

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ О.В.Гондляр

« _____ » _____ 2021 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 133 – галузеве машинобудування

на тему: Агрегат для виробництва плівки з модернізацією екструдера

Студент групи III к. ЛП-п81
(шифр групи)

Максимович Андрій Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник проекту доктор технічних наук, професор Щербина В.Ю.

(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультанти з питань

МОДЕРНІЗАЦІЇ _____ **Щербина В.Ю.**

ТЕХ. МАШ. _____ **Борщик С.О.**

РЕЦЕНЗЕНТ _____

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

Київ 2021 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 *Галузеве машинобудування*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **О.В.Гондлях**

«__» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Максимовичу Андрію Миколайовичу

1. Тема проекту «Агрегат для виробництва плівки з модернізацією екструдера», керівник проекту Щербина Валерій Юрійович доктор технічних наук, професор, затверджені наказом по університету від «__ . __» 2021 р. №_

2. Термін подання студентом проекту 11.06.2021р.

3. Вихідні дані до проекту:

Агрегат ЧП-80; Відношення $L/D=30$; Перероблюваний матеріал полістерол;
Потужність електродвигуна $N=80$ кВт.

4. Зміст пояснювальної записки

Реферат. Перелік позначень; I пояснювальна записка; II Розділ розрахунки; III Технологія машинобудування; Висновки; Перелік посилань; Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

ЛПп81.047245.000-70.СК – Агрегат для виробництва плівки з модернізацією екструдера, А1;

ЛПп81.047243.001-70.СК – Черв'ячний прес ЧП-80, А1;

ЛПп81.047242.002-70.СК – Корпус завантажувальної горловини, А2;

ЛПп81.047242.003-70.СК – Корпус екструдера модернізований, А2;

ЛПп81.047243.004-70.СК – Каландр, А1;

ЛПп81.047243.005-70 – Плакат, А1;

ЛПп81.047242.006-70.СК – Патрон трьохкулачковий, А1;

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
МОДЕРНІЗАЦІЇ	Щербина В.Ю.		
ТЕХ. МАШИНОБУД.	Борщик С.О.		

7. Дата видачі завдання

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
	Вступ. Технічна характеристика	09.02.2021-14.02.2021	
	Призначення і галузь застосування	16.02.2021-21.02.2021	
	Опис конструкції і принцип дії	23.02.2021-30.02.2021	
	Літературно-патентний огляд	02.03.2021-20.03.2021	
	Розрахунки	23.03.2021-06.06.2021	
	Охорона праці	26.05.2021-07.06.2021	
	Технологія машинобудування	29.05.2021-07.06.2021	

Студент

А.М. Максимович

Керівник проекту

В.Ю. Щербина

Перелік вкладень

Реферат з ключовими словами (укр..мова)

Реферат з ключовими словами (рос..мова)

Реферат з ключовими словами (англ..мова)

Перелік позначень

I Пояснювальна записка до дипломного проекту ПЗ

II Розділ розрахунки РР

III Технологія машинобудування ТЕ

Висновки

Додатки

					ЛПп81.047245.000-70			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Максимович			<i>Агрегат для виробництва плівки з модернізацією</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Щербина					1	
<i>Керівник</i>						«КПІ ім. Ігоря Сікорського»		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

РЕФЕРАТ

Дипломний проект складається з 6 листів формату А1 графічного матеріалу, 90 сторінок формату А4 основного тексту розрахунково-пояснювальної записки, в склад якої входить 32 рисунка та 3 таблиць. Для розробки було використано 14 літературних джерела.

Мета роботи – модернізація екструдера.

Модернізований екструдер дозволяє отримувати екструдовану заготовку плівки без наявності дефектів, зменшивши при цьому кількість бракованої продукції.

Методи розробки і проектування – аналітичні, розрахункові, проектувальні з використанням відомих методик, числових методів, нормативних документів.

Графічну частину роботи виконано із застосуванням програмного забезпечення «КОМПАС», «Autocad» та «ANSYS», пояснювальну записку виконано на ЕОМ.

В дипломному проекті виконано такі розрахунки: параметричні, теплові та розрахунки на міцність.

**ЛІНІЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПЛІВКИ, ПОЛІМЕРНА ТАРА,
ЧЕРВ'ЯЧНИЙ ЕКСТРУДЕР, ЗАСЛОНКА, ГОМОГЕНІЗАЦІЯ,
РІВНОМІРНЕ ДОЗУВАННЯ.**

РЕФЕРАТ

Дипломный проект состоит из 6 листов формата А1 графического материала, 90 страниц формата А4 основного текста расчетно -пояснительной записки, в состав которой входит 32 рисунка и 3 таблиц . Для разработки было использовано 14 литературных источника.

Цель работы – модернизация экструдера.

Модернизированный экструдер позволяет получать экструдированную заготовку пленки без наличия дефектов, уменьшив при этом количество бракованной продукции.

Методы разработки и проектирования аналитические, расчетные, проектировочные с использованием известных методик, численных методов, нормативных документов.

Графическая часть работы выполнена с применением программного обеспечения «КОМПАС», «Autocad» и «ANSYS, пояснительная записка выполнена на ЭВМ.

В дипломном проекте выполнены следующие расчеты:, параметрические, тепловые и расчеты на прочность.

**ЛИНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛЕНКИ, ПОЛИМЕРНАЯ ТАРА,
ЧЕРВЯЧНЫЙ ЭКСТРУДЕР, ЗАСЛОНКА, ГОМОГЕНИЗАЦИЯ,
РАВНОМЕРНОЕ ДОЗИРОВАНИЕ.**

ABSTRACT

The diploma project consists of 6 A1 paper sheets a graphic material, 90 pages of A4 paper sheets of the main text of calculation note which includes 32 pictures and 3 tables. For development 14 references were used.

The purpose of this work is modernization of extruder.

The modernized extruder allows to receive extruded film slab without existence of any defects, having reduced quantity of defected production.

Methods of development and design are analytical methods, calculation methods, design methods with use of known techniques, numerical methods, normative documents.

Graphic part of work is done with the use of software "COMPASS", "Autocad" and "ANSYS", the explanatory note is done on the computer.

In this diploma project the following calculations are executed: economic, parametrical, thermal and strength calculations.

The automatization of screw press and labor safety on the line was developed.

**THE LINE FOR PRODUCTION OF FILM, POLYMER PACKAGE,
THE SCREW EXTRUDER, THE GATE, HOMOGENIZATION, UNIFORM
DOSING.**

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ІНДЕКСІВ

Умовні позначення:

D – діаметр шнека, мм;

t – крок нарізки, мм;

e – ширина гребня витка, мм;

φ – кут нахилу гвинтової лінії, град;

h_2 – глибина нарізки червяка в зоні завантаження, мм;

d_2 – діаметр червяка в зоні завантаження, мм;

l_2 – довжина червяка в зоні завантаження, мм;

h_4 – глибина нарізки червяка в зоні дозування, мм;

d_4 – діаметр червяка в зоні дозування, мм;

l_4 – довжина червяка в зоні дозування, мм;

l_p – довжина нарізної частини червяка, мм;

L – довжина червяка, мм;

H – ширина щілини, мм;

W – половина ширини листа, мм;

n – частота обертання, об/хв.;

H_1, H_2, H_3 – ширина каналу плоскощілинної головки відповідно першого, другого та третього, мм;

L_1, L_2, L_3 – довжина каналу плоскощілинної головки відповідно першого, другого та третього каналу, мм;

D_4 – діаметр четвертого каналу площілинної головки, мм;

B – ширина листа, мм;

K_1, K_2, K_3, K_4 – коефіцієнт геометричної форми головки першого, другого, третього і четвертого каналу, мм³;

					ЛПп81.087243.000-70	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

K – коефіцієнт геометричної форми головки, мм³;
 Q – об'ємна продуктивність, мм³/с;
 Π – продуктивність, кг/год;
 ΔP – перепад тиску в головці, МПа;
 S – швидкість зсуву, с⁻¹;
 N_1 – потужність, що витрачається для перемішування маси, транспортування, створення тиску, кВт;
 N_2 – потужність, що витрачається на подолання тертя маси в зазорі, кВт;
 N – потужність машини, кВт;
 η – ККД неврахованих витрат;
 $[\sigma]$ – границя текучості, МПа;
 $M_{кр}$ – крутний момент, Нм;
 $T_{віс}$ – вісьове зусилля, Н;
 J – момент інерції, м⁴;
 S_{1-1} – площа поперечного перетину червяка, м²
 W_{1-1} – осьовий момент опру, м³;
 τ – дотичні напруження, МПа;
 E – модуль пружності, МПа;
 f_{max} – максимальний угин червяка, мм;
 $\sigma_{стис}$ – стискаюче напруження, МПа;
 $\sigma_{екв}$ – еквівалентні напруження, МПа;
 t_n – початкова температура розплу, град;
 t_k – кінцева температура розплу, град;
 $T_{кож}$ – температура кожуха, К;
 $T_{в}$ – температура повітря, К;
 L_T – довжина теплообмінної поверхні корпусу, м;
 D_K – діаметр кожуха, м;

					ЛПп81.087243.000-70	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Агрегат для виробництва плівки з модернізацією
екструдера»

Київ – 2021 року

ЗМІСТ

1	Призначення та галузь застосування виробу який проектується.....	14
2	Технічна характеристика базового обладнання.....	16
3	Опис конструкції базового обладнання, основної частини та принципу дії	17
4	Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації.....	20
4.1	Обґрунтування обраної модернізації.....	25
5	Охорона праці та навколишнього середовища	27
5.1	Повітря робочої зони	28
5.2	Виробничий шум і вібрація.....	29
5.3	Небезпека враження електричним струмом.....	30
5.4	Небезпека впливу елементів устаткування, нагрітих до високих температур	31
5.5	Освітлення приміщення	32
5.6	Пожежна безпека.....	32
6	Очікувані механіко-економічні показники та висновки	34
7	Параметричні розрахунки	36
7.1	Геометричні розрахунки черв'яка	36
7.2	Розміри колектора плоскощільної головки	37
7.3	Коефіцієнт геометричної форми головки.....	39
7.4	Розрахунок продуктивності черв'ячної машини	40
7.5	Розрахунок перепаду тиску в головці.....	41
7.6	Розрахунок потужності приводу	44
7.7	Розрахунок розпірних зусиль валка.....	46

					ЛПп81.047245.000-70.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Максимович			Агрегат для виробництва плівки з модернізацією екструдера	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Щербина					1	
<i>Керівник</i>						«КПІ ім. Ігоря Сікорського»		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

8 Розрахунки на міцність та жорсткість	48
8.1 Розрахунок черв'яка на міцність та жорсткість.....	48
9 Тепловий розрахунок.....	53
10 Розрахунок вибраної модернізації в системі ansys	57
11 Технологія виготовлення клапану	64
11.1 Опис та призначення клапану	64
11.2 Технологічний процес виготовлення клапана.....	65
12. Вибір та розрахунок пристосування для певної операції.....	66
12.1 Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії.....	66
12.2 Розрахунок сил закріплення.....	67
ВИСНОВКИ.....	70
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	71

ВСТУП

Машинобудуванню доручено забезпечити виробництво сучасних машин для виробництва полімерних плівок, придатних для подальшого використання в контейнерах для харчових виробів тощо.

Для виробництва полістирольної плівки найбільш широко застосовуються лінії, розроблені на основі черв'ячних пресів.

Екструзійні машини використовуються в різних процесах хімічної промисловості таких як: гранулювання полімерів і змішування; екструзія труб, плівок, листів, профілів, нанесення ізоляції на електричні кабелі. Вони знаходять широке застосування в якості ливарного обладнання для попередньої пластифікації матеріалів тощо.

Успіх широкого впровадження черв'ячних машин для переробки полімерів в основному пов'язаний з тим, що машини є безперервними і забезпечують повну механізацію і автоматизацію процесу.

Предметом дипломного проекту є модернізація черв'ячного екструдера, тому що є багато недоліків відомих конструкцій: низька продуктивність, якість готової упаковки, а також висока енергоємність процесу.

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ВИРОБУ ЯКИЙ ПРОЕКТУЄТЬСЯ

Лінія для виробництва плівки може бути використана у виготовленні листової плівки з різних матеріалів таких як: поліетилену високого та низького тиску, поліхлорвінілу, поліамідів, полістиролу, тощо. В даному дипломному проєкті розглядається виготовлення листів полістирольної плівки, а саме для виготовлення одноразової полімерної тари.

Завдяки своїй доступності, матеріал широко використовується в найрізноманітніших цілях. Традиційна плівка, ціна якої є однією з найнижчих, практично не має аналогів для виробників, і дозволяє застосовувати багатьох галузях. Плівку застосовують в таких областях:

- Виготовлення упаковки та тари;
- Виробництво одноразових пакувальних виробів;
- Створення її упаковки для медикаментів;
- Виготовлення зовнішньої реклами;

Полімерні листи найбільшого використання набули у виготовленні харчової тари. Харчова тара – вид упаковки, що потребує особливо ретельного підбору способів виробництва, умов зберігання та методів обробки. Харчова упаковка повинна бути безпечною, презентабельною, і при цьому не дуже дорогою.

Харчова упаковка повинна бути не тільки безпечною, а також привабливою для зі сторони покупця. Полістирол здатен легко приймати необхідну форму та надовго зберігати презентабельний вид.

Упаковка продуктів харчування, також повинна витримувати прикладені до неї навантаження. Полістирол володіє високою міцністю від ударних навантажень, що дозволяє використовувати тару для зберігання «крихких» продуктів харчування. Крім того, полістирол здатний витримувати різного діапазону температури, що дає змогу зберігати в упаковці з нього

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

заморожені продукти або розігрівати їжу в мікрохвильовій печі, не виймаючи її з упакування.

Полістирол - це доступна сировина за собівартістю та з високими експлуатаційними характеристиками, тому використання його в виробництві харчової упаковки забезпечує прибуток виробництвам.

Завдяки всім переліченим якостям полістирольна плівка являється найпопулярнішим матеріал у виробництві харчової тари.

Отже даний дипломний проект є актуальним та виконана модернізація екструдера дозволить значно покращити якість отриманої плівки, і як наслідок харчової тари.

