text{ МПа.}$$

де W_{ro} – полярний момент опору крученню перерізу черв'яка з врахуванням жорсткості витків

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

$I = 9,278 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$ – полярний момент інерції перетину черв'яка;

$R = 0,0225$ – радіус осердя черв'яка.

Підставивши всі значення в формулу, отримуємо запас міцності 2,16, що задовольняє умови.

4.2.3 Розрахунок черв'яка на жорсткість

Важливим є забезпечення умов жорсткості – максимальний прогин черв'яка повинен бути меншим конструкційного зазору $\delta_{\vee \max} \geq \delta_k$.[6]

Вихідні дані : Матеріал черв'яка сталь 38Х2МЮА , діаметр черв'яка $d = 45 \text{ мм}$, зазор між корпусом і черв'яком $\delta = 0,15 \text{ мм}$, Е-модуль пружності ,

$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$; $I = 9,278 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$ – полярний момент інерції перетину черв'яка;

$P_{oc} = 53,1 \text{ кН}$.

Максимальний прогин дорівнює :

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

де

$$k = \sqrt{\frac{P_{i\bar{n}}}{EI}} = \sqrt{\frac{53100}{2 \cdot 10^{11} \cdot 9,278 \cdot 10^{-7}}} = 0,53;$$

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

Максимальний прогин :

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

прогин в межах допустимого .

4.2.4 Розрахунок черв'яка на витривалість

Оскільки черв'як витримує згинальний момент навантаження від циклічної дії власної ваги, доцільна його перевірка на витривалість [6]. Розраховуємо коефіцієнт запасу міцності під час циклічного навантаження

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

де $\sigma_{-1} = 0,4 \cdot \sigma_v$ - допустиме напруження під час циклічного навантаження

($\sigma_v = 1200 \dots 1400$ МПа);

σ_a - амплітуда змінювання напружень, у цьому випадку вони змінюються від $+\sigma_a$ до $-\sigma_a$ $+41,66 \leq \sigma_a \leq -41,66$ де σ_{\max} - найбільші напруження від дії згинального моменту

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

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

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

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

Всі умови розрахунку черв'яка на витривалість виконуються.

4.2.5 Розрахунок шліцьового з'єднання

Черв'як з валом вузла упорного підшипника з'єднується шліцьовим евольвентним з'єднанням 40×1,5×9 згідно з ГОСТ 6033-80.

Розрахунок шліцьового з'єднання проводять на зминання втулки в місці її зіткнення з бічними поверхнями зубців.[10]

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

де $M_{кр} = 5,09$ кН·м – крутний момент, діє на вал черв'яка, $[\sigma]_{зм} = 60$ МПа – напруга зминання, що допускається на бічних поверхнях зубце-шліцевих з'єднаннях,

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

$Z = 28$ - число зубців,

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

h - робоча висота контактуючих зубців в радіальному напрямі;

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

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

де $D_b = 4,0$ см - зовнішній діаметр,

D_a - внутрішній діаметр (кола виступів для отворів);

$m = 0,3$ см – модуль.

При центруванні по боковим поверхням зубців:

$$D_a = D - 2 \cdot m = 4,0 - 2 \cdot 0,3 = 3,4 \text{ см,}$$

$$r_{cp} = \frac{3,9 + 39,5}{4} = 3 \text{ см,} \quad h = \frac{4,5 - 3,9}{2} = 0,6 \text{ см}$$

$$\sigma_{см} = \frac{5090}{0,75 \cdot 28 \cdot 0,6 \cdot 20 \cdot 3} = 13,5 \text{ МПа.}$$

4.2.6 Розрахунок міцності болтів

Проведемо розрахунок болтів, що сполучають корпус преса з фільтром, на міцність.[10]

З'єднання здійснюється відкидними болтами М16, кількість болтів - 6, матеріал болтів - Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71, термообробка 28...32 НРС, з'єднання проводиться з попереднім затягуванням.

Визначаємо розрахункове зусилля при одночасній дії центральної відриваючої сили і зусилля затягування з урахуванням пружних властивостей матеріалу болтів і з'єднань деталей.

З умови збереження щільності стику:

$$P_{зам} = K \cdot (1 - \lambda) \cdot P,$$

де: K - коефіцієнт затягування при постійному зовнішньому навантаженні: $K=1.3... 1.5$, приймаємо: $K=1.4$.

λ - коефіцієнт основного навантаження для з'єднань із сталевих деталей без прокладки: $\lambda=0,2...0,3$, приймаємо: $\lambda=0,3$.

$P=53,1$ кН - осьове зусилля, що діє в циліндрі,

$$P_{зат} = 1,4 \cdot (1 - 0,3) \cdot 53,1 \cdot 10^3 = 52038 \text{ Н.}$$

Розрахункове навантаження з урахуванням крутного моменту затягування:

$$P_p = 1,3 \cdot P_{зам} + \lambda \cdot P = 1,3 \cdot 52038 + 0,3 \cdot 53,1 \cdot 10^3 = 83579,4 \text{ Н.}$$

Навантаження доводиться на один болт:

$$P_z = \frac{P_p}{Z} = \frac{83579,4}{6} = 13929,9 \text{ Н.}$$

де $Z=6$ - кількість болтів.

Напруга розтягування, що виникає в болтах:

$$\sigma_p = \frac{P_z}{F} \leq [\sigma],$$

де F - площа перетину болта М16,

$d_{BH}= 1,384$ см - внутрішній діаметр різьби М16

$$F = 0,785 \cdot d_B^2 = 0,785 \times 1,384^2 = 1,5 \text{ см}^2.$$

$$\sigma_p = \frac{13929,9}{1,5 \cdot 10^{-4}} = 92,9 \text{ МПа} \leq [\sigma].$$

Визначимо границю міцності, що допускається, для болтів із сталі 30ХГСА.

$\sigma_t=280\text{МПа}$ – границя плинності сталі 30ХГСА ГОСТ 4543-71, для перетину до 40мм,

$\sigma_B=350\text{МПа}$ - границя міцності цієї сталі.

$$\text{Згідно ГОСТ 12816-80 при } \frac{\sigma_T}{\sigma_B} = \frac{280}{350} = 0,8 \quad [\sigma] = \frac{\sigma_0}{1,5}$$

де $[\sigma]$ доп.- напруга розтягування, що допускається, для болтів

$$[\sigma]_{\text{доп}} = \frac{280}{1,5} = 186,6 \text{ МПа.}, \quad \sigma_p < [\sigma]$$

Розрахуємо вісь, навколо якої обертається відкидний болт, на зріз. Напруга зрізу:

$$\tau_{cp} = \frac{P}{F} \leq [\tau]_{ch}$$

де $P=13929,9 \text{ Н}$ - розрахункове навантаження,

F - площа перетину осі; см^2

d - діаметр осі; см

$$F = 0,785 \times d = 0,785 \times 1^2 = 0,785 \text{ см}^2,$$

$$\tau_{cp} = \frac{13929,9}{0,785 \cdot 10^{-4}} = 177,5 \text{ МПа} \leq [\tau]_{cp}$$

Матеріал осі - Сталь 40Х ГОСТ 4543-71, 28...32HRC.