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ

Технічні характеристики лінії для виробництва полістирольної плівки наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики лінії переробки полімерної плівки

№ п/п	Найменування параметра	Значення параметра
1	Максимальна продуктивність лінії, кг/год,	250
2	Товщина листа, мм	0,8
3	Максимальна ширина листа, мм	900
4	Максимальний діаметр намотуваного рулону, мм	800
5	Число зон нагріву	7
6	Установлена потужність електродвигуну екструдера, кВт	80
7	Максимальний тиск розплаву на вході в головку, МПа	20
8	Діаметр шнеку, мм	80
9	Відношення робочої довжини шнека до діаметра	30
10	Частота обертання черв'яка	11.2-112
11	Габаритні розміри: Довжина, мм Ширина, мм Висота, мм	6550 1912 2050

3 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ БАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ, ОСНОВНОЇ ЧАСТИНИ ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ

Загальний вид лінії для виробництва плівки зображено на рисунку 3.1. До складу лінії входить – черв'ячний екструдер 1, перехідник 2, плоскощілинна головка 3, каландр 4, дисковий ніж 5, ніж 6, намотувач обрізків 7 та приймаючий пристрій 8

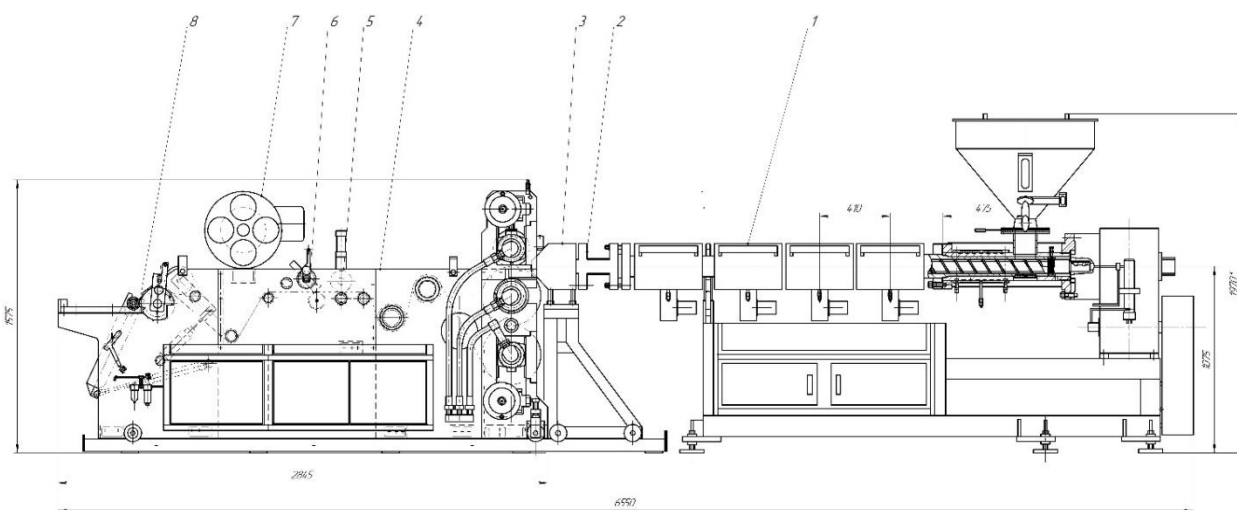


Рисунок 3.1 – Лінія для виробництва плівки, вигляд загальний

Черв'ячний екструдер зображено на рисунку 2. Черв'ячний екструдер складається з таких частин: завантажувальна горловина 1, корпус 2, що складає основу всієї конструкції, головний робочий орган черв'як 7 та завантажувальну горловину 3. Корпус 2 оснащений нагрівачами 9,10 і знаходиться в кожусі 4. Також екструдер, для охолодження матеріалу оснащений електровентиляторами 12. Охолодження зони завантаження екструдера здійснюється водою. Для контролю температури розплаву встановлений термоелектричний перетворювач 11. Обертання черв'яка 7 здійснюється від електродвигуна постійного струму через редуктор 8.

Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата

ЛПп81.087243.000-70.ПЗ

Арк.

17

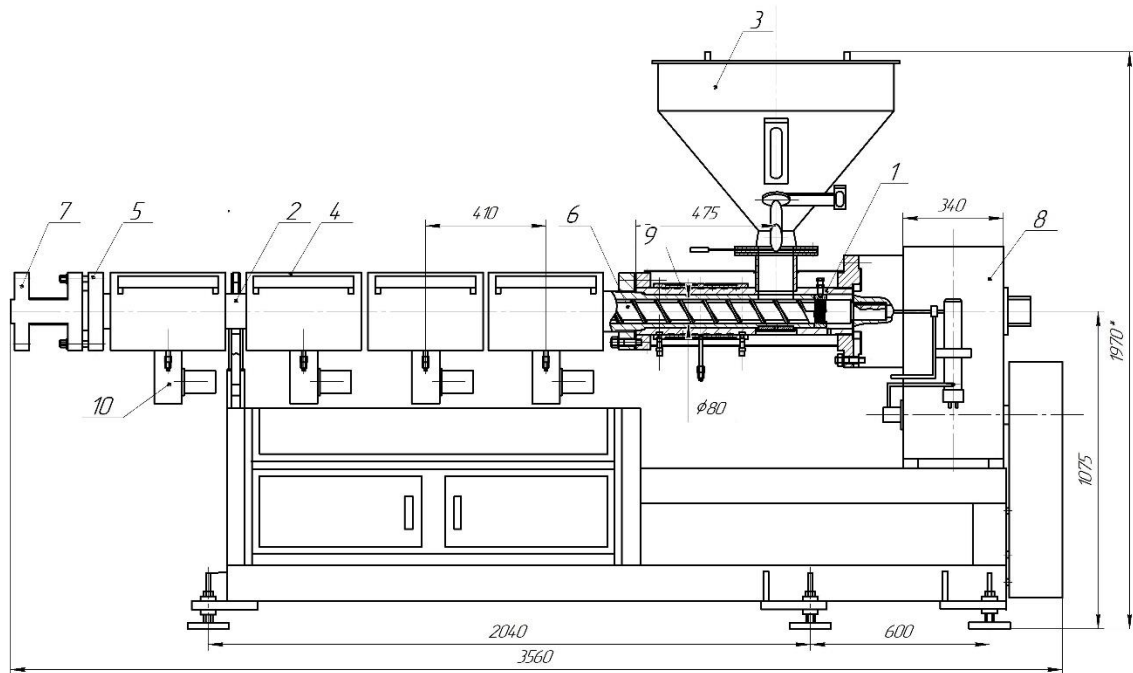


Рисунок 3.2 – Черв'ячний екструдер

Каландр зображено на рисунку 3. Каландр складається з двох верхніх опор 1,2 і двох нижніх опор 7,8, між якими розташовуються вали. Нижній валок 3 та верхній валок 5 мають можливість регулювання за допомогою черв'ячного редуктора 10 та 9, а центральний валок 4 – нерухомий. Каландр встановлений на рельсах, що змонтовані в фундаменті. Головка та каландр мають можливість переміщуватись по рейках, що дозволяє обслуговувати лінію. Також каландр оснащений ріжучими пристроями.

Лінія працює таким чином: сировина у вигляді гранул полістиролу потрапляє до бункеру 3, звідки потрапляє в завантажувальну горловину 1 і корпус 2. Під дією зовнішніх нагрівачів 9, 10 і за рахунок обертання черв'яка 7 гранули полімеру плавляться і розплав підлягає інтенсивному змішуванню та гомогенізації. Під дією створеного в зоні дозування тиску, розплав подається до переходника, де стабілізується тиск і рівномірність розплаву, і потрапляє до плоскощільної головки, де відбувається формування матеріалу в лист, котрий подається далі у каландр.

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		18

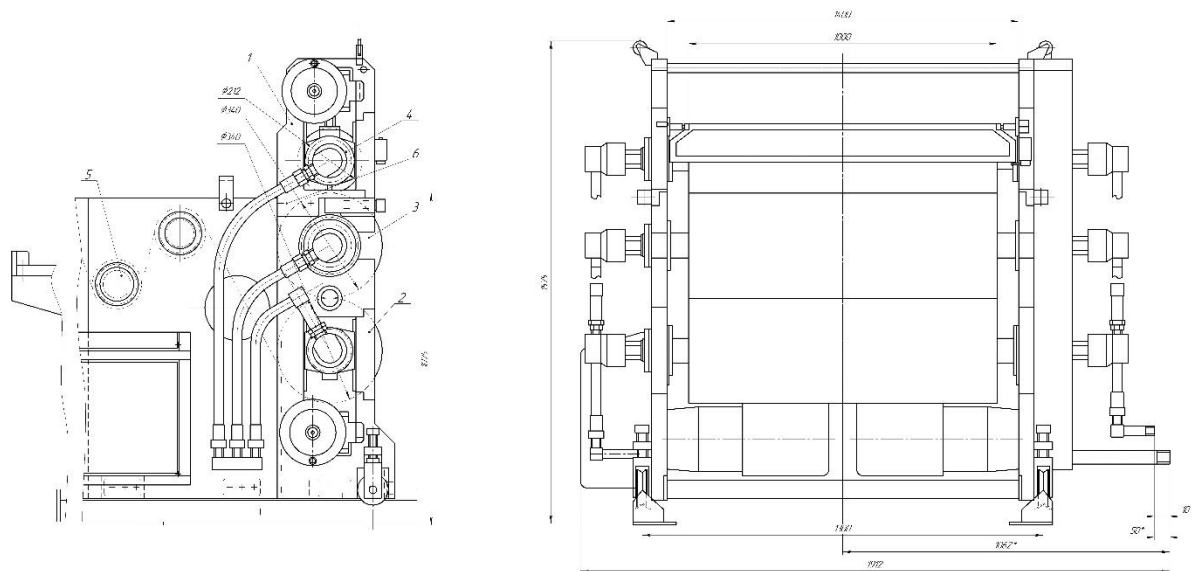


Рисунок 3.3 – Каландр

При попаданні листа до каландру, він проходить між валками 5 і 4 та 3 і 4, де калібрується та охолоджується циркулюючим в валах теплоносієм, та далі по траку додатково охолоджується, піддається обрізанню кромки ножами і тягнучими прорезиненими валами та намотується в рулони

Одним із недоліків лінії є недостатня якість готової продукції, тому що базова конструкція не забезпечує рівномірне завантаження матеріалу, що призводить до зміни тиску на вході в формуючу головку і як наслідок призводить до підвищення браку. Також, причиною поганої якості виробів є неоднорідність матеріалу та недостатня гомогенізація. З метою модернізації в проекті проведено літературно-патентний огляд для вибору технологічного рішення яке здатне усунути дані недоліки.

Змн.	Арк. А	№ докум. №	Підпис	Дата

4 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Відомі конструкції шнекових екструдерів [1-3]. Перевагами відомих конструкцій є простота та надійність роботи та простота обслуговування. Однак вони володіють такими недоліками як: низька якість перероблюваного матеріалу, недостатня продуктивність, , висока енергоємність та металоємність.

В заявці на патент [6] метою є регулювання завантаження матеріалу, покращення його якості та довговічності самого екструдера.

Корисна модель пояснюється кресленням, де на рисунку 4.1 зображено приклад конструкційного виконання черв'ячного екструдера.

Корисна модель працює таким чином: матеріал потрапляє в завантажувальну горловину 3, звідки прямує безпосередньо в корпус, де захоплюється витками черв'яка 2 та транспортується в напрямку формуючої головки. При перевищенні протитиску перероблюваного матеріалу на вході в формуючу головку значення, на яке відрегульована пружина 6, черв'як 2, долаючи опір останнього, переміщується в напрямку хвостовика, тягнучи елемент важільного механізму 4, який в свою чергу приводить в рух заслонку 5, яка перекриває завантажувальний отвір і навпаки, при зменшенні протитиску перероблюваного матеріалу на вході в формуючу головку черв'як 2 під дією пружини 6 переміщується в напрямку від хвостовика, тягнучи за собою, через важільний механізм 4, заслонку 5, відкриваючи завантажувальну горловину. Змінюючи по довжині точку опори важеля, можна досягти відповідності зміни протитиску в головці та зміни потоку перероблюваного матеріалу, що забезпечує отримання екструзійних полімерних вироби без наявності дефектів, зменшивши при цьому кількість бракованої продукції.

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

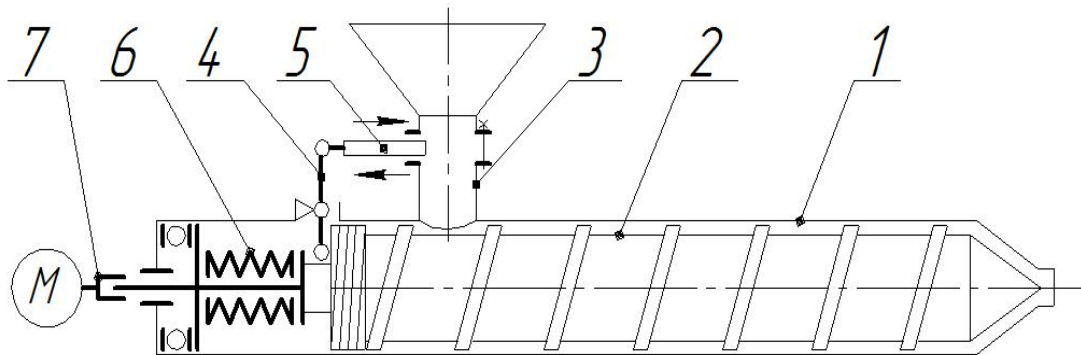


Рисунок 4.1 – Схема черв'ячного екструдера

Винахід [7] дозволяє підвищити якість змішування полімерного матеріалу за рахунок виконання між витками другої додаткової нарізки.

На рисунку 4.2 схематично зображена черв'ячна машина для переробки полімерних матеріалів; на рисунку 6 – розріз А–А на рисунку 5; на рисунку 7 – розгортка каналу з додатковими нарізками; на рисунку 8 – те ж, з пазом, виконаним на кінці витка другої додаткової нарізки.

Черв'ячна машина для переробки полімерних матеріалів містить корпус з входним 1 2 3 і вихідним отворами. У корпусі 1 співісний розміщений черв'як 4 з приводом його обертання (не показаний) і виконаний за його зовнішньої поверхні з утворенням зон завантаження Б, пластикації В і дозування Г основний нарізкою 5. У зоні пластикації В між витками основної нарізки 5 виконана перша додаткова нарізка б з висотою витка, меншої висоти витка основної нарізки 5, і з кроком, більшим кроку основної нарізки 5. У зоні пластикації В між витками основної нарізки 5 виконана друга додаткова нарізка 7 з кроком, відмінним кроку основної нарізки 5, і висотою витка, меншої висоти витка першої додаткової нарізки 6.

У зв'язку з тим, що канал в постійно зменшується по ширині частина полімерного матеріалу передавлюється з нього через зазори в канали б і г, в результаті чого відбувається інтенсивне перемішування полімерного матеріалу за рахунок розвиваються при цьому інтенсивних деформацій зсуву. У зв'язку з тим, що перша додаткова нарізка 6 має велику транспортуючу

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

здатність, ніж друга додаткова нарізка 7, створюється певний опір просуванню полімерного матеріалу. Для зниження цього опору і для врівноваження швидкостей потоків через зазори 1 і 2, зазор 2 виконаний більшим, ніж зазор 1.

Конструктивного рішення забезпечує підвищення якості змішування полімерного матеріалу за рахунок покращення його гомогенізації, в зоні пластикації між витками основної нарізки виконана друга додаткова нарізка з кроком, меншим кроку основної нарізки.

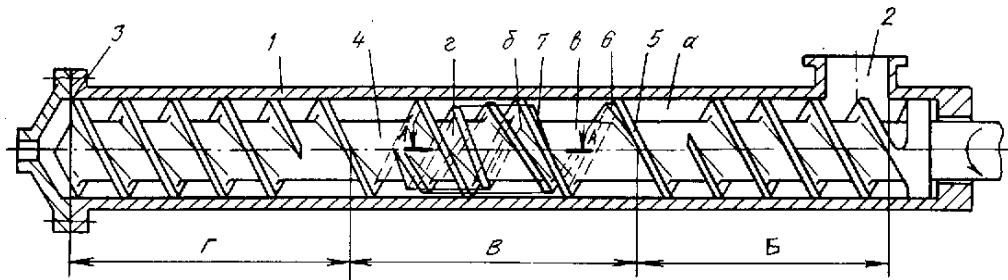


Рисунок 4.2 – Черв'ячна машина для переробки полімерних матеріалів

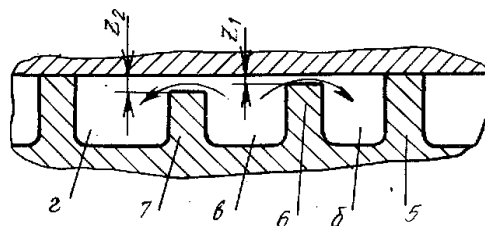


Рисунок 4.3 – Розріз А – А

В патенті [8] відома черв'ячна машина для переробки полімерних матеріалів, що містить корпус з завантажувальної воронкою і формуючої головкою, у якій розташований черв'як, на одній або декількох ділянках якого встановлені одна або кілька спіралей, причому кут підйому гвинтової лінії спіралей різниться від кута підйому гвинтової лінії черв'яка. У корпусі пропонуваної машини в зонах установки спіралей виконані додаткові завантажувальні отвори, завдяки чому підвищується ефективність переробки різних композицій.

На рисунку 4.4 показана черв'ячна машина, загальний вигляд.

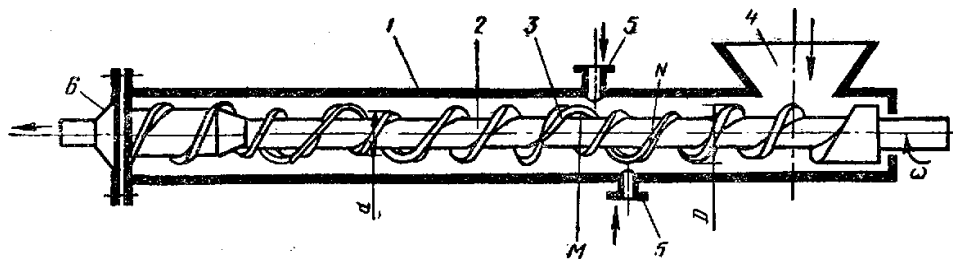


Рисунок 4.4 – Черв'ячна машина, загальний вигляд

Завдяки тому, що гвинтові канали корпусу черв'ячної машини виконані ексцентрично до осі черв'яка, причому кожен гвинтовий канал корпусу має в перетині багатогранник досягається підвищення ефективності переробки матеріалу. При такому виконанні гвинтових каналів матеріал у процесі руху додатково піддається багаторазовим стискаючим зусиллям, що викликає в переробляються додаткові багаторазові деформації зсуву. Ступінь обробки матеріалу поліпшується.

На рисунку 4.5 представлена черв'ячна машина; на рисунку 11 – корпус одно черв'ячної машини з гладким дном гвинтових каналів, поперечний розріз; на рисунку 12 – корпус одно черв'ячної машини з гранчастим дном гвинтових каналів, поперечний розріз; на рисунку 13 – корпус двочерв'ячної машини з гладким дном гвинтових каналів, поперечний розріз.

Винахід [9] дозволяє знизити енергоємність процесу переробки та запобігти зносу внутрішньої робочої поверхні черв'ячного екструдера в зоні завантаження.

Черв'ячний екструдер містить матеріал циліндр 1, змонтовану в ньому гільзу, виконану у вигляді послідовно встановлених змінних секцій 2,3,4 з пазами 5 і черв'як (не показаний). Між секціями 2-3 і 3-4 гільзи виконані проміжні кільцеві проточки 6 і 7 відповідно. Геометричні розміри і кількість пазів 5 в наступній секції (наприклад 3) у напрямку до виходу з екструдера обрані меншими, ніж у попередній секції (наприклад 2). Пази 5 можуть бути виконані поздовжніми або по спіралі. Форма перетину пазів 5 може бути прямокутною, напівкруглою, трапецеїдальною і т.п.

Винахід дозволяє цілеспрямовано змінювати коефіцієнт внутрішнього тертя матеріалу, і, як наслідок, знижувати енергоємність процесу переробки і знос внутрішньої поверхні черв'ячного екструдера.

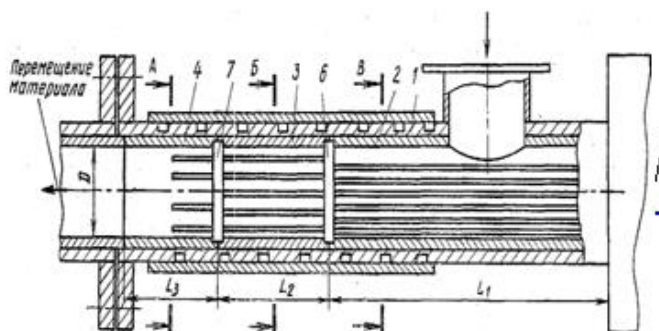


Рисунок 4.5 – Черв'ячна машина

В винаході [10] відомий черв'як забезпечений на одній з ділянок гомогенізуючим елементом, виконаним, наприклад у вигляді поздовжніх шліців. У пропонованому черв'яка гомогенізуючий елемент виконаний роз'ємним з двох взаємно повертаються частин, одна з яких підпружинена пружним елементом, наприклад торсійним валом, і забезпечена упорами, розташованими в пазах іншій частині черв'яка, завдяки чому автоматично стабілізується температура і в'язкість розплаву полімеру.

Завдяки даному конструктивному рішення зростають зворотні потоки в задній частині черв'яка, і сплав полімеру внаслідок інтенсивного перемішування отримує додатковий розігрів, в'язкість його зменшується і зменшується крутний момент, переданий підпружиненої частині черв'яка. Таким чином запропонований черв'як може автоматично регулювати в'язкість і температуру розплаву.

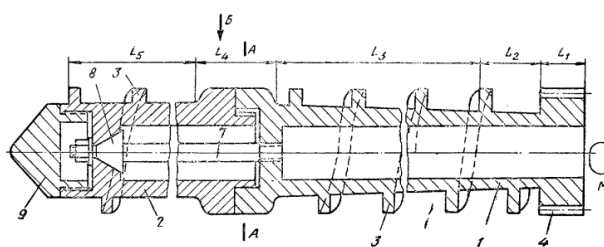


Рисунок 4,6 – Черв'як, поздовжній розріз

Винахід [11] відноситься до устаткування для переробки термопластичних матеріалів шляхом пресування і дозволяє підвищити якість розплаву за рахунок запобігання потрапляння нерозплавлених гранул.

На рисунку 4,6 зображено екструдер для переробки термопластичних матеріалів, загальний вигляд; на рисунку 22 – розріз А – А на рисунку 21; на рисунку 23 – розріз Б – Б на рисунку 21.

Така запропонована конструкція дозволяє здійснити поступове відділення розплаву від нерозплавлених гранул і подачу його в зону змішування, при цьому нерозплавлені гранули просуваються по зазору. Крім того, відбувається додаткова гомогенізація розплаву.

4.1 Обґрунтування обраної модернізації

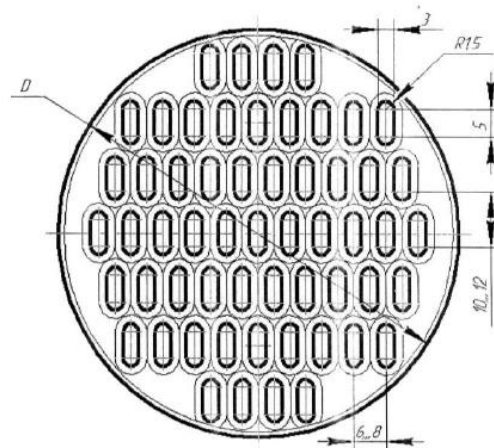
В результаті літературно-патентного пошуку було вибрано модернізацію екструдера за допомогою статичного змішувача [12].

Відомий статичний змішувач [1, 3], ціллю якого є інтенсифікація процесу перемішування, обладнаний направляючими елементами у вигляді циліндричних гвинтових пружин, вільно встановлених на 5 циліндрах. Недоліком даної конструкції є великий гідравлічний опір та при великій робочій поверхні можливі застійні зони, в яких відбувається термодеструкція полімерів.

В основу корисної моделі поставлено задачу отримати однорідний за температурою розплав перед формуючим інструментом.

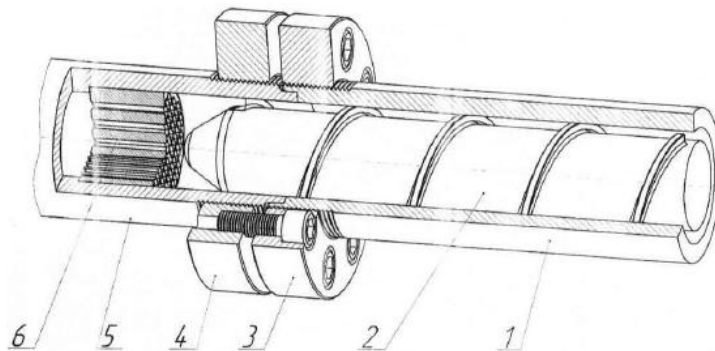
Поставлена задача вирішується тим, що статичний змішувач виконано у вигляді циліндричної насадки з бронзи, що містить поздовжні отвори. У найприйнятнішому прикладі виконання запропонований статичний змішувач встановлено у циліндр, закріплений фланцевим з'єднанням між циліндром екструдера та формуючим інструментом.

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		



Фіг. 1

Рис – 4.1.1 Поперечний розріз



Фіг. 2

Рис – 4.1.2 Статичний змішувач в корпусі екструдера

Статичний змішувач працює в такий спосіб. Під час роботи розплав полімеру з екструдера проштовхується шнеком, що обертається, під тиском потрапляє у циліндр 5 з встановленим всередині статичним 30 змішувачем. Розплав тиском продавлюється через поздовжні отвори статичного змішувача і відбувається теплообмін між розплавом та бронзою, з якої виконано статичний змішувач.

Отже використання запропонованої модернізації, завдяки високому значенню теплопровідності бронзи, на ділянці розплаву з більш високою температурою охолоджуються статичним змішувачем, а ділянці з низькою температурою - нагріваються, чим досягається задача отримання однорідного за температурою розплаву перед формуючим інструментом.

Змн.	Арк. А	№ докум. №	Підпис	Дата

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Закон України про охорону праці встановлює пріоритет життя і здоров'я працюючих, комплексне рішення програми праці, соціальний захист працівників, що постраждали в результаті нещасного випадку. Створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві обумовлює необхідність раннього виявлення шкідливих і небезпечних факторів, для того, щоб на стадії проектування намітити заходи, які слід проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу. При проектуванні нової техніки повинні цілком враховуватися вимоги діючого законодавства по охороні праці. Поліпшення умов праці впливають на результати виробництва, на продуктивність праці, якість і собівартість продукції, що випускається.

Темою дипломного проекту є: «Агрегат для виробництва плівки з модернізацією екструдера».

Установку параметрів технологічного процесу і контроль здійснює один оператор, який обслуговує технологічну лінію і знаходиться безпосередньо біля неї. На його робочому місці знаходяться інструкції з правил техніки безпеки. Розміри приміщення: площа $S=144\text{м}^2$, об'єм $V=1152\text{м}^3$. Шкідливими і небезпечними виробничими факторами є:

- повітря робочої зони;
- виробничий шум і вібрація ;
- небезпека дії рухомих частин;
- небезпека ураження електричним струмом;
- небезпека впливу елементів устаткування, нагрітих до високих температур;
- освітлення приміщення;
- пожежна безпека.

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

5.1 Повітря робочої зони

Параметри повітря робочої зони і усунення шкідливих речовин що виділяються при переробці полімерів, і їх нейтралізація повинні забезпечуватися виробником за допомогою відповідних пристроїв і засобів, передбачених при проектуванні виробничих приміщень.

При цьому ефективність пристроїв така, щоб масова концентрація шкідливих речовин і запыошеність повітря в зоні обслуговування не перевищувала санітарних норм, встановлених ГОСТ 12.1.005-88 та норми опалення, вентиляції та кондиціонування ДБН В.2.5-74:2013. У цеху також встановлена система опалення та кондиціонер.

У зв'язку з виділенням тепла в області робочої зони забезпечення параметрів, як в теплу, так і в холодну пору року забезпечується вентиляцією, що відповідає ДБН В.2.5-74:2013.

Як загально обмінна вентиляція застосовується механічна приточно-витяжна вентиляція. Повітря, що подається, фільтрується від пилу за допомогою скрубера. У цій системі повітря подається в приміщення вентиляцією притоку, а видаляється витяжкою, що працює одночасно з вентиляцією. Приток повітря проводиться в робочу зону, а витяжка - з верхньої зони ділянки.

Всі проведені заходи забезпечують у виробничому приміщенні згідно ДСН 3.3.6.042-99 такі норми мікроклімату:

- температура повітря в робочій зоні в холодний період року складає:
20-24°C – допустима і 21-24°C – фактична, а в теплий період: 22-28°C та 26-28 °C відповідно;
- відносна вологість складає 55-65%;
- швидкість руху повітря – 0,2 м/с;
- ГДК пилу 6 мг/м³ – допустима за ГОСТ 12.1.005-88/98, 2 мг/м³ – фактична.

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

5.2 Виробничий шум і вібрація

Основними джерелами шуму є електродвигуни, редуктори, ланцюгові передачі. В результаті замірів при експлуатації обладнання значення шуму 95 - 97 дБА.

Зменшення механічного шуму в лінії по виробництву плівки для пакування можна досягти:

- примусове змащування поверхонь, що труться, $\Delta L = 64 \text{ дБа}$;
- балансування елементів, що обертаються, $\Delta L = 6 \text{ дБа}$;
- матеріали прокладок і пружні вставки в з'єднання, виключаючи при цьому передачу коливань від однієї деталі до іншої, $\Delta L = 5 \text{ дБа}$;
- своєчасне усунення несправності, $\Delta L = 3 \text{ дБа}$;

При експлуатації устаткування в робочий час рівень звуку не перевищує 60дБА, що відповідає ДСН 3.3.6.037-99. Контроль за рівнем шуму виконується 1 раз на рік за допомогою шумометра ВШВ-004.

В якості індивідуального захисту застосовують протишумові навушники ПШН-Б за ДСН 3.3.6.037-99, що знижують рівень шуму до 22...28 дБА, і протишумні вкладиші „Беруши СТ-1”, що знижують рівень шуму до 16...20 дБА.

Джерелом вібрації є електродвигун і обертові частини машини. Зусилля вібрації відбувається через неточність установки обертових частин, через нещільне з'єднання корпусів обертових частин до фундаменту.

Оператор слабо піддається впливу вібрації, тому що знаходиться далеко від підстави машини. Таким чином, дані загальної вібрації не роблять впливу на організм оператора.

Зниження вібрації досягається застосуванням наступних мір:

- віброгашення, що здійснюється шляхом установки машини на фундаменті;
- за рахунок застосування амортизаторів;

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

– накриття корпусів редукторів(тверді, металеві, на основі алюмінію).

Сумарний час роботи в контакті з вібрацією не перевищує 2/3 робочої зміни. Тривалість безперервного впливу вібрації не перевищує 10 хв., що відповідає ДСН 3.3.6.039-99.

5.3 Небезпека враження електричним струмом

У зв'язку з тим, що лінія по виробництву плівки розташована на металевій рамі, що у свою чергу встановлюється на бетонну станіну, відповідно до ПЕУ вона відноситься до небезпечної.

Для живлення елементів лінії використовується трьохфазова напруга 220/380В із частотою 50Гц з ізольованою нейтраллю.

Основними причинами нещасних випадків від впливу електричного струму на проєктованій ділянці є:

- помилкове вмикання установки; можливість виникнення крокової напруги;
- пробой на корпус;
- випадки доторку людей до відкритих частин електроустановки, що проводять струм;
- старіння ізоляції і втрата ізоляційних властивостей;
- доторкання до частин установки, які можуть виявитися під напругою у випадку короткого замикання;

Основними заходами захисту від враження електричним струмом на ділянці експлуатації лінії є:

- Забезпечення неприступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою (розташування їх на недоступній висоті), для випадкового доторку.
- Використання щитків, спеціальних знаків безпеки, що попереджують людину про наявність високої температури, можливості

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

враження електричним струмом і т.д. (кожному з пунктів небезпеки відповідає свій попереджуючий знак).

З метою запобігання травм, рекомендується застосовувати такі запобіжні заходи: рубильник вмикання устаткування помістити в спеціальні шафи; передбачити спеціальне відключення електродвигунів, вентиляторів, нагрівачів у випадку влучення людини під напругу; на панелі керування установки вивести сигнальні лампи індикації вмикання електроустаткування.