$[\tau]_{cp}=195 \text{ МПа}$ - напруга, що допускається, на зріз для матеріалу осі:

$$\tau_{cp} < [\tau]_{cp}$$

4.3 Тепловий розрахунок черв'ячного преса

Тепловий розрахунок даної машини зводиться до розрахунку найбільш відповідального за температурні характеристики елемента - корпусу і черв'яка, який являє собою обичайку до якої підводиться як тепло, так і охолодження. В даних елементах машини протікають найбільш важливі температурні процеси.[8,6]

Вихідні дані

Потужність встановленого електродвигуна – $N = 80 \text{ кВт}$.

Початкова температура матеріалу – $t_{\text{поч}} = 20 \text{ С}^\circ$.

Кінцева температура матеріалу – $t_{\text{кін}} = 200 \text{ С}^\circ$.

4.3.1. Енергетичний баланс

Кількість тепла, що необхідно відвести з охолоджувальною водою, визначається рівняння енергетичного балансу : [7]

$$N_{\text{охол.}} = N_{\text{дв.}} - (N_{\text{суміші}} - N_{\text{втрат}}),$$

де $N_{\text{дв.}}$ – встановлена потужність електродвигуна приводу ;

$N_{\text{сум.}}$ – потужність , що втрачається на нагрівання полімерної суміші ;

$N_{\text{втрат}}$ – втрати потужності в навколишній простір та в приводі машини

$$N_{\text{сум.}} = Q_{\text{сум.}} \cdot 1,16 \cdot 10^{-3},$$

де $Q_{\text{сум.}}$ – кількість теплоти , що необхідне для нагріву перероблюваної полімерної суміші від $t_{\text{поч}}$ до $t_{\text{кін.}}$.

$$Q_{\text{сум.}} = G \cdot C_{\text{сум.}} \cdot (t_{\text{кін.}} - t_{\text{поч.}})$$

$$\text{або } N_{\text{сум.}} = G \cdot C_{\text{сум.}} \cdot (t_{\text{кін.}} - t_{\text{поч.}}) \cdot 1,16 \cdot 10^{-3}$$

$$N_{\text{сум.}} = 160 \frac{\text{кг}}{3600 \text{сек}} \cdot 1,5 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}} \cdot (200^\circ \text{C} - 20^\circ \text{C}) \cdot 1,16 \cdot 10^{-3} = 13,9 \text{кВт.}$$

Для визначення втрат енергії загальний КПД черв'ячної машини $\eta = 0.7 \dots 0.9$ коефіцієнт , що враховує втрати енергії в приводі ЧМ .

Втрати потужності

$$N_{\text{пот.}} = N \cdot (1 - \eta) = 80 \cdot (1 - 0.88) = 80 \cdot 0,12 = 9,6 \text{ (кВт.)}$$

$$\text{Тоді } N_{\text{охол.}} = 80 - (13,9 + 9,6) = 56,5 \text{ (кВт.)}$$

В перерозрахунку на теплову енергію

$$Q_{\text{охол.}} = N_{\text{охол.}} \cdot 860 = 56,5 \cdot 860 = 48590 \frac{\text{ккал.}}{\text{год.}}$$

Отримане значення теплової енергії потрібно відвести від перероблюваної полімерної суміші , щоб підтримувати потрібний температурний режим по зонах ЧМ при заданих розмірах охолоджуючих поверхней

4.3.2 Енергетичний баланс та тепловий розрахунок

черв'ячної машини 45x25

Теплофізичні властивості полімерних сумішей , що перероблюються
Питома теплоємність для поліетилену: [6 , 11]

$$C_{\text{сум.}} = 0,36 \text{ ккал/(кг} \cdot \text{K)} = 1,5 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{C)} ;$$

Коефіцієнт теплопровідності :

$$\lambda = 0.105 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}$$

Вхідна температура полімеру :

$$T_{вх.} = 20^\circ \text{ С}$$

Температура полімеру на виході з машини :

$$T_{вих.} \leq 200^\circ \text{ С} ;$$

Температура охолоджувального повітря :

$$t_n = 25^\circ \text{ С} ;$$

Охолодження корпусу преса – повітряне від індивідуальних вентиляторів.

Максимальна температура нагріву у вторинному контурі - 80° С .

Кількість тепла , що передається від полімерної суміші до охолоджувального повітря через розділяючі поверхні , знаходимо за основним рівнянням теплопередачі

$$Q_{хол.} = K \cdot F \cdot \Delta t_{сер} ,$$

де K – коефіцієнт теплопередачі , $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ С}}$;

F – площа поверхні теплообміну , м^2 ;

$\Delta t_{сер.}$ – середньологаритмичний температурний напір між полімерною сумішшю та охолоджувальним повітрям .

Коефіцієнт теплопередачі визначимо за формулою

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст.}}{\lambda_{ст.}} + \frac{1}{\alpha_2}} , \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ С}} ,$$

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від полімерної суміші до стінки .

Значення цього коефіцієнта можна орієнтовно прийняти

$$\alpha_1 = 2000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ С}} ; \quad [11]$$

$\delta_{ст.} = 0,018 \text{ м}$ – товщина тепловіддаючої стінки ;

$$\lambda_{ст.} = 60 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \text{ С}} - \text{коефіцієнт теплопровідності стінки} ; \quad [6]$$

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від стінки до повітря

$$\alpha_2 = \frac{Nu \cdot \lambda_{декв.}}{декв.} ,$$

де $\lambda_n = 2,689 \cdot 10^{-2} \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$ - коефіцієнт теплопровідності повітря при $40^\circ C$; [6]

декв. – еквівалентний діаметр охолоджувального каналу, м

$$\text{декв.} = \frac{4 \cdot f_k}{\Pi},$$

де $f_k = \frac{\pi \cdot (d_2^2 - d_1^2)}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,15^2 - 0,1^2)}{4} = 0,0098 \quad [м^2]$ – площа перетину

охолоджувального каналу;

$$\Pi = \pi \cdot d_2 + \pi \cdot d_1 = 3,14 \cdot 0,15 + 3,14 \cdot 0,1 = 0,785 [м]$$

Змочуваний периметр охолоджувального каналу (в поперечному перетині)

$$\text{декв.} = 4 \cdot 0,0098 / 0,785 = 0,05 [м].$$

Для вибору критеріального рівняння, що визначає значення Nu , знайдемо режим руху охолоджувального повітря в рубашці секції ЧМ.

При вимушеній течії

$$Re = V_{сер.} \cdot \text{декв.} \cdot \rho / \mu = V_{сер.} \cdot \text{декв.} / \nu,$$

де $V_{сер.}$ – середня швидкість руху повітря в охолоджувальних каналах.

Попередньо прийmemo витрати повітря на одну секцію машини ЧПК 45*25 орієнтовно $1,5 \text{ м}^3/\text{год.}$. Тоді швидкість повітря в рубашці охолодження

складатиме:

$$V_B = \frac{G_B}{3600 \cdot f_k} = \frac{1,5}{3600 \cdot 0,0098} = 11,3 \left[\frac{м}{с} \right].$$

$\nu = 16,42 \cdot 10^{-6} \frac{м^2}{с}$ - коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря при $40^\circ C$ [6].

$$\text{Тоді } Re = V_B \cdot \text{декв.} / \nu = \frac{11,3 \cdot 0,05}{16,42 \cdot 10^{-6}} = 34451.$$

$$34451 > 10000,$$

тобто маємо турбулентний режим руху, при якому для визначення Nu рекомендується наступне рівняння [11]

$$Nu = 0,76 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr_{pid.}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{pid.}}{Pr_{cm.}} \right)^{0,25},$$

де $Pr_{cm.}$ та $Pr_{pid.}$ - критерії Прандтля для рідини при температурі стінки та температурі охолоджувального повітря відповідно [11]

$$Pr_{pid.} = 0,70013 \text{ при температурі } 40^\circ C.$$

Для визначення $Pr_{cm.}$ прийmemo попередньо

$$t_{cm.} = t_{с.сеп.} + 15^{\circ} C = 40 + 15 = 55^{\circ} C; Pr_{cm.} = 0,7$$

$$Nu = 0,76 \cdot 34451^{0.5} \cdot 0,7^{0.43} \cdot \left(\frac{0,7}{0,7}\right)^{0.25} = 121.$$

$$\alpha_2 = \frac{121 \cdot 2,689 \cdot 10^{-2}}{0,05} = 65 \frac{Вт}{м^2 \cdot ^{\circ} C}.$$

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі

$$K = \frac{1}{\frac{1}{2000} + \frac{0,018}{60} + \frac{1}{65}} = 68 \frac{Вт}{м^{\circ} C}.$$

Середньологаритмічний температурний напір визначимо з наступного рівняння

$$[11] \quad \Delta t_{сеп.} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{м.}}{2.3 * Lg \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{м.}}}.$$

$$\Delta t_{\delta} = 200 - 40 = 160 \text{ та } \Delta t_{м.} = 60 - 36 = 24.$$

$$\Delta t_{сеп.} = \frac{160 - 24}{2.3 * Lg \frac{160}{24}} = 71.8^{\circ} C.$$

Поверхня охолодження ЧП складається з наступних складових :

а) для машини ЧП45х25

$$F_k = \pi * D_H * L * \varphi, \text{ м}^2,$$

де $D_H = 0,1$ м – зовнішній діаметр циліндра ;

$L = 2$ м – довжина циліндра ;

$\varphi = 0,9$ – коефіцієнт , що враховує поверхню , зайняту фланцями

$$F_k = 3,14 * 0,1 * 2 * 0,9 = 0,57 \text{ м}^2 ;$$

Кількість тепла , що відводиться з охолоджуючим повітрям

$$N_{охол.}^1 = 80 * 0,39,5 * 71,8 = 32,7 \text{ кВт.}$$

На основі енергетичного балансу

$$N_{охол.} = 41 \text{ кВт.} > N_{охол.}^1 = 3700 \text{ Вт.}$$

Перевіримо зовнішню t_{cm} поверхні теплопередаючій стінки ЧМ (ПЕ)

$$N_{охол.}^1 = \alpha_2 * F_{сум.} * (t_{cm} - t_{с.}) = \alpha_2 * F_{сум.} * \Delta t,$$

$$\text{звідки } \Delta t = \frac{N_{охол.}^1}{\alpha_2 * F_M} = \frac{3700}{65 * 0,57} = 65^{\circ} C.$$

$$t_{cm} = \Delta t + t_{п.} = 65 + 39 = 104^{\circ} C, \text{ що є задовільно.}$$

Остаточно приймаємо сумарну продуктивність вентиляторів $1,5\text{м}^3/\text{год}$.

5 Літературно – патентний огляд

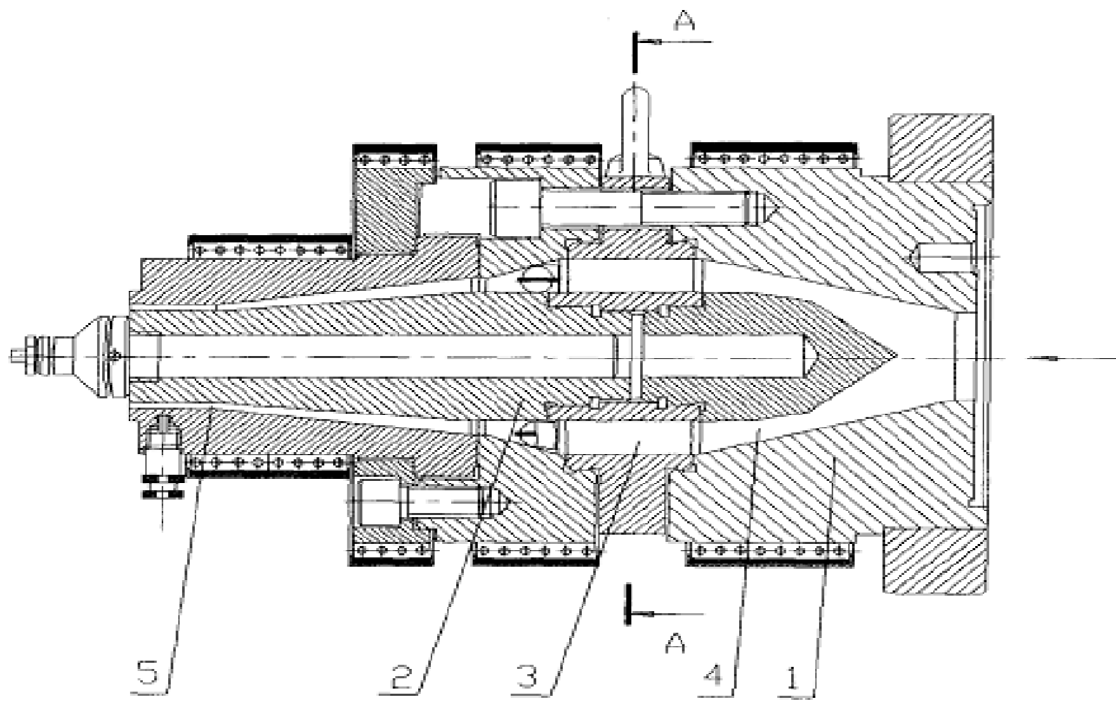
Нижче наведені аналогічні винаходи в області переробки полімерних виробів, а саме екструдери.

1) Авторське свідоцтво UA № 82205 (2006.01)

Автори: Сокольський Олександр Леонідович, Сівецький Володимир Іванович,
Рослов Олександр Валерійович, Коваленко Ксенія Геннадіївна,
Івіцький Ігор Ігорович