Електрична міцність ізоляції випробується на іспитову напругу 200В частотою 50Гц протягом однієї хвилини. Опір ізоляції не менше 0,5 МОм. Електрична апаратура встановлена усередині робочих помешкань має ступінь захисту IP-54. Ізоляція провідників вимірюється мегаометром 11044 ТУ25-04-798-81. Напруга вимірюється вольтметром 351512 ТУ25-04-970-80.

5.4 Небезпека впливу елементів устаткування, нагрітих до високих температур

Небезпечними елементами в лінії для виробництва рукавної плівки є: поверхні корпуса преса, головки, температура яких може досягати 200°C.

Причинами травм можуть бути дотики людей до нагрітих поверхонь. В запобіганні травм нагріті елементи лінії закриваються спеціальними кожухами і маркируються попереджуючими знаками про наявність високої температури. Попереджуючі знаки ставляться на поверхнях, температура яких перевищує 45°C що відповідає ДСП 173-96.

Інтенсивність випромінювання становить 350 Вт/м²; фактичні температури на поверхні становлять 200°C.

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

5.5 Освітлення приміщення

У світлий час доби приміщення освітлюється природним, бічним, однорідним світлом. У приміщенні є віконні прорізи, площа яких не менша 10 м². Так як виробництво безперервне, то у темний час доби освітлення штучне. Штучним джерелом освітлення промислового приміщення є дугові ртутні лампи ДРЛ-400 потужністю 400Вт у кількості 8 шт., які забезпечують світловий потік 19000 лм.

Фактичне значення штучного освітлення $E_f=240$ лк, що відповідає нормам $E_f > E_n$. Для місцевого освітлення використовується вакуумна лампа накаливання НВ, що дає освітлення $E=200$ лк і відповідає ДБН В.2.5-28:2018.

Крім робочого освітлення передбачено аварійне освітлення. Норма освітленості при аварійному освітленні складає 0,5% від загальної освітленості, але не менше ніж 2 лк. При відключенні робочого, для продовження робіт, буде вмикатися аварійне освітлення, яке під'єднане до мережі, яка незалежна від мережі робочого освітлення.

5.6 Пожежна безпека

Полімерний матеріал, необхідний для отримання полістирольної плівки, що горить при $T=400$ С. Згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016 категорія приміщення - В. Плівкова лінія призначена для експлуатації в протипожежних зонах класу П - Па по ПУЕ. Вогнестійкість будівлі по ДБН В.1.1-7:2016 відповідає ступеню вогнестійкості П. Кількість поверхів будівлі не обмежується. Найбільша допустима площа поверхів між протипожежними стінами не обмежується.

Число евакуаційних виходів з будинків, приміщень не менш двох. Ширина ділянки шляху евакуації 1,5 м, а дверей на шляхах евакуації – 1 м. План-схема евакуації зображена на рисунку 32.

Серед причин, які викликають спалах, найбільш частими є:

– несправність електроустаткування;

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

- струми короткого замикання і перевантаження кабелів живлення;
- спалах ізоляції електропроводів;
- використання вогню в недозволеному місці;
- пряме попадання блискавки, яке може викликати пожежу і спричинити руйнування будівель;
- іскри при електро і газозварювальних роботах.

Запобігання можливості спалаху забезпечується наступними заходами:

- дотримання технологічних норм і правил експлуатації;
- куріння тільки у відведених місцях;
- своєчасне проведення інструктажу по техніці безпеки серед обслуговуючого персоналу;
- наявність засобів організації, зокрема, системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС) і засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною;
- наявність засобів пожежогасіння безпосередньо біля установки (пісок, вогнегасники);
- будівля встановлена на відстані не менше 10 метрів від сусіднього будинку і 20 метрів від складів;
- заземлені металеві елементи, оскільки при появі блискавки можливе іскріння;
- на будівлі встановлені громовідводи сітчастого вигляду.

У приміщенні передбачена пожежна сигналізація - теплові пожежні сповіщувачі. Інформація із сповіщувачів надходить на загально-цехову станцію. Також передбачені протипожежні щити і шухляди з піском. Передбачені повітряні апарати МПА 2x20 для захисту органів дихання і зору.

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

6 ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ВИСНОВКИ

В дипломному проекті проведена модернізація червячного екструдера який використаний у лінії для виробництва плівки. Лінія даного типу використовується для виготовлення листової плівки з різних полімерних матеріалів, в нашому випадку полістиролу

З метою підвищення якості перероблюваного матеріалу було проведено модернізацію з метою забезпечення рівномірності дозування і покращення умов гомогенізації, що в кінцевому результаті забезпечить збільшення річної продуктивності, завдяки зменшенню кількості браку. Отже дана модернізація є доцільним рішенням та може бути використана в хімічній промисловості.

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКИ

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		35

7 ПАРАМЕТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ

7.1 Геометричні розрахунки черв'яка

Вихідні дані:

- діаметр шнеку – $D=80$ мм;
- розрахункова схема – рисунок 1;
- перероблюваний матеріал – полістирол.

Розрахунок геометричних параметрів черв'яка виконаний за [1].

Проводимо розрахунок геометрії черв'яка наступним чином:

Крок нарізки:

$$t = (0,8 \div 0,12)D = 1 * 80 = 80 \text{ мм};$$

Ширина гребня витка:

$$e = (0,08 \div 0,1)D = 0,1 * 80 = 8 \text{ мм};$$

Кут нахилу гвинтової лінії:

$$\varphi = \arctg \frac{t}{\pi \cdot D} = \arctg \frac{1}{\pi} = 15,56^\circ;$$

Глибина нарізки черв'яка в зоні завантаження:

$$h_2 = (0,11 \div 0,18)D = 0,14 * 80 = 11 \text{ мм};$$

Діаметр стержня в зоні завантаження:

$$d_2 = D - 2 \cdot h_1 = 80 - 2 \cdot 11 = 58 \text{ мм};$$

Довжина зони завантаження:

$$l_2 = (12 \div 15)D = 15 \cdot 80 = 1200 \text{ мм};$$

Глибина нарізки черв'яка в зоні дозування:

$$h_4 = (0,04 \div 0,09)D = 0,07 * 80 = 5,5 \text{ мм};$$

Діаметр черв'яка в зоні дозування:

$$d_4 = D - 2 \cdot h_4 = 80 - 2 \cdot 5,5 = 69 \text{ мм};$$

Довжина зони дозування:

$$l_4 = (8 \div 12)D = 12 \cdot 80 = 960 \text{ мм};$$

Визначимо загальну довжину нарізної частини черв'яка:

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		36

$$l_p = (30 \div 35)D = 2400 \text{ мм};$$

Довжина циліндричної зони:

$$l_{\text{цил}} = (0,7 \div 1,5)D = 1,4 * 80 = 110 \text{ мм};$$

Довжина зони стиску:

$$l_{\text{ст}} = l_p - l_2 - l_4 = 2400 - 960 - 1200 = 240 \text{ мм};$$

Довжина відбійної частини:

$$l_{\text{від}} = (0,1 \div 0,5)D = 0,45 \cdot 80 = 36 \text{ мм};$$

Довжина евольвентного зачеплення: $l_{\text{ев}} = 154 \text{ мм};$

Довжина торпеди: $l_{\text{тор}} = 20 \text{ мм};$

Загальна довжина черв'яка:

$$L = l_p + l_{\text{ев}} + l_{\text{цил}} + l_{\text{від}} + l_{\text{тор}} = 2400 + 154 + 110 + 36 + 20 = 2720 \text{ мм};$$

Зазор між корпусом і черв'яком:

$$\delta = (0,002 \dots 0,003)D = 0,15 \text{ мм}.$$

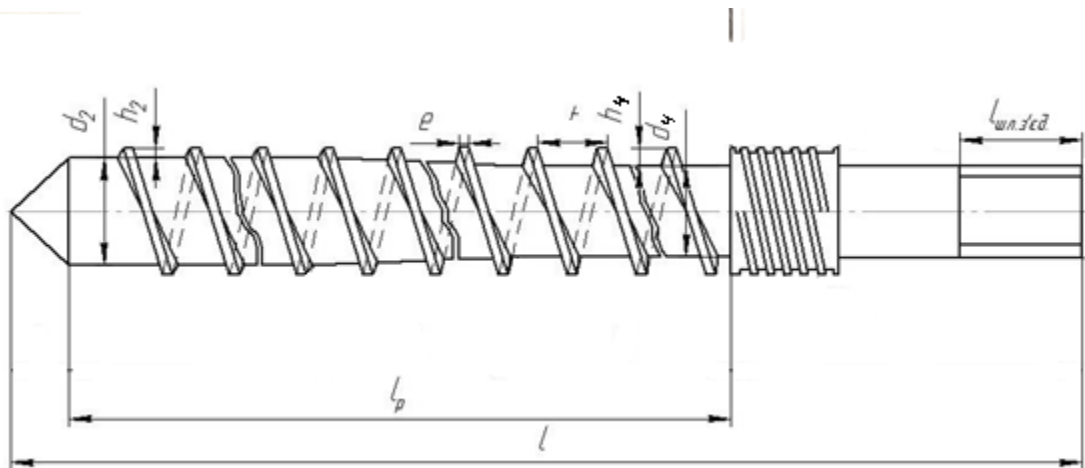


Рисунок 1 – Розрахункова схема черв'яка

7.2 Розміри колектора плоскощілинної головки

Вихідні дані:

- ширина щілини – $H=1,6 \text{ мм};$
- половина ширини листа – $W=450 \text{ мм};$
- показник ступеню реологічного рівняння – $n=0,25$

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		37

— розрахункова схема – рисунок 2.

Розрахунок радіуса колектора виконуємо за [3].

Радіус колектора визначаємо в проміжку $x \in (0 \dots W)$

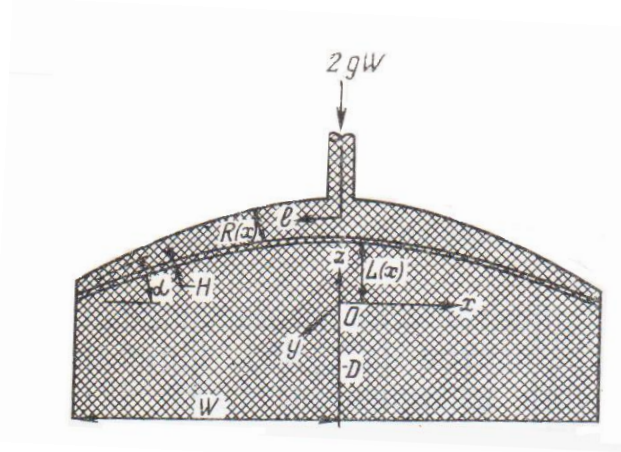


Рисунок 2 – Розрахункова схема колекторного каналу

Радіус колектора визначається з рівняння:

$$R(x)^{3n+1} = - \frac{((3 + s)/\pi)^n \cdot H^{2n+1} \cdot (W - x)^n}{2^n \cdot (s + 2)^n (dL/dl)},$$

де $(dL/dl) = -\sin \alpha$,

$$s = \frac{1}{n} = \frac{1}{0,25} = 4.$$

Визначаємо радіус колектора в точці $x=150$ мм:

$$R(150)^{3 \cdot 0,25+1} = - \frac{((3 + 4)/\pi)^{0,25} \cdot 1,6^{2 \cdot 0,25+1} \cdot (450 - 150)^{0,25}}{2^{0,25} \cdot (4 + 2)^{0,25} \cdot (-\sin 5^\circ)};$$

$$R(150) = 10,9 \text{ мм}$$

Визначаємо радіус колектора в точці $x=200$ мм:

$$R(200)^{3 \cdot 0,25+1} = - \frac{((3 + 4)/\pi)^{0,25} \cdot 1,6^{2 \cdot 0,25+1} \cdot (450 - 200)^{0,25}}{2^{0,25} \cdot (4 + 2)^{0,25} \cdot (-\sin 4,5^\circ)};$$

$$R(200) = 11,4 \text{ мм}$$

Визначаємо радіус колектора в точці $x=250$ мм:

$$R(250)^{3 \cdot 0,25+1} = - \frac{((3 + 4)/\pi)^{0,25} \cdot 1,6^{2 \cdot 0,25+1} \cdot (450 - 250)^{0,25}}{2^{0,25} \cdot (4 + 2)^{0,25} \cdot (-\sin 4^\circ)};$$

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		38

$$R(250) = 11,9 \text{ м}$$

Визначаємо радіус колектора в точці $x=300$ мм:

$$R(300)^{3 \cdot 0,25 + 1} = - \frac{((3 + 4)/\pi)^{0,25} \cdot 1,6^{2 \cdot 0,25 + 1} \cdot (450 - 300)^{0,25}}{2^{0,25} \cdot (4 + 2)^{0,25} \cdot (-\sin 3,5^\circ)};$$

$$R(300) = 12,4 \text{ мм}$$

Визначаємо радіус колектора в точці $x=400$ мм:

$$R(400)^{3 \cdot 0,25 + 1} = - \frac{((3 + 4)/\pi)^{0,25} \cdot 1,6^{2 \cdot 0,25 + 1} \cdot (450 - 400)^{0,25}}{2^{0,25} \cdot (4 + 2)^{0,25} \cdot (-\sin 3^\circ)};$$

$$R(400) = 12,7 \text{ мм}$$

Визначивши форму колекторного каналу, ми можемо вважати, що будь-яка траєкторія розплаву матиме однаковий гідравлічний тиск, тому визначати коефіцієнт геометричної форми головки можна по каналу, що проходить через центр головки.

7.3 Коефіцієнт геометричної форми головки

Визначення коефіцієнту геометричної форми головки проводяться за [2].

Вихідні дані:

- 1 канал: плоскощільний; ширина $H_1=0,8$ мм; довжина $L_1=25$ мм;
- 2 канал: плоскощільний; ширина $H_2=3,2$ мм; довжина $L_2=80$ мм;
- 3 канал: плоскощільний; ширина $H_3=1,6$ мм; довжина $L_3=50$ мм;
- 4 канал: круглий циліндричний; діаметр $D_4=35$ мм; довжина $L_4=50$ мм;
- ширина листа $B=900$ мм;
- розрахункова схема каналів зображена на рисунку 3.

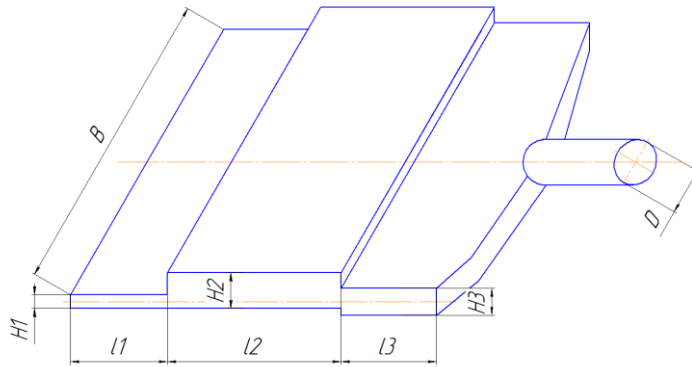


Рисунок 3 – Розрахункова схема каналів

Коефіцієнт геометричної форми головки 1 каналу:

$$K_1 = \frac{b \cdot H_1^3}{12 \cdot L_1} = \frac{900 \cdot 0,8^3}{12 \cdot 25} = 1,5 \text{ мм}^3;$$

Коефіцієнт геометричної форми головки 2 каналу:

$$K_2 = \frac{b \cdot H_2^3}{12 \cdot L_2} = \frac{900 \cdot 3,2^3}{12 \cdot 80} = 30,7 \text{ мм}^3;$$

Коефіцієнт геометричної форми головки 3 каналу:

$$K_3 = \frac{b \cdot H_3^3}{12 \cdot L_3} = \frac{900 \cdot 1,6^3}{12 \cdot 50} = 6,1 \text{ мм}^3;$$

Коефіцієнт геометричної форми головки 1 каналу:

$$K_4 = \frac{\pi \cdot D^4}{128 \cdot L_4} = \frac{3,14 \cdot 35^3}{128 \cdot 50} = 736 \text{ мм}^3;$$

Загальний коефіцієнт геометричної форми головки:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4}} = \frac{1}{\frac{1}{1,5} + \frac{1}{30,7} + \frac{1}{6,1} + \frac{1}{736}} = 1,15 \text{ мм}^3$$

7.4 Розрахунок продуктивності черв'ячної машини

Вихідні дані:

— діаметр черв'яка – $D = 80$ мм;

— крок гвинтової лінії – $t = D = 80$ мм;

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

- ширина витка – $e = 8$ мм;
- глибина гвинтового каналу в зоні дозування – $h_4 = 5,5$ мм;
- довжина черв'яка – $l_p = 2400$ мм;
- зазор між гребнями гвинтової нарізки черв'яка і гільзи – $\delta = 0,15$ мм;
- частота обертання черв'яка – $n = 112$ об/хв;
- кут нахилу гвинтової лінії – $\varphi = 15,56^\circ$;
- загальний коефіцієнт геометричної форми головки – $K = 1,15$ мм.

Розрахунок продуктивності черв'ячної машини виконується за [2].

Коефіцієнт прямого потоку для черв'яка з постійними розмірами:

$$\alpha = \frac{\pi \cdot D \cdot h_4 \cdot (t - e) \cdot \cos^2 \varphi}{2} = \frac{\pi \cdot 80 \cdot 5,5 \cdot (80 - 8) \cdot \cos^2 17,56}{2} = 45210 \text{ мм}^3;$$

Коефіцієнт зворотного потоку для черв'яка з постійними розмірами:

$$\beta = \frac{h_4^3 \cdot (t - e) \cdot \sin 2\varphi}{24 \cdot l_p} = \frac{(5,5)^3 \cdot (80 - 8) \cdot \sin(2 \cdot 17,56)}{24 \cdot 2400} = 0,117 \text{ мм}^3;$$

Коефіцієнт потоку утічок для черв'яка з постійними розмірами:

$$\gamma = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot \delta^3 \cdot \tan \varphi \cdot \sin \varphi}{10 \cdot e \cdot l_p} = \frac{\pi^2 \cdot 80^2 \cdot (0,15)^3 \cdot \tan 17,56 \cdot \sin 17,56}{10 \cdot 8 \cdot 2400} = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^3;$$

Об'ємна продуктивність потоку:

$$Q = \frac{\alpha \cdot K \cdot n}{K + \beta + \gamma} = \frac{45210 \cdot 1,15}{1,15 + 0,117 + 0,0001} \cdot \frac{112}{60} = 76599 \text{ мм}^3/\text{с};$$

або при питомій густині полістиролу $\rho = 1050$ кг/м³:

$$П = 3600 \cdot \rho \cdot Q = 3600 \cdot 1050 \cdot 76599 \cdot 10^{-9} = 250 \text{ кг/год};$$

7.5 Розрахунок перепаду тиску в головці

Вихідні дані:

- об'ємна продуктивність потоку: $Q = 76599$ мм³/с;

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

- 1 канал: плоскощільний; ширина $H_1=0,8$ мм; довжина $L_1=25$ мм;
- 2 канал: плоскощільний; ширина $H_2=3,2$ мм; довжина $L_2=80$ мм;
- 3 канал: плоскощільний; ширина $H_3=1,6$ мм; довжина $L_3=50$ мм;
- 4 канал: круглий циліндричний; діаметр $D=35$ мм; довжина $L_4=50$ мм;
- ширина листа $B=900$ мм.
- коефіцієнти геометричної форми головки:

$$K_1 = 1,5 \text{ мм}^3; K_2 = 30,7 \text{ мм}^3; K_3 = 6,1 \text{ мм}^3; K_4 = 736 \text{ мм}^3;$$

Розрахунок перепаду тиску в головці виконується за [2].

Визначаємо швидкість потоку для кожного каналу:

Для першого плоскощільного каналу:

$$\dot{\gamma}_1 = \frac{6Q}{bh_1^2} = \frac{6 \cdot 76599}{900 \cdot 0,8^2} = 798 \text{ с}^{-1};$$

Для другого плоскощільного каналу:

$$\dot{\gamma}_2 = \frac{6Q}{bh_2^2} = \frac{6 \cdot 76599}{900 \cdot 3,2^2} = 50 \text{ с}^{-1};$$

Для третього плоскощільного каналу:

$$\dot{\gamma}_3 = \frac{6Q}{bh_3^2} = \frac{6 \cdot 76599}{900 \cdot 1,6^2} = 199 \text{ с}^{-1};$$

Для четвертого круглого циліндричного каналу:

$$\dot{\gamma}_4 = \frac{32Q}{\pi D^3} = \frac{32 \cdot 76599}{3,14 \cdot 35^2} = 18 \text{ с}^{-1}.$$

По рисунку 4 знаходимо ефективну в'язкість поліетилену при температурі розплаву 200°C і швидкості $\dot{\gamma}_1 = 798 \text{ с}^{-1}$; $\dot{\gamma}_2 = 50 \text{ с}^{-1}$; $\dot{\gamma}_3 = 199 \text{ с}^{-1}$;

$$\dot{\gamma}_4 = 18 \text{ с}^{-1}.$$

$$\mu_{\text{еф}1} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кГ} \cdot \text{с} / \text{см}^2 = 2 \cdot 10^2 \text{ Па} / \text{с};$$

$$\mu_{\text{еф}2} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ кГ} \cdot \text{сек} / \text{см}^2 = 10 \cdot 10^2 \text{ Па} / \text{с};$$

$$\mu_{\text{еф}3} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кГ} \cdot \text{сек} / \text{см}^2 = 4 \cdot 10^2 \text{ Па} / \text{с};$$

$$\mu_{\text{еф}4} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кГ} \cdot \text{сек} / \text{см}^2 = 18 \cdot 10^2 \text{ Па} / \text{с}$$

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		42

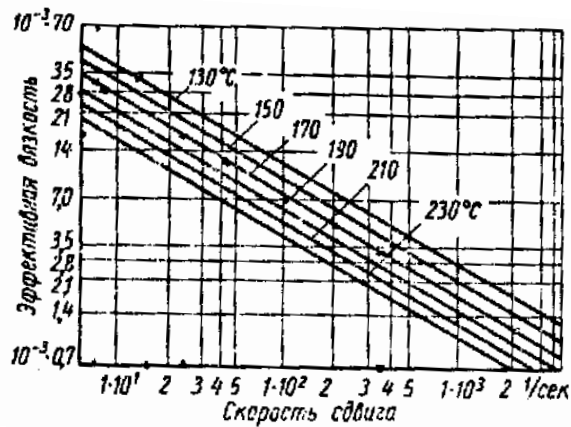


Рисунок 4 – Залежність ефективної в'язкості полістиролу від швидкості зсуву при різних температурах

Перепад тиску для кожного каналу:

Для першого плоскощільного каналу:

$$\Delta p_1 = \frac{Q\mu_{\text{эф1}}}{K_1} = \frac{76599 \cdot 2 \cdot 10^2}{1,5} = 10213 \text{ кПа}$$

Для другого плоскощільного каналу:

$$\Delta p_2 = \frac{Q\mu_{\text{эф2}}}{K_2} = \frac{76599 \cdot 10 \cdot 10^2}{30,7} = 2495 \text{ кПа}$$

Для третього плоскощільного каналу:

$$\Delta p_3 = \frac{Q\mu_{\text{эф3}}}{K_3} = \frac{76599 \cdot 4 \cdot 10^2}{6,1} = 5023 \text{ кПа}$$

Для четвертого круглого циліндричного каналу:

$$\Delta p_4 = \frac{Q\mu_{\text{эф4}}}{K_4} = \frac{76599 \cdot 18 \cdot 10^2}{736} = 187 \text{ кПа}$$

Загальний перепад тиску в головці:

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_4 = 10213 + 2495 + 5023 + 187 = 18\text{МПа}$$

Змн.	Арк. А	№ докум. №	Підпис	Дата

7.6 Розрахунок потужності приводу

Вихідні дані:

- крок гвинтової нарізки черв'яка $t = 80$ мм;
- зовнішній діаметр черв'яка $D = 80$ мм;
- перепад тиску в головці $\Delta P = 18$ МПа;
- діаметр черв'яка в зоні завантаження $d_2 = 58$ мм;
- діаметр черв'яка в зоні дозування $d_4 = 69$ мм;
- постійна прямого потоку $\alpha = 45210$ мм³;
- глибина нарізки в зоні завантаження $h_2 = 11$ мм;
- глибина нарізки в зоні дозування $h_4 = 5,5$ мм;
- довжина зони дозування $l_4 = 960$ мм;
- ширина гребеня витка черв'яка $e = 8$ мм;
- радіальний зазор $\delta = 0,15$ мм.
- коефіцієнт корисної дії і неврахованих втрат $\eta = 0,5$.

Розрахунок потужності приводу виконуємо за [1].

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

$$S = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot n}{60 \cdot \delta \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + t^2}} = \frac{3,14 \cdot 8^2 \cdot 112}{60 \cdot 0,015 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot 8^2 + 8^2}} = 2972,2 \text{ с}^{-1},$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 200°C і швидкості зсуву $2972,2 \text{ сек}^{-1}$:

$$\mu_{\text{ef}} = 0,8 \times 10^{-3} = \text{кГ} \cdot \text{сек} / \text{см}^2 = 0,8 \cdot 10^2 \text{ Па} / \text{с};$$

Потужність, що витрачається на подолання тертя маси в зазорі:

$$\begin{aligned} N_2 &= \frac{10^{-4} \cdot \pi^3 \cdot D^3 \cdot e \cdot l_4 \cdot \mu_{\text{ef}} \cdot n^2}{36 \cdot \delta \cdot t} = \\ &= \frac{10^{-4} \cdot 3,14^3 \cdot 8^3 \cdot 0,8 \cdot 96 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 112^2}{36 \cdot 0,15 \cdot 8} = 27,72 \text{ кВт}, \end{aligned}$$

Ефективна динамічна в'язкість визначається з графічної залежності при

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

температурі розплаву 200°C і швидкості зсуву розплаву, обумовленої по формулі:

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

$$= \frac{3,14^2 \cdot (8 - 0,825) \cdot (8 - 2 \cdot 0,825) \cdot 112}{60 \cdot 0,825 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot (8 - 2 \cdot 0,825)^2 - 8^2}} = 55,27 \text{ с}^{-1},$$

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

$$h_{cp} = \frac{h_2 + h_4}{2} = \frac{1,1 + 0,55}{2} = 0,825 \text{ см},$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 200°C і швидкості зсуву 55,27с⁻¹:

$$\mu_{\text{еф}} = 10 \times 10^{-3} \text{ кГ} \cdot \text{сек/см}^2 = 10 \cdot 10^2 \text{ Па/с};$$

Потужність, що витрачається для перемішування маси, транспортування і створення тиску:

$$N_1 = \frac{\pi^3 \cdot (t - e) \cdot l_4 \cdot J \cdot \mu_{\text{еф}} \cdot 10^{-4}}{36 \cdot t} \cdot n^2 + \frac{a_2 \cdot \Delta P \cdot n \cdot 10^{-2}}{6} =$$

$$= \frac{3,14^3 \cdot (8 - 0,8) \cdot 96 \cdot 827 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-4}}{36 \cdot 8} \cdot 112^2 +$$

$$+ \frac{45210 \cdot 18 \cdot 10,2 \cdot 112 \cdot 10^{-3}}{6} = 923 \frac{\text{кГ} \cdot \text{м}}{\text{с}} = 9,23 \text{ кВт},$$

де J – коефіцієнт, що визначається по формулі:

$$J = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4 \cdot t^2}{\pi^2} + \frac{(D - d_2) \cdot (D + d_1)}{3 \cdot (d_2 - d_1)} + \frac{2,3 \cdot \pi^2 \cdot D^5}{(t + \pi^2 \cdot D^2) \cdot (h_n - h_k)} \cdot \lg \frac{h_n}{h_k} =$$

$$= \frac{3,14^2 \cdot 8^2 - 4 \cdot 8^2}{3,14^2} + \frac{(8 - 6,9) \cdot (8 + 5,8)}{3 \cdot (6,9 - 5,8)} + \frac{2,3 \cdot 3,14^2 \cdot 8^5}{(8 + 3,14^2 \cdot 8^2) \cdot (1,1 - 0,55)} \cdot \lg \frac{1,1}{0,55} = 827 \text{ см}^2.$$

Загальна потужність дорівнює:

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta} = \frac{9,23 + 27,72}{0,5} = 73,9 \text{ кВт}$$

Обираємо електродвигун 4ПФМ280S ГУХЛ4-80 кВт.

									Арк.
									45
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата					

7.7 Розрахунок розпірних зусиль валка

Вихідні дані:

- коефіцієнт фрикції – $f=0$;
- радіус валка – $R=0,212$ м;
- робочий зазор між валками – $h_k=0,8$ мм;
- довжина робочої частини валка – $L=1$ м;
- реологічна константа полістиролу – $K=2,38 \cdot 10^4$ Н·с/м²;
- реологічна константа – $n=0,25$;
- швидкість валків – $V=0,5$ об/с;
- кут захвата – $\alpha=7^\circ$;

Розрахунок розпірних зусиль валка виконуємо за [5].

Коефіцієнт Δ :

$$\Delta = 1 + 2 \cdot \frac{R}{h_k} \cdot (1 - \cos \alpha) = 1 + 2 \cdot \frac{0,212}{0,8 \cdot 10^{-3}} \cdot (1 - \cos 7^\circ) = 5 \text{ м}^{-1}$$

Коефіцієнт, що враховує вплив градієнта швидкості в між валковому просторі на напруження зсуву:

$$\alpha_{\text{еф}} = \frac{3 \cdot (1 + f) \cdot T}{2 \cdot h_k \cdot \sqrt{\Delta^{-1}}} = \frac{3 \cdot 1 \cdot 0,405}{2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{5^{-1}}} = 3797 \text{ м}^{-1},$$

де T – коефіцієнт взятий з таблиці [5] в залежності від коефіцієнту Δ .

Складові розпірного зусилля:

- горизонтальна:

$$P_1 = \frac{3 \cdot K \cdot \alpha_{\text{еф}}^n \cdot V^n \cdot (1 + f) \cdot R \cdot L \cdot B_1}{8 \cdot \alpha_{\text{еф}} \cdot h_k} =$$
$$= \frac{3 \cdot 2,38 \cdot 10^4 \cdot 3797^{0,25} \cdot 0,5^{0,25} \cdot (1 + 0) \cdot 0,212 \cdot 1 \cdot 2,152}{8 \cdot 3797 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3}} = 8887,5 \text{ Н}$$

- вертикальна:

$$P_2 = \frac{3 \cdot K \cdot \alpha_{\text{еф}}^n \cdot V^n \cdot (1 + f) \cdot R \cdot L \cdot B_2}{8 \cdot \alpha_{\text{еф}} \cdot h_k} =$$

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

$$= \frac{3 \cdot 2,38 \cdot 10^4 \cdot 3797^{0,25} \cdot 0,5^{0,25} \cdot (1 + 0) \cdot 0,212 \cdot 1 \cdot 0,319}{8 \cdot 3797 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3}} = 1297,5 \text{ Н}$$

де значення коефіцієнтів B_1 та B_2 взяті з таблиці [5] в залежності від коефіцієнту Δ .