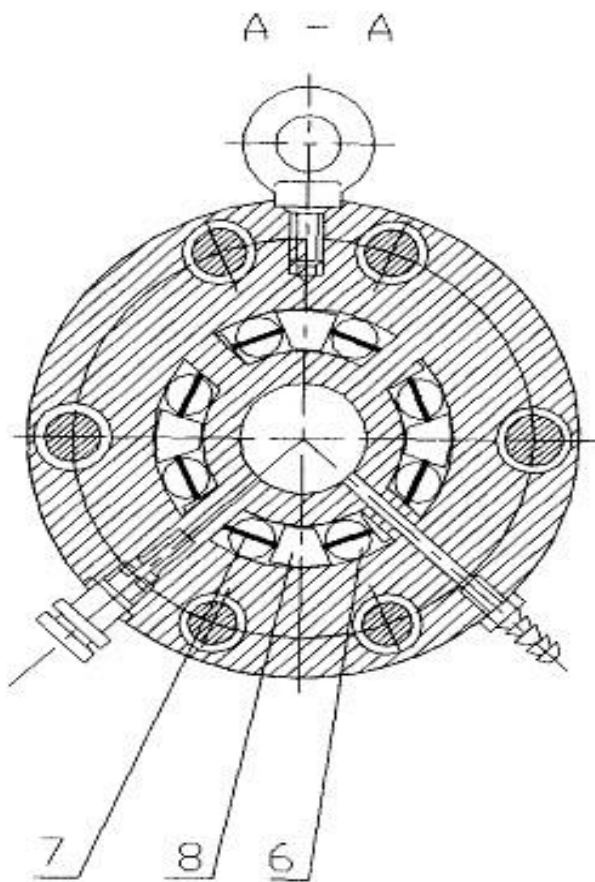
екструзійна головка

Корисні моделі знаходяться в області переробки термопластичних полімерів і композицій на їх основі, особливо екструзійного обладнання. Корисні моделі доступні для технологічних ліній, які виробляють екструдовані полімерні вироби. Кільцеподібна екструзійна головка, дивіться рисунок 1.1, складається з підкладки 1, що утворює зовнішню поверхню полімерного виробу, і оправки, яка утворює внутрішню поверхню виробу, причому оправка складається з вхідної секції 2 і вихідної секції 3. Вихідна частина 3 оправки і корпус 1 основи закріплені на рухомій частині дорнотримача 4, утворюючи з вихідною ділянкою 6 канал 5 для течії розплаву, а корпус 1 і вихідна частина оправки 3 може рухатися по ньому вперед і назад. Вал відносно нерухомої частини опори 7 оправки змінює довжину швелера 5. На корпусі основи 1 встановлені пружинні елементи 8 і демпферні елементи 9, які передають зусилля від неї на кришку 10.



Фиг. 1

трузійна головка



Фиг. 2

Рисунок 2.2 Кільцева екструзійна головка

3) Авторське свідоцтво UA № 82157 (2006.01)

Автори: Сівецький Володимир Іванович, Сокольський Олександр Леонідович, Олександр Валерійович Рослов, Ксенія Коваленко Геннадіївна, Івіцький Ігор Ігорович

екструзійна головка

Корисні моделі відносяться до галузі переробки термопластичних полімерів і композицій на їх основі, особливо до екструзійного обладнання. Корисні моделі доступні для технологічних ліній, які виробляють екструдовані полімерні вироби.

Корисна модель працює так.

Розплав, що надходить у головку, потрапляє в канал 4 між внутрішньою поверхнею основного тіла 1 і зовнішньою поверхнею оправки 2, створюючи різницю тиску, яка викликає силу для переміщення основного тіла 1 в осьовому напрямку. Одночасно збільшується перетин каналу 4 і тиск у ньому починає падати. Осьовий рух фантома 1 передає зусилля на кришку 8 через демпфер 7, який уповільнює рух, і пружину 6, яка намагається перемістити фантом у вихідне положення. Оскільки процес безперервний, матриця має зворотно-поступальний рух, поглинаючи 45 пульсацій.

Отже, використання описаної корисної моделі дасть змогу отримати екструдовані полімерні вироби без поверхневих дефектів, зменшуючи при цьому кількість бракованих виробів.

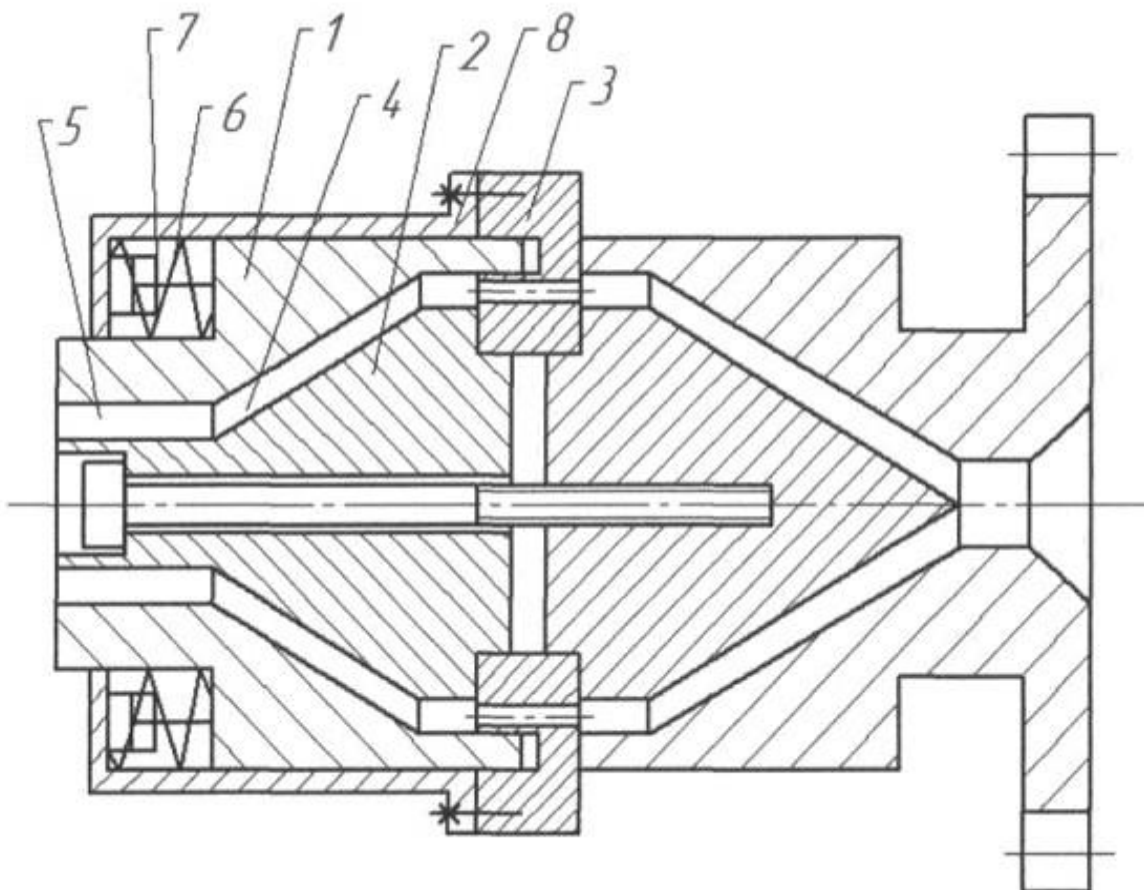


Рисунок 3. Головка екструзійна

Автори: Мікульонок Ігор Олегович, Письменний Олексій Станіславович

Екструзійна головка для формування порожнистий виріб

Корисна модель відноситься до екструзійного обладнання для переробки термопластичних матеріалів (у тому числі композиційних матеріалів), яке може використовуватися для виробництва полімерних труб, шлангів, обсадних плівок і виробів з порожнистого дроту.

Екструзійна головка (див. рис. 3) для формування порожнистих виробів містить порожнисте тіло 1, на зовнішній поверхні 2 якого знаходиться щонайменше один нагрівач 3, у порожнині корпусу 1 розміщена оправка 4, з'єднана з оправкою 4. западина на тілі 1. В основному корпусі 1 використовується держатель 5 оправки. У держаку дорна 5 на зовнішній поверхні 2 корпусу виконано, щонайменше, один глухий отвір 6, в якому розміщена вставка 7, матеріал якої має теплопровідність, більшу, ніж матеріал гнізда дорна. У той же час вставка 7 може бути виготовлена, зокрема, з міді.

Екструзійна головка працює наступним чином.