Сумарне розпірне зусилля:

$$P = \sqrt{P_1^2 + P_2^2} = \sqrt{(8887,5)^2 + (1297,5)^2} = 9000 \text{ Н.}$$

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		47

8 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ ТА ЖОРСТКІСТЬ

8.1 Розрахунок черв'яка на міцність та жорсткість

Вихідні дані:

- Діаметр черв'яка в зоні завантаження: $d_2=58$ мм;
- Перепад тиску матеріалу в головці: $\Delta P= 18$ МПа;
- Загальна довжина черв'яка: $L=2720$ мм;
- Довжина робочої зони черв'яка: $l_p=2400$ мм;
- Потужність приводу: $N=80$ кВт;
- Кількість обертів черв'яка за хвилину: $n=112$ об/хв;
- Матеріал черв'яка: сталь 38Х2МЮА;
- Питомий тиск $\rho_1=7710$ кг/м³;
- Границя текучості для сталі: $[\sigma]=665$ МПа.

Розрахунок черв'яка на міцність виконується за [1].

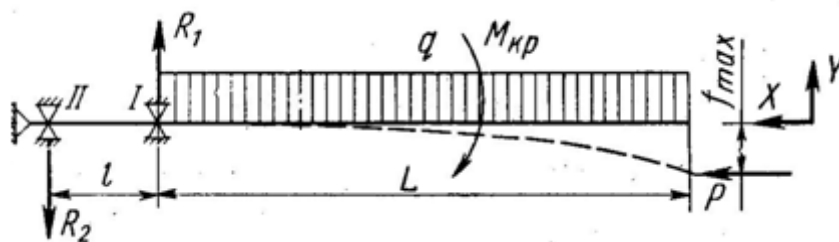


Рисунок 5 – Розрахункова схема

Розрахунок проводимо по зоні завантаження, так як черв'як має тут найменший діаметр.

Крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{973,6 \cdot N}{n} = \frac{973,6 \cdot 80}{112} = 695,4 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Вісьове зусилля, що діє на шнек:

$$T_{віс} = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot \Delta P = \frac{\pi \cdot (58 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 18 \cdot 10^6 = 47533 \text{ Н}.$$

Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата

ЛПп81.087243.000-70.ПЗ

Арк.

48

Для визначення розрахункової схеми попередньо перевіримо черв'як на гнучкість:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot L_p}{i} = \frac{2 \cdot 2,4}{0,0145} = 331,$$

де $\mu = 2$ – коефіцієнт, що залежить від способу закріплення кінців валу;

i – радіус інерції перерізу:

$$i = \frac{d_2}{4} \cdot \sqrt{1 + \alpha^2} = \frac{0,058}{4} = 0,0145 \text{ м},$$

де α – відношення діаметру внутрішнього охолоджувального до діаметру стержня черв'яка в небезпечному перерізі, $\alpha=0$, так як в даному випадку черв'як не має внутрішнього охолоджувального каналу.

Так як $\lambda > 50$, виконуємо розрахунок на поздовжньо поперечний згин з урахуванням вісьового зусилля $T_{\text{вiс}}$ і власної ваги черв'яка.

Визначаємо складову згинаючого моменту:

$$\begin{aligned} M_q &= \frac{q}{k} \sin kx + \frac{q(L - \frac{1}{k} \sin kL)}{k \cdot \cos kl_p} \sin kx = \\ &= \frac{225}{0,615} \sin(-55,6) + \frac{225(2,40 - \frac{1}{0,615} \sin(0,615 \cdot 2,40))}{0,615 \cdot \cos(0,615 \cdot 2,40)} \sin(-55,6) \\ &= 181,61 \text{ Н} \cdot \text{м}, \end{aligned}$$

де k – параметр:

$$k = \sqrt{\frac{T_{\text{вiс}}}{EJ}} = \sqrt{\frac{47533}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,55 \cdot 10^{-6}}} = 0,615 \frac{1}{\text{м}},$$

де J – момент інерції поперечного перерізу:

$$J = \frac{\pi \cdot d_2^4}{64} (1 - \alpha^4) = \frac{\pi \cdot 0,058^4}{64} = 0,55 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4,$$

x визначаємо з рівняння:

$$\text{tg } kx = \text{tg } kl_p - \frac{kl_p}{\cos l_p} = \text{tg}(0,615 \cdot 2,40) - \frac{0,615 \cdot 2,40}{\cos(0,615 \cdot 2,40)} = -1,46,$$

$$kx = \text{arctg}(-1,46) = 55,6$$

$$x = 337$$

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		49

Розподільне навантаження від власної ваги:

$$q = \frac{9,81 \cdot G}{l_p} = \frac{9,81 \cdot 55,4}{2,4} = 225 \frac{\text{Н}}{\text{м}},$$

де G - маса черв'яка:

$$G = \frac{\pi \cdot (d_2 - d_0)^2}{4} \cdot \rho \cdot L = \frac{\pi \cdot (58 \cdot 10^{-3} - 0)^2}{4} \cdot 7710 \cdot 2720 \cdot 10^{-3} = 55,4 \text{ кг},$$

де $d_0 = 0$, так як в даному випадку черв'як не має внутрішнього охолоджувального каналу.

S_{1-1} – площа попереднього перетину черв'яка:

$$S_{1-1} = \frac{\pi \cdot d_2^2 \cdot (1 - \alpha^2)}{4} = \frac{\pi \cdot 0,058^2 \cdot (1 - 0^2)}{4} = 2,64 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

W_{1-1} – Осьовий момент опору відносно нейтральної вісі:

$$W_{1-1} = \frac{\pi \cdot d_2^3 \cdot (1 - \alpha^4)}{32} = \frac{\pi \cdot 0,058^3 \cdot (1 - 0^4)}{32} = 19 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Величина згинального напруження:

$$\sigma_{\text{згин}} = \frac{M_u}{W_{1-1}} = \frac{181,61}{19 \cdot 10^{-6}} = 9,6 \text{ МПа}.$$

Дотичні напруження:

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{W_{\text{пол}}^{1-1}} = \frac{954,4}{38,29 \cdot 10^{-6}} = 16 \text{ МПа},$$

де $W_{\text{пол}}^{1-1}$ – полярний момент опору:

$$W_{\text{пол}}^{1-1} = \frac{\pi \cdot d_2^3 \cdot (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{\pi \cdot 0,058^3 \cdot (1 - 0^4)}{16} = 38,29 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

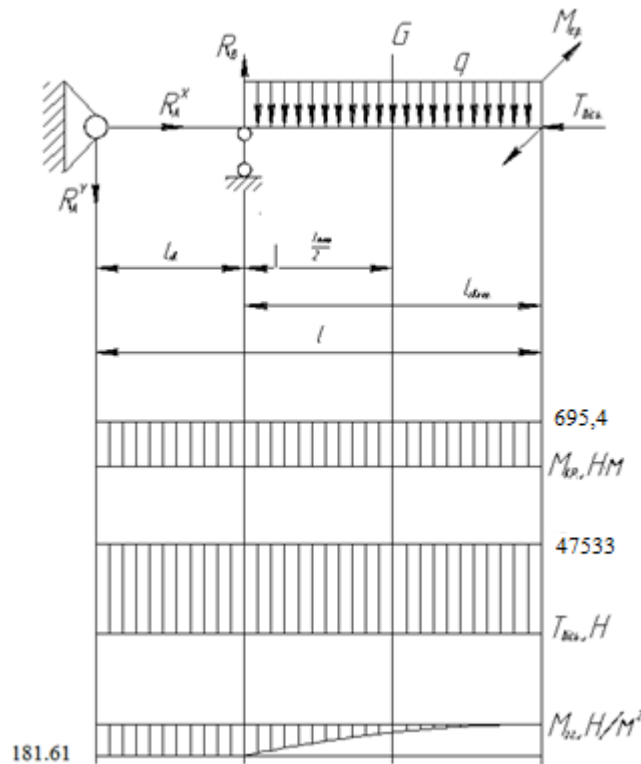


Рисунок 6 – Схема епюр сил і моментів, що діють на черв'як

Максимальний угин:

$$\begin{aligned}
 f_{\max} &= \frac{1}{EJ} \left[\frac{q}{k^2} \left(\frac{1}{k^2} + \frac{l_p^2}{2} \right) - \frac{1}{k} \left(\frac{q}{k^3} + Al_p \right) \cos kl_p - \frac{1}{k^2} \left(\frac{ql_p}{k} - A \right) \sin kl_p \right] = \\
 &= \frac{1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,55 \cdot 10^{-6}} \left[\frac{225}{0,615^2} \left(\frac{1}{0,615^2} + \frac{2,4^2}{2} \right) \right. \\
 &\quad - \frac{1}{0,615} \left(\frac{225}{0,615^3} + 870,2 \cdot 2,4 \right) \cos(0,615 \cdot 2,4) \\
 &\quad \left. - \frac{1}{0,615^2} \left(\frac{225 \cdot 2,4}{0,615} - 870,2 \right) \sin(0,615 \cdot 2,4) \right] = \\
 &= -14,43 \cdot 10^{-3} \text{ м.}
 \end{aligned}$$

де А – параметр:

$$A = \frac{q(l_p - \frac{1}{k} \sin kl_p)}{k \cdot \cos kl_p} = \frac{225(2,4 - \frac{1}{0,615} \sin(0,615 \cdot 2,4))}{0,615 \cdot \cos(0,615 \cdot 2,4)} = 870,2 \text{ Нм.}$$

$$f_{\max} = 0,01443 < \delta = 0,15$$

де δ – зазор між черв'яком і внутрішнім діаметром корпусу.

Отже, прогин лежить в межах допустимого.

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		51

Складова згинаючого моменту:

$$M_T = T \cdot f = 47533 \cdot 0,01443 = 685,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Згинаючий момент:

$$M_{зг} = M_q + M_T = 181,61 + 685,9 = 867,51 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Величина стискуючого напруження:

$$\sigma_{стис} = \frac{T_{вісь.}}{S_{1-1}} + \frac{M_{зг.}}{W_{1-1}} = \frac{47533}{2,64 \cdot 10^{-3}} + \frac{867,51}{19 \cdot 10^{-6}} = 63,6 \text{ МПа.}$$

Еквівалентні напруження:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{стис}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{63,6^2 + 4 \cdot 16^2} = 71,2 \text{ МПа} \leq [\sigma].$$

Висновок: умова міцності виконується, а також зазор між черв'яком і внутрішнім діаметром корпуса лежить в межах допустимого.

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

9 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК

Проте через відсутність надійних експериментальних досліджень теплових процесів у черв'ячних машинах і установках не можна скласти закінченої і докладної методики розрахунків теплових процесів і режимів, тому розглянемо тільки деякі питання теплообміну в черв'ячних машинах.

Вихідні дані:

- потужність встановленого електродвигуна: $N = 80 \text{ кВт}$;
- продуктивність поліетилену: $G_M = 250 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$;
- температура, з якою полімер подається в машину: $t_{II} = 20^\circ\text{C}$;
- температура, до якої треба нагріти полімер: $t_K = 200^\circ\text{C}$;
- температура поверхні кожуха: $T_{КОЖ} = 65^\circ\text{C} = 338\text{K}$;
- температура повітря: $T_B = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$;
- довжина теплообмінної поверхні: $L_T = 2,3 \text{ м}$;
- ККД приводу преса: $\eta_1 = 0,6$;
- ККД електродвигуна: $\eta_2 = 0,9$;
- ККД перетворення механічної енергії в теплову $\eta_3 = 0,85$;
- діаметр кожуха $D_T = 0,256 \text{ м}$;
- питома теплоємність полістиролу: $C_M = 1,38 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
- ступінь чорноти поверхні кожуха, для сталі $\varepsilon = 0,6$;

Тепловий розрахунок проводимо за [2] та [4].

Тепловий баланс черв'ячної машини:

$$Q_N + Q_{N1} = G_M \cdot C_M \cdot (t_k - t_{II}) + Q_o + Q_{втр},$$

де Q_o - кількість тепла, що відводиться водою, яка охолоджує черв'як,

$$Q_o = 0;$$

Q_N - потужність, що виділяється при споживанні механічним приводом:

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

$$Q_N = N \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 80 \cdot 10^3 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 34560 \text{Вт},$$

$Q_{\text{втр}}$ - втрати тепла в оточуюче середовище:

$$Q_{\text{втр}} = Q_K + Q_{\text{випр}},$$

де Q_K – втрати тепла в навколишнє середовище конвекцією:

$$Q_K = \alpha_K \cdot F \cdot (t_{\text{кож}} - t_{\text{п}}),$$

де F - теплообмінна поверхня преса:

$$F = \pi \cdot D_T \cdot L_T = \pi \cdot 0,256 \cdot 2,3 = 1,85 \text{м}^2$$

α_K - коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище, визначений за формулою:

$$\alpha_K = \frac{Nu \cdot \lambda_M}{L}$$

Nu - критерій Нуссельта,

λ_M - коефіцієнт теплопровідності при середній температурі,

Критерій Нуссельта визначається за формулою:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)_m^n,$$

де Gr - критерій Грасгофа, визначений за формулою:

$$Gr = \frac{\beta \cdot L_T^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\nu_m^2},$$

Розрахункова температура:

$$T_p = \frac{T_{\text{кож}} + T_B}{2} = \frac{65 + 20}{2} = 42,5^\circ\text{C}$$

Знаходимо значення теплофізичних параметрів та критеріїв подібності при розрахунковій температурі $T_p = 42,5^\circ\text{C}$:

$$\lambda_m = 0,0278 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} - \text{коефіцієнт теплопровідності},$$

$$\nu_m = 17,06 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}} - \text{коефіцієнт кінематичної в'язкості},$$

$Pr = 0,699$ - критерій Прандтля

β - коефіцієнт об'ємного розширення:

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

$$\beta = \frac{1}{273 + t_{cp}} = \frac{1}{273 + 42,5} = 3,16 \cdot 10^{-3},$$

За формулою знаходимо критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{\beta \cdot D^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\nu_m^2} = \frac{3,16 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3^3 \cdot 9,8 \cdot (338 - 293)}{(17,16 \cdot 10^{-6})^2} = 5,8 \cdot 10^{10}$$

Добуток $Gr \cdot Pr$:

$$Gr \cdot Pr = (5,8 \cdot 10^{10} \cdot 0,699) = 4 \cdot 10^{10}$$

Критерій Нуссельта знаходимо за формулою:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)_m^n = 0,54 \cdot (4 \cdot 10^{10})^{\frac{1}{4}} = 241$$

де значення C та n визначені в залежності від режиму течії, який в свою чергу залежить від добутку $Gr \cdot Pr$.

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище, визначається за формулою:

$$\alpha_K = \frac{Nu \cdot \lambda_M}{D} = \frac{241 \cdot 0,0278}{0,256} = 26 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

Втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією за формулою:

$$Q_K = \alpha_K \cdot F \cdot (T_{КОЖ} - T_B) = 26 \cdot 1,85 \cdot (338 - 293) = 2164,5 Вт$$

$Q_{випр}$ – втрати тепла в навколишнє середовище випромінюванням:

$$Q_{випр} = 5,67 \cdot \varepsilon \cdot F \left(\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right) = 5,67 \cdot 0,6 \cdot 1,85 \cdot \left(\left(\frac{318}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right) = 180 Вт$$

Втрати тепла в оточуюче середовище:

$$Q_{втр} = Q_K + Q_{випр} = 2164,5 + 180 = 2344,5 Вт$$

З рівняння теплового балансу визначаємо кількість тепла Q_{N1} , яке необхідно підвести до машини електронагрівачами:

$$Q_{N1} = G_M \cdot C_M \cdot (t_k - t_n) + Q_{втр} - Q_N = \frac{250}{3600} \cdot 1,38 \cdot 10^3 \cdot (200 - 20) + 2344,5 - 34560 = -14689,5 Вт$$

Так як значення виявилось від'ємним, можна зробити висновок, що під час роботи екструдера електронагрівачі повинні бути відключені і має бути включена система охолодження корпусу.