Розплав оброблюваного термопласту поступово просувається в кільцевий зазор, утворений стінкою порожнини оболонки 1 і поверхнею оправки 4, минаючи оправку 5. Під час роботи нагрівача 3 тепловий потік розподіляється вздовж радіального напрямку увігнутої поверхні корпусу 1. Наявність однієї або кількох вставок 7, наприклад мідних, у держаку 5 оправки забезпечує більш ефективну подачу теплового потоку від нагрівача 3 до тримача 5 оправки. , який забезпечує підвищення його температури і таким чином зменшує в'язкість шару розплаву, що примикає до нього, що допомагає мінімізувати розтріскування термопластичного матеріалу в порожнистому виробі.

Запропонована корисна модель покращує температурний режим обробки матеріалу в екструзійній головці та мінімізує можливість утворення швів у готовому виробі, тим самим покращуючи його якість.

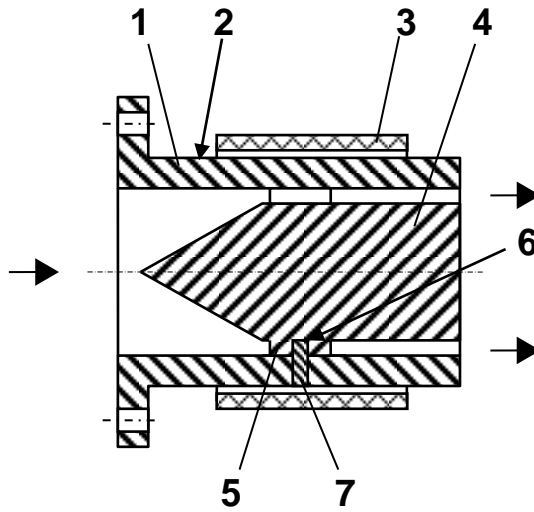


Рисунок 4. Екструзійна головка для формування порожнистого виробу

5.1 Таблиця розглянутих патентів

Таблиця 5.1- Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

№ п.п	Предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, Організація, автор	Суть заявленого Технологічного рішення та ціль його створення
1	ГОЛОВКА ЕКСТРУЗІЙНА	UA, №82205 (2006.01) МПК В29С 47/14 Автори: Рослов О. В., Сокольський О. Л., Сівецький В. І., Коваленко К. Г., Івіцький І. І.	Кільцева екструзійна головка, що містить корпус, матрицю та дорн, встановлений на дорнотримачі і складається з вхідної та вихідної частин, утворюючи канал для протікання розплаву, яка відрізняється тим, що дорнотримач виконаний з двох частин з можливістю зворотно-поступального руху однієї частини відносно іншої,

			<p>матриця і вихідна частина дорну закріплені на рухомій частині дорнотримача таким чином, що довжина каналу має можливість змінюватись. В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення екструзійної головки шляхом встановлення роз'ємного дорнотримача з можливістю зміни довжини каналу, по якому рухається розплав, та демпфуючого і пружного елементів.</p>
2	<p>КІЛЬЦЕВА ЕКСТРУЗІЙНА ГОЛОВКА</p>	<p>UA , №16817 (2006)</p> <p>МПК В29С 47/14</p> <p>Автори: Сівецький В.І., Сокольський О.Л., Погодаєв К.С.</p>	<p>Кільцева екструзійна головка, що містить корпус та дорн, встановлений на дорнотримачі, утворюючи канал для протікання розплаву з вихідною ділянкою, яка відрізняється тим, що між дорнотримачем та вихідною ділянкою каналу встановлені з можливістю колового руху тіла обертання; -відрізняється тим, що тіла обертання об'єднані сепаратором, який зв'язаний з лопатями; -відрізняється тим, що лопаті встановлені на сепараторі в проміжках між тілами</p>

			<p>обертання;</p> <p>-відрізняється тим, що лопаті встановлені на сепараторі перед тілами обертання;</p> <p>- відрізняється тим, що лопаті встановлені на сепараторі за тілами обертання;</p> <p>- відрізняється тим, що тіла обертання містять наскрізні отвори.</p> <p>В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення кільцевої екструзійної головки шляхом інтенсифікації деформації та злиття ліній зварення потоків розплаву, що забезпечує зменшення габаритів головки та підвищення якості полімерних виробів.</p>
3	ГОЛОВКА ЕКСТРУЗІЙНА	<p>UA „№82157 (2006.01) МПК B29C 47/14</p> <p>Автори: Сівецький В. І. „Сокольський О. Л., Рослов О.В., Коваленко К.Г., Івіцький І. І.</p>	<p>Кільцева екструзійна головка, що містить корпус, матрицю та дорн, встановлений на дорнотримачі, утворюючи канал для протікання розплаву, яка відрізняється тим, що матриця з'єднана з корпусом за допомогою принаймні одного пружного та принаймні одного демпфуючого елементів з</p>

			<p>можливістю зворотно- поступального руху. В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення екструзійної головки шляхом встановлення демпфуючого та пружного елементів з можливістю поглинання пульсацій розплаву та зміни площі поперечного перерізу 15 каналу, по якому рухається розплав.</p>
--	--	--	---

4	<p>ЕКСТРУЗІЙНА ГОЛОВКА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПОРОЖНИСТОГО ВИРОБУ</p>	<p>UA, №68853 (2014) МПК Автори: Мікульонок І.О. , Письменний О.С.</p>	<p>Екструзійна головка для формування порожнистого виробу, що містить порожнистий корпус, розташований на його зовнішній поверхні щонайменше один нагрівник, а також розміщений у порожнині корпуса дорн, з'єднаний з корпусом за допомогою дорнотримача, яка відрізняється тим, що в дорнотримачі з боку зовнішньої поверхні корпуса виконано щонайменше один глухий отвір з розміщеною в ньому вставкою, коефіцієнт теплопровідності матеріалу якої більше за коефіцієнт теплопровідності матеріалу дорнотримача.</p> <p>В основу корисної моделі покладено задачу вдосконалити екструзійну головку для формування порожнистого виробу, у якій нове конструктивне виконання її дорнотримача забезпечує його підвищену температуру, а отже меншу в'язкість прилеглих до нього шарів розплаву й таким</p>
---	---	--	---

			<p>чином мінімізацію спайності потоків розплаву після проходження ним дорнотримача й високу якість одержуваного порожнистого виробу.</p>
--	--	--	--

6 Охорона праці

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» для нових машин, установок, механізмів, обладнання необхідно розробити нешкідливі та безпечні умови роботи обслуговуючого персоналу, оформити посвідчення безпечної експлуатації встановленого зразка. [3]

Технічне завдання дипломного проекту «Екструдер для виробництва труб із сучасною фільєрою». Налаштування параметрів процесу та управління здійснюється оператором лінії. Пульт оператора розташований у виробничому приміщенні загальною площею $S = 1000 \text{ м}^2$ і об'ємом $V = 3400 \text{ м}^3$. Створення здорових і безпечних умов праці на підприємствах зумовлює необхідність раннього виявлення шкідливих і небезпечних факторів, щоб ще на етапі проектування передбачити заходи щодо забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу.

Лінії з виробництва поліпропіленових труб використовуються для виробництва поліпропіленових труб, які потім використовуються як компоненти пластикових труб, що використовуються для транспортування різних речовин.

До шкідливих і небезпечних виробничих факторів у процесі експлуатації та обслуговування виробничих ліній належать:

- повітря в робочій зоні;
- пожежна безпека;
- вплив рухомих або обертових частин або механізмів і рухомих матеріалів;
- ураження електричним струмом;
- Промислове освітлення;
- Виробничий шум і вібрація, що перевищують допустимі норми

.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів.

6.1.1 Метеоумови

Робота оператора по обслуговуванню лінії відноситься до категорії легких робіт за ГОСТ 12.1005 – 88/98.

Енерговитрати людини в цеху досягають 150 ккал/г (172 Дж/с). Так як в процесі роботи вузли лінії піддаються інтенсивному охолодженню водою, то робочі поверхні нагріваються не вище 45°C. Допустимі і фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні зводимо в таблицю 1.

Фактичні параметри умов відповідають нормам [10] і забезпечуються наступними заходами:

Таблиця 1.

Період Року	Категорія роботи - легка		
	Температура	Відносна вологість	Швидкість руху повітря
	°С	%	м/с
Холодний або перехідний	Факт. 20 ÷ 23	50 - 40	0,2
Теплий	Факт. 22 ÷ 25	50 - 40	0,2

В холодну пору року підігрів приміщення батареями з теплоносіями, нагрітими до температури 50 ÷ 60°C. В теплу пору року – вентиляцією через верхні пройоми.

Під час роботи лінії відбувається виділення токсичних речовин – газів, пилу з відкритих ємностей, шляхом виходу газу через нещільність технологічного обладнання, з завантажувального бункера. Для видалення цих шкідливих компонентів встановлена місцева вентиляція, в цеху встановлена також загальнообмінна вентиляція, відповідно до СНиП 2-04.05-84.

В залежності від технологічного процесу компонентами для отримання полімерних труб можуть бути, окрім полімеру, різноманітні барвники.

Ефективна робота витяжного зонта можлива лише в тому випадку, якщо об'єм підтікаючого повітря менше об'єму повітря що відсмоктується.

Розміри вхідного отвору зонта більше розмірів джерела. Для надійності роботи зонта необхідно, щоб вертикальний шлях між кромкою зонта і верхньою кромкою накритого осередку виділення шкідливостей був мінімальним.

Габарити зонта знаходимо:

Висота підвісу зонта H приймається в границях $1,6 \div 1,8$ м;

Так як кришка завантажувальної воронки знаходиться на висоті 2,15м, то виконуються наступні умови:

$$H_1 = 2,2\text{м}; \text{ для зонта екструзійної головки } H_2 = 1,5\text{м};$$

Розміри прямокутного зонта в плані визначаємо з виразу:

$$A = a + 0,8h; \quad B = b + 0,8h;$$

де a, b – сторони поверхні, що перекривається, м; h – відстань від пазу зонта до поверхні, що перекривається, м;

$$h_1 = 0,3\text{м}, \quad h_2 = 0,2\text{м},$$

$$A_1 = B = 0,4 + 0,8 \cdot 0,3 = 0,64\text{м.} - \text{ для завантажувальної воронки};$$

$$A_2 = B = 0,15 + 0,8 \cdot 0,2 = 0,31\text{м.}, \quad S = 1000 \text{ м}^2$$

Кут зачинення зонта φ маємо приймати не більше 60° (в цьому випадку вісьова швидкість в перерізі зонта близька до середньої по всьому перерізу зонта).

Повна висота зонта:

$$h_3 = \frac{A - D}{2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} + h_6, \text{ м};$$

де $D = 0,3$ м – діаметр витяжної труби;

$h_6 = 0,2$ м – висота борту;

$$h_{31} = \frac{0,64 - 0,3}{2 \operatorname{tg} \frac{60}{2}} + 0,2 = 0,49\text{м};$$

$$h_{3,2} = \frac{0,31 - 0,3}{2 \operatorname{tg} \frac{60}{2}} + 0,2 = 0,21 \text{ м};$$

приймаємо

$$h_{3,1} = 0,5 \text{ м};$$

$$h_{3,2} = 0,25 \text{ м}.$$

Об'єм повітря, що видаляється витяжною трубою від зонтів

$$J_3 = 3600 \cdot F \cdot V_0, \text{ м}^3/\text{г};$$

де F – площа розрахункового перерізу, м^2

$$F = 0,64 \cdot 0,64 + 0,31 \cdot 0,31 = 0,51 \text{ м}^2,$$

$V_0 = 0,5$ м/с – середня швидкість в розрахунковому перерізі зонтів,

$$J_3 = 3600 \cdot 0,51 \cdot 0,5 = 918 \text{ м}^3/\text{г}.$$

Розвинутий повний тиск $H = 65$ Па.

Приймаємо вісьовий вентилятор МЦ-4:

продуктивність якого $J_B = 1200$ м³/г,

розвинутий повний тиск $H_B = 65$ Па,

кількість обертів колеса $n = 930$ об/хв,

ККД $\eta = 0,42$.

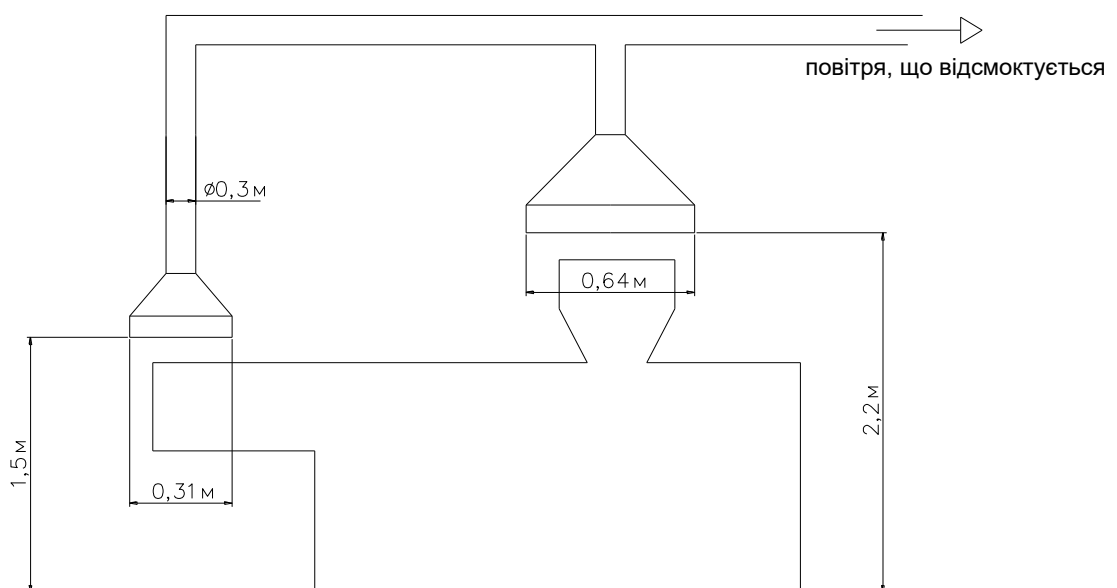


Схема витяжної вентиляції.

Підбираємо електродвигун для вентилятора.

Необхідна потужність на валу електродвигуна знаходиться за формулою

$$N = \frac{1200 \cdot 65}{3600 \cdot 102 \cdot 0,42 \cdot 0,7} = 0,72 \text{ кВт}.$$

Потужність електродвигуна N_d розраховується з коефіцієнтом запасу 1,5

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

Для відводу шкідливих речовин над завантажувальним бункером та екструзійною головкою встановлюємо витяжні зонти. Для них характерно те, що між джерелом і приймачем є захищений від навколишнього середовища простір.