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

Кількість тепла, яку потрібно підвести під час пуску машини становить:

$$Q_{N1} = G_M \cdot C_M \cdot (t_k - t_n) + Q_{втр} = \frac{250}{3600} \cdot 1,38 \cdot 10^3 \cdot (200 - 20) + 2344,5 = 19870,5 \text{ Вт} .$$

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

10 РОЗРАХУНОК ВИБРАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ В СИСТЕМІ ANSYS

Розрахунки виконані в середовищі ANSYS Workbench з попередньо побудованою 3D моделлю в програмному комплексі САПІА. Для розрахунку деталі на міцність імітуємо всі зусилля, які виникають при роботі машини. Для цього будуємо розрахункову модель деталі:

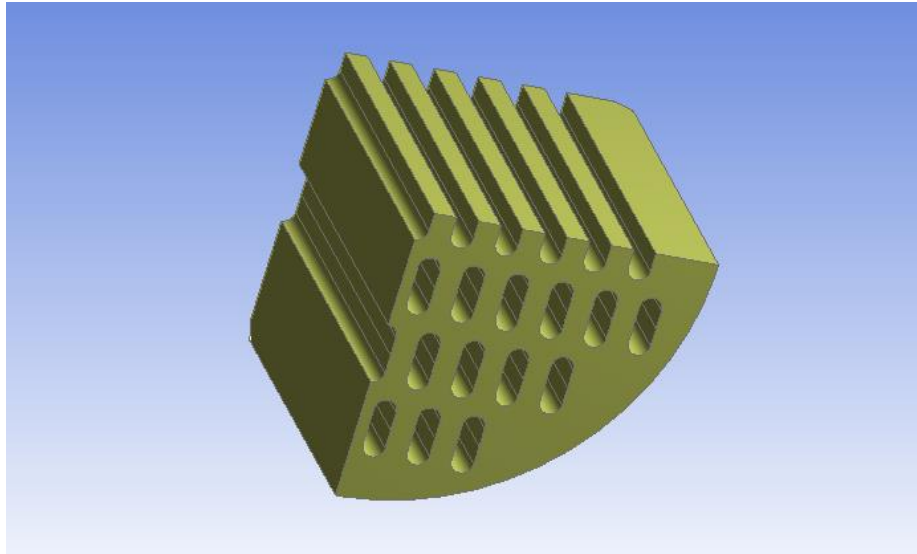


Рисунок 10.1 – 3D модель пристрою

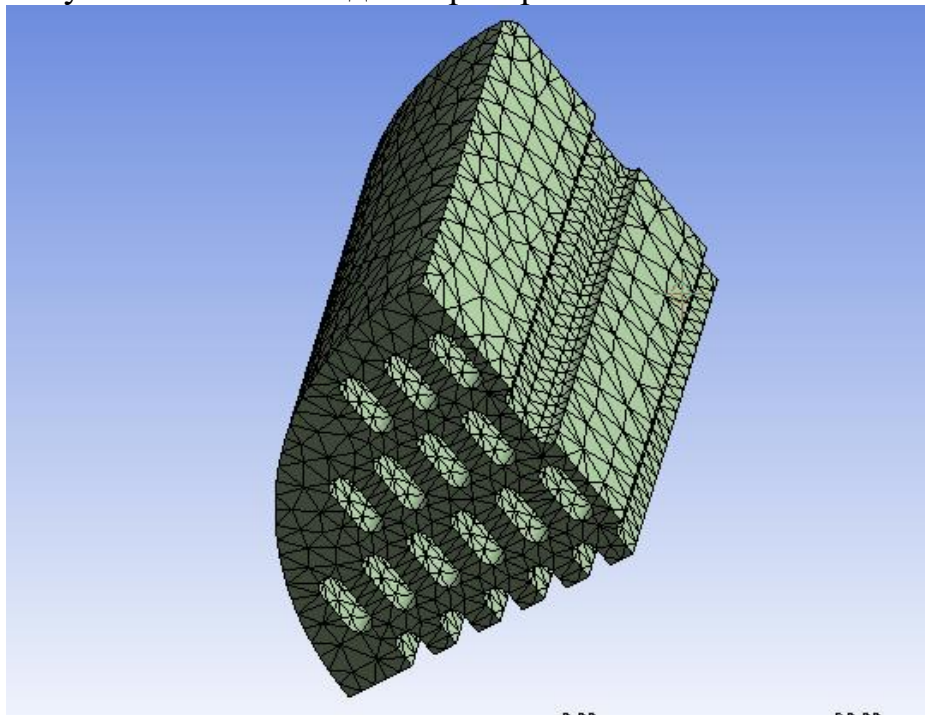


Рисунок 10.2 – Розбиття на скінченні елементи

Змн.	Арк. А	№ докум. №	Підпис	Дата

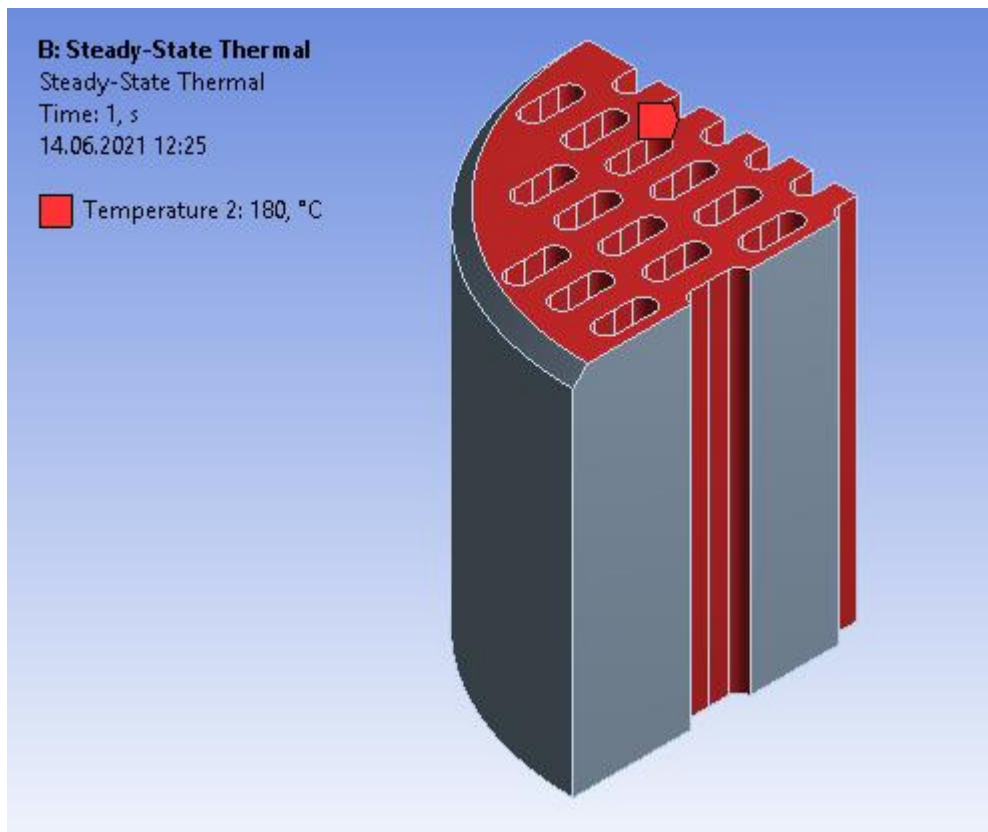


Рисунок 10.3 – Схема температурного навантаження

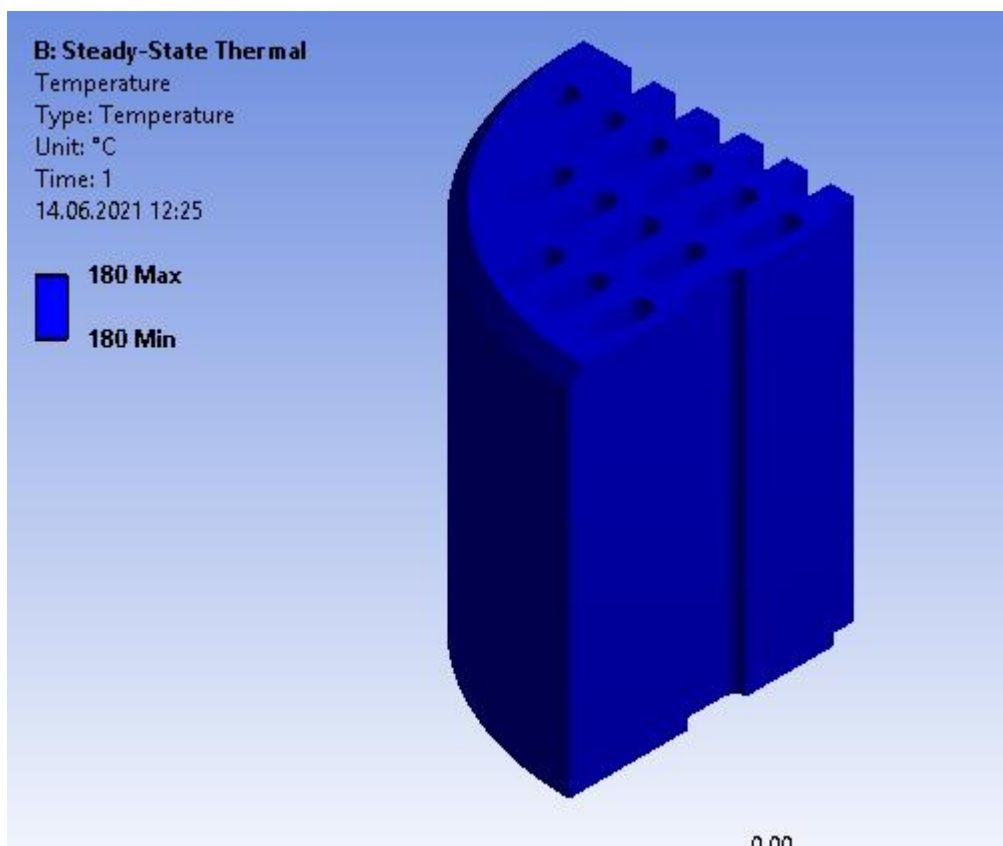


Рисунок 10.4 – Результати розподілу температури

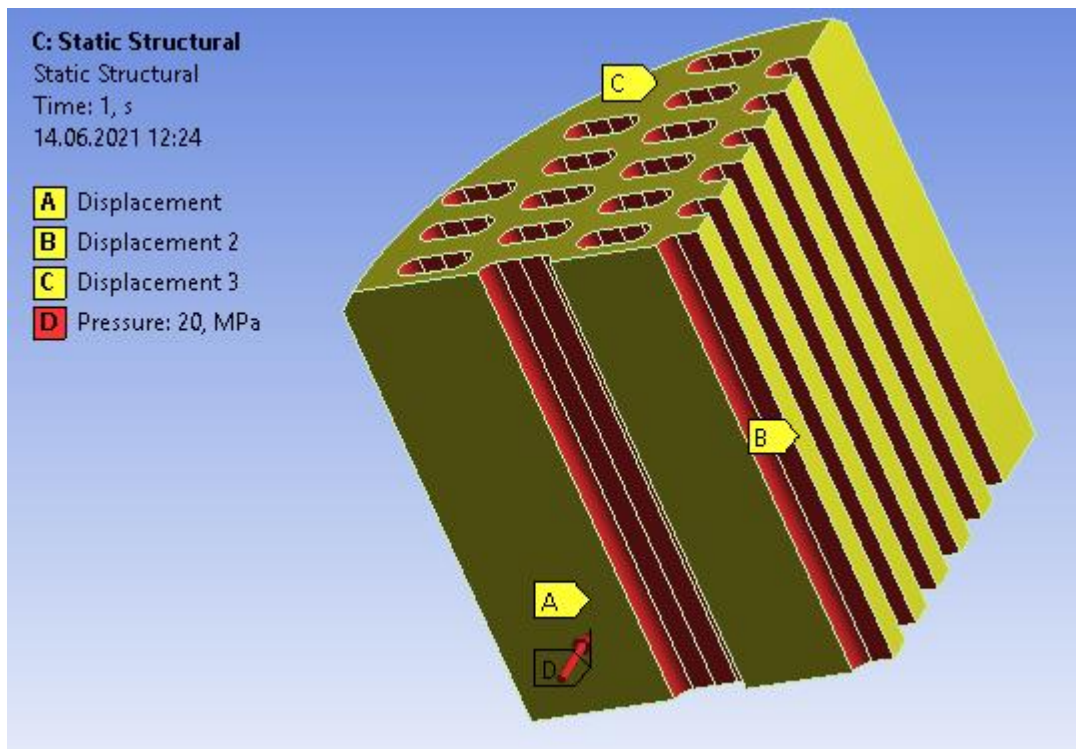


Рисунок 10.5 – Схема навантаження та закріплень

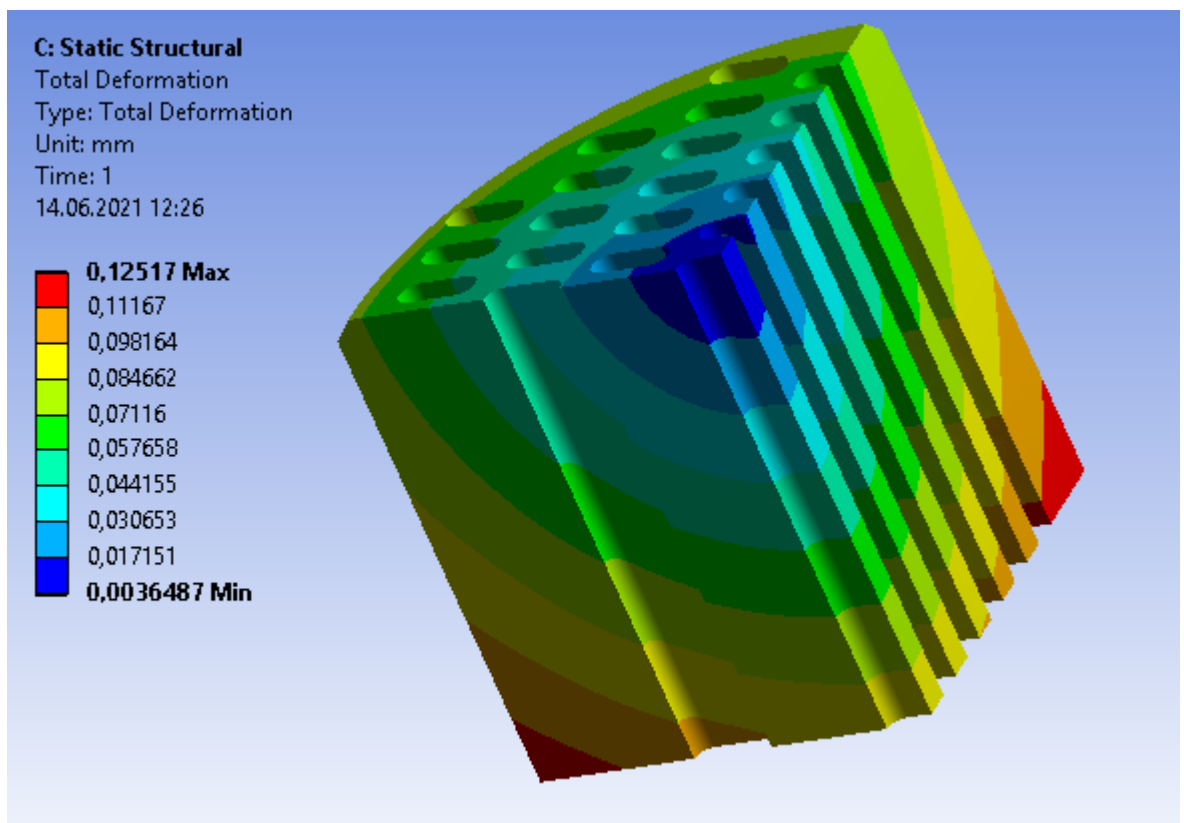


Рисунок 10.6 – Результати загальних деформацій

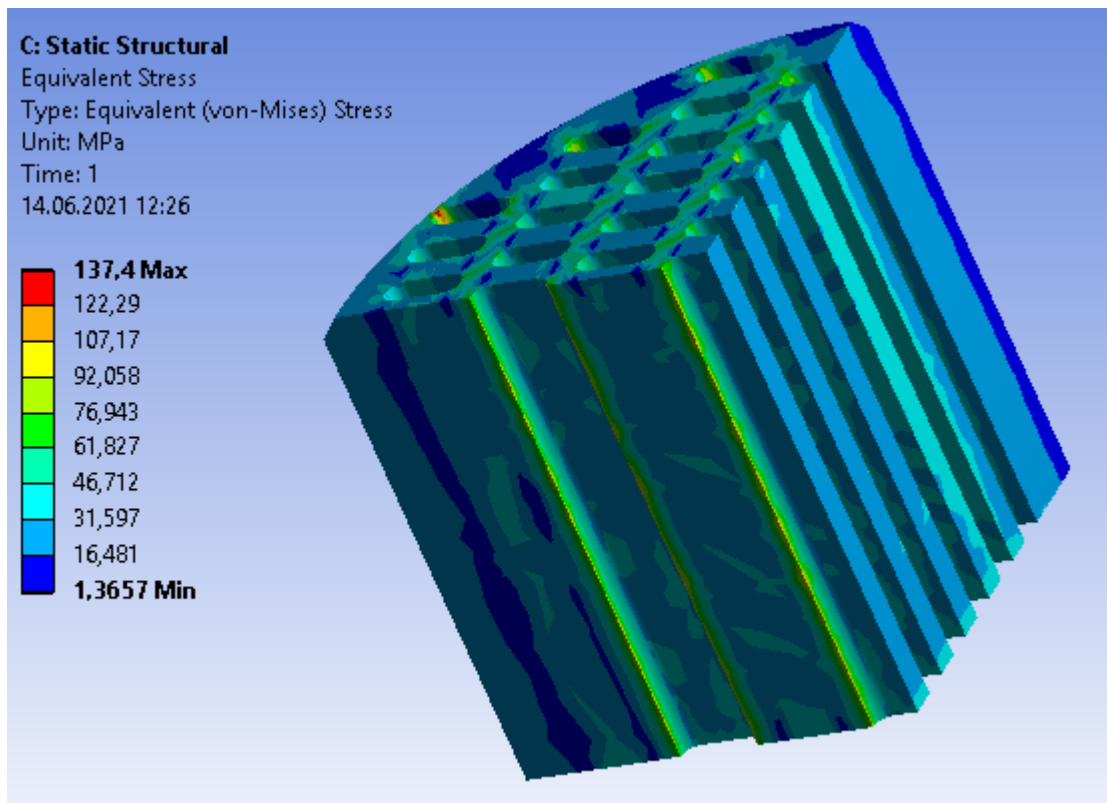


Рисунок 10.7 – Результати еквівалентних напружень

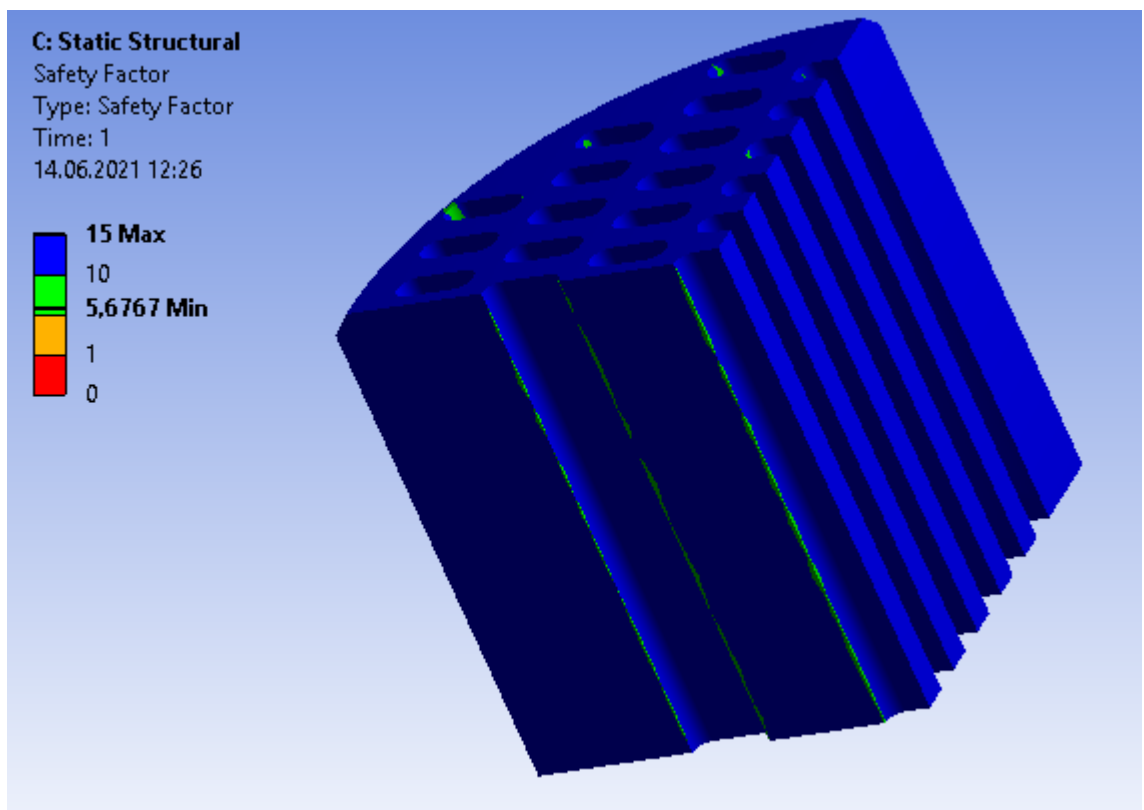


Рисунок 10.8 – Коефіцієнт запасу міцності

Змн.	Арк. А	№ докум. №	Підпис	Дата

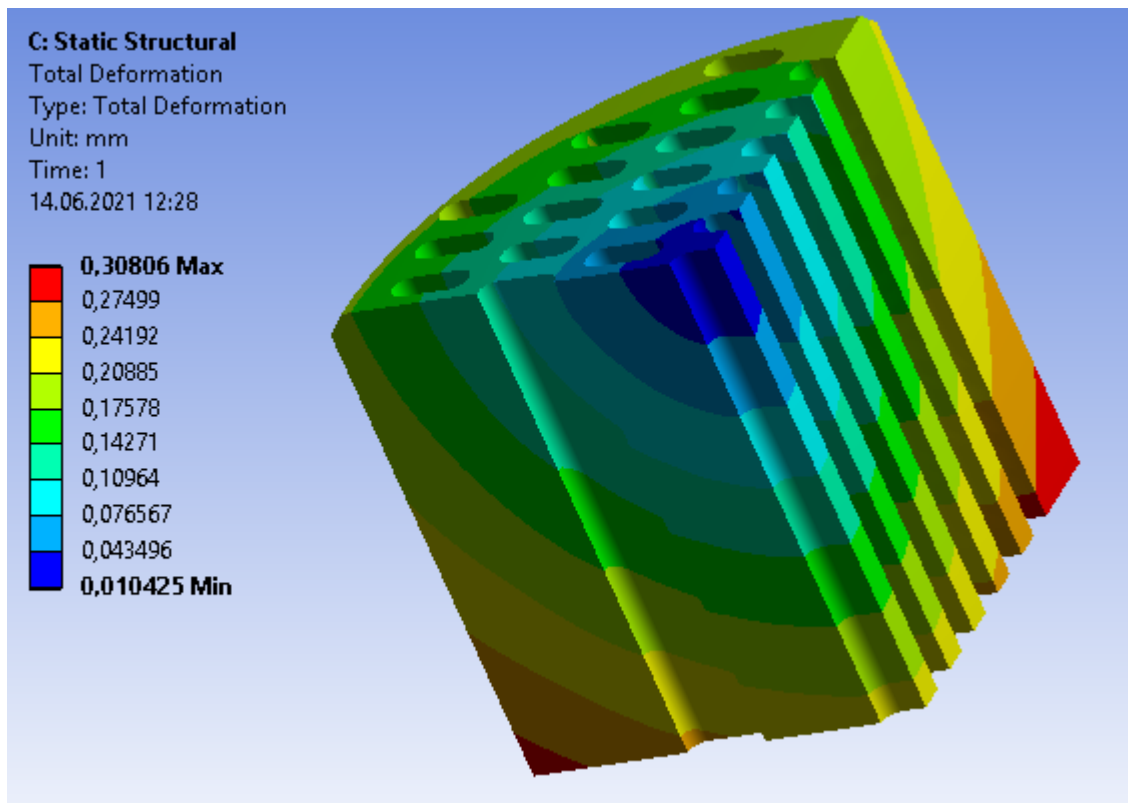


Рисунок 10.9 – Результати максимальних деформацій

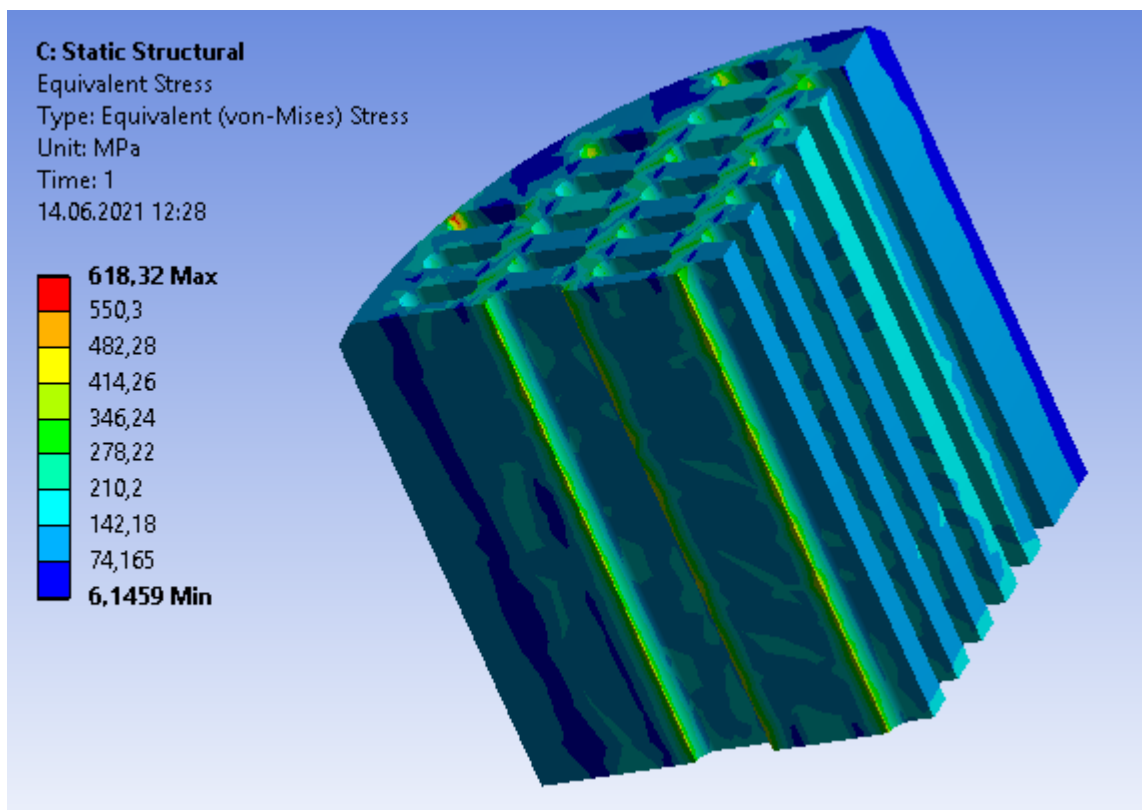


Рисунок 10.10 – Результати максимальних еквівалентних напружень

Змн.	Арк. А	№ докум. №	Підпис	Дата

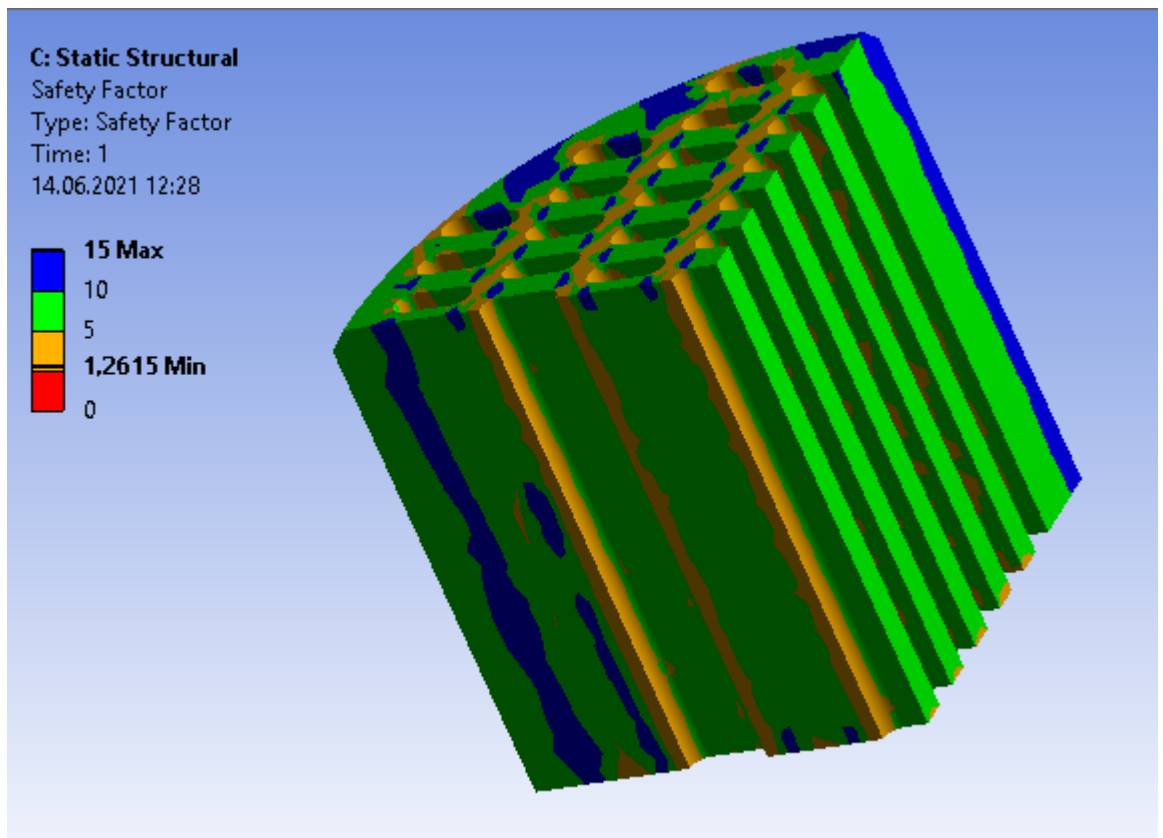


Рисунок 10.11 – Коефіцієнт запасу міцності

ВИСНОВКИ:

В системі ANSYS виконано аналіз напружено-деформованого