6.1.2 Пожежна безпека

У виробничому цеху, де проходить лінія поліпропіленових труб, можливе загоряння:

Промаслене ганчір'я, моторне масло, дроти, електрообладнання. Крім того, враховуючи, що сировиною для виробництва труб є поліпропілен, деякі його компоненти можуть горіти при перевищенні певних температурних порогів:

- вище 120 °С - формальдегід, ацетальдегід, ацетон, метанол, кетони, оксиди та вуглекислий газ;

- вище 150 °С - кислоти, прості ефіри, альдегіди, пероксиди.

Виходячи з цього: Приміщення, в якому розташована лінія, відноситься до категорії «Б» ОНТП 24-86, клас площі П-Па (ПУЕ), клас вогнестійкості III згідно СніП 2.01.02-85.

Це виробництво з використанням рідин з температурою спалаху вище 61°С і горючого пилу або волокон з нижньою межею займистості понад 65 мг/м³, твердих речовин і легкозаймистих матеріалів, які тільки горять, але не вибухають при контакті з повітрям, водою або одним з одним. .

Можливі причини пожежі:

- струм, перевантаження, великий перехідний опір;

- вихід з ладу електрообладнання;

- Іскри під час електро- та газозварювальних робіт.

Протипожежні заходи включають вибір негорючих матеріалів, а також організаційні заходи.

Для гасіння пожежі використовуються сухопорошкові вогнегасники САМ-9 (84 шт.). Для гасіння електромережі приймаємо вогнегасники сухопорошкові ОП-10 (10).

Наступні дані повинні бути чітко надруковані на верхній колбі кожного циліндра:

- товарний знак виробника;

- номер циліндра за системою нумерації виробника;
- дата виготовлення (випробування) і рік наступного випробування;
- вид термічної обробки;
- робочий тиск і пробний гідравлічний тиск;
- об'єм циліндра;
- маса циліндра;
- марка ОТК.

На випадок виникнення пожежі передбачена пожежна сигналізація - тепловий сповіщувач типу ДТП. Інформація від сирени надходить на приймальну станцію. У разі виникнення пожежі люди повинні покинути місце події. В будинку два аварійних виходи згідно СН.П 2.09.02-85. Сам магазин являє собою приміщення на першому поверсі. Ширина евакуаційного проходу - не менше одного метра, а дверей на евакуаційному проході - не менше 0,8 метра.

6.1.3 Захист від контакту з рухомими або обертовими частинами.

Механізмами, що обертаються в ряду, є муфти, шестерні та вали. Ці механізми небезпечні тим, що можуть завдати людині механічних ушкоджень. Кожухи використовуються для запобігання травмам, а шестерні та вали закриті корпусом. Оснащений кнопкою аварійної зупинки для схеми аварійної зупинки. На двигуні встановлений аварійний вимикач.

6.1.4 Електробезпека.

Розроблювана лінія з виробництва поліпропіленових труб буде працювати в сухому приміщенні з нормальною температурою і вологістю. Перекриття майданчика – залізобетонне, згідно ПУЕ ділянка відноситься до об'єктів посиленої безпеки [9].

Напруга $U = 220$ В, частота $f = 50$ Гц на панелі керування приводом для двигуна, що використовується в мережі з напругою $U = 380$ В, частотою $f = 50$ Гц. Існують різні типи електромереж, і нейтральна точка надійно заземлена.

У зв'язку з цим до протишокових заходів в основному відносяться:

- утеплювач;
- недоступність струмоведучих частин;
- Гальванічне розділення мережі за допомогою спеціальних розділових трансформаторів;
- скидання захисту;
- Автоматичний вимикач замикається в спеціальній шафі;
- При роботі з електроінструментом необхідно використовувати засоби індивідуального захисту, такі як ізоляційні рукавиці та рукавиці, гумові накладки, ізолюючі підставки.

заборонити:

- роботи на незаземлених вузлах лінії;
- Демонтаж та ремонт ліній без відключення мережі;
- Дозволено бити металевими предметами, щоб запобігти утворенню іскор;
- паління, запалювання сірників, розпалювання відкритого вогню, електрозварювання;
- залишати робочі лінії без нагляду;
- допускати до приміщень осіб, які не пройшли навчання та перевірку знань з питань охорони праці.

6.1.5 Промислове освітлення.

Виробнича лінія розташовується в закритому приміщенні загальною площею не менше $S = 1000 \text{ м}^2$ і об'ємом $V = 3400 \text{ м}^3$. Лінію обслуговує один оператор служби у дві зміни. Оскільки кімнати без вікон, під час роботи використовується штучне освітлення.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІЗУАЛЬНИХ ТВОРІВ - КЛАС IV, ПІДКЛАС B - МІНІМАЛЬНА РІЗНИЦЯ Розмір об'єкта 0,5 - 1 мм. Фон характеризується світлим і високим контрастом між різними об'єктами і фоном. Виходячи з цього, для підвищення освітленості до 350 лк в приміщенні встановлено 300 галогенних ламп типу DR4-400 (400 Вт) зі світловим потоком 32000 лм, таким чином приміщення відповідає ДБН В.2.5. -28-2006.

6.1.6 Шум.

Джерелами шуму під час роботи лінії є:

- електродвигуни;
- редуктор;
- вентилятор;
- система охолодження.

За результатами вимірювань під час роботи обладнання значення шуму $L_{вдз} = 100 \text{ дБА}$. це означає прийняти нас

7.2 Вибір пристосування

При виготовленні деталі – Фланця здійснюється багато різних операцій. Для кожної з них переважно використовують своє пристосування. Я вибрав одне з них кондуктор оснащений швидкодіючим пневматичним діафрагменним приводом і трьома прихватами для розточування поверхні.

7.3 Опис конструкції і принципу роботи

Для свердління отворів $\varnothing 18 \text{ мм}$ в торцях фланця розроблено універсальний кондуктор оснащений швидкодіючим пневматичним діафрагменним приводом.

Стиснене повітря, що необхідне для роботи цього кондуктора, надходить під тиском ($P = 4 \text{ кг/см}^2$) від цехової мережі у верхню порожнину пневмопривода. При цьому шток 3 рухається вниз (див. креслення кондуктора), і опускає станину 4 пневмопривода, до якої приєднані затискні лапи 7, які з допомогою плити 2 притискають деталь до корпусу 1 кондуктора, – відбувається закріплення оброблюваної деталі. При русі штока 3 вниз відбувається стискання пружин 9. Після закінчення процесу свердління, тиск повітря в робочій порожнині пневмопривода знижується до 0. При цьому, під дією стиснутих пружин 9,

направляючий шток 3 рухається вгору, звільняючи деталь. При закріпленні нової деталі цикл повторюється.

Схема сил, що діють у пристрої показана на рисунку А.3

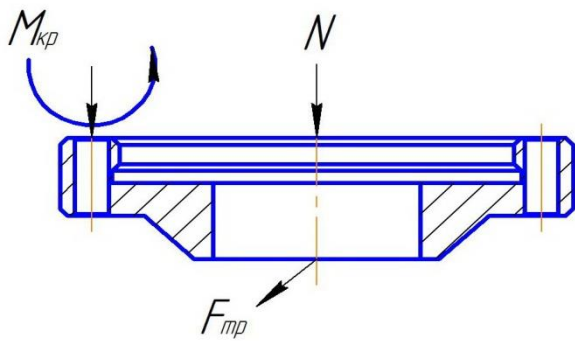


Рисунок. А.3 Схема сил, що діють у пристрої

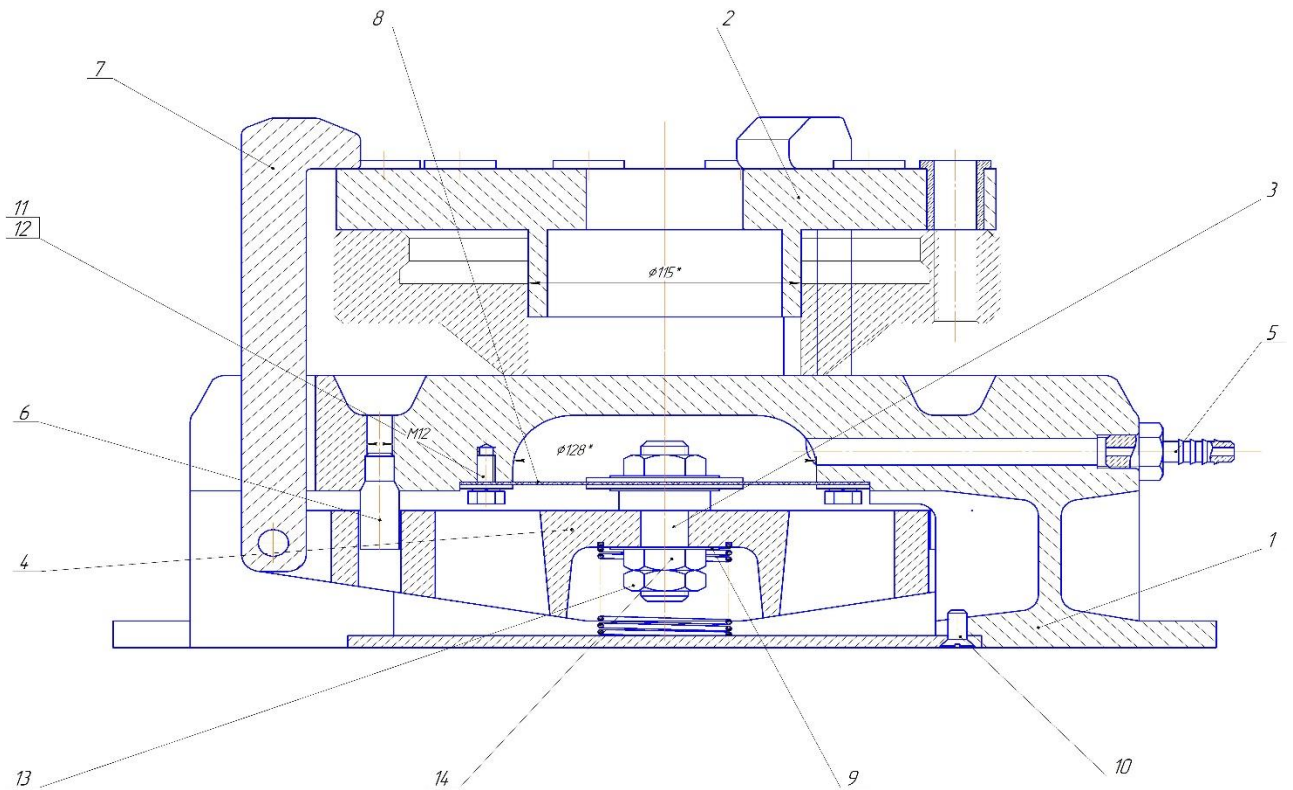


Рисунок 7.2. Кондуктор оснащений швидкодіючим пневматичним діафрагменним приводом і трьома прихватами.

7.4 Розрахунок сил закріплення

Закріплення заготовки в патроні виконується за допомогою затискного гвинта.

Визначаємо силу притискання заготовки P прихватами:

$$P = \frac{2 \cdot M_{MAX} \cdot k}{D \cdot f} = \frac{2 \cdot 14,4 \cdot 3,5}{0,280 \cdot 0,16} = 3579,54H ;$$

M_{MAX} – максимальний обертовий момент при свердлінні отвору під різьбу М10-6Н, формула [6].

$$M_{MAX} = 14,4Hm$$

D – діаметр базової поверхні, $D=0,280m$;

k – коефіцієнт запасу, $k=3,5$ [14,с.85]

f – коефіцієнт тертя, $f = 0,16$ [14,с.85]

σ – напруження розтягу – стиску матеріалу гвинта, $\sigma = 9 \cdot 10^7 Pa$

Висновок

Дипломний проект виконано згідно з держбюджетною темою №887-с “Екструдер для виробництва труб з модернізацією головки”.

В дипломному проекті здійснено проектування лінії типу ЛТ-45 для виробництва труб з поліетилену з розробкою преса ЧП-45х25.

Дипломний проект містить вступ, призначення та область використання лінії та преса ЧП-45х25, опис технологічного процесу виробництва труб з поліетилену, технічну характеристику преса ЧП-45х25, опис конструкції преса, патентний огляд, відповідність преса до вимог охорони праці.

Приведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції преса ЧП-45х25. Приведено програму розрахунку черв'ячного екструдера.

Приведено технологію виготовлення фланця .

В результаті патентного дослідження встановлено, що прес ЧП-45 не містить конструктивних рішень, захищених діючими патентами.

Модернізацією даного дипломного проекту є заміна нагрівачів опору на індукційні, яка призвела до підвищення якості управління процесом екструзії і теплоенергетичними параметрами та економії втрат тепла в оточуюче середовище.

В проекті виконані складальні креслення: лінія типу ЛТ-45 для виробництва труб з поліетилену, прес ЧП-45х25, черв'як, головка модернізована, воронка завантажувальна, кондуктор.

До креслень додається комплект специфікацій.

Список літератури

1. Мельник В. «Полеты» вокруг экструдера – в мечтах и наяву. – Инженерные сети из полимерных материалов, № 1, 2003.
2. І.О.Мікульонок, В.О.Новік, Л.Б.Радченко, В.І.Сівецький – Черв'як екструдера для перероблення полімерних матеріалів, - Заявка № 2002075454; Опубл.15.04.2003, Бюл. №4, 2003р.
3. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М. – Практикум із охорони праці – Л.: Афиша, 2000 – 352 с.
4. Л.Б. Радченко, В.І. Сівецький – Основи моделювання і конструювання черв'ячних екструдерів.– К.: Політехніка, 2002. – 146 с.
5. Расчёты деталей машин. А.В.Кузьмин, И.М.Чернин, Б.С.Козинцов. Минск Высш. школа, 1986.-384с.
6. Басов Н.І., Козаков Ю.Ю., Любартович В.А. – Розрахунок та конструювання обладнання для виробництва і переробки полімерних матеріалів – М.: 1986. – 486с.
7. Лацинский А. А., Толчинский А. Р. – Основы конструирования и расчета химической аппаратуры – Изд. 2-ое. – Л.: «Машиностроение», 1970. – 752 с.
8. М.Ф. Міхальов – Розрахунок і конструювання машин і апаратів хімічних виробництв. Приклади та задачі. Л: Машинобудування, 1984 – 300с.
9. Справочник технолога-машиностроителя. Т. I и 2 – Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985 – 1986. – 823 с.
10. Конструювання та розрахунок фланцевих з'єднань: Навч. посібник / В. Г. Доброногов, І. О. Мікульонок. – К.: НМК ВО, 1992. 104 с
11. Техника переработки пластмасс / под ред. Н. И. Басова, В. М. Броя. – М.: Химия, 1985. – 528 с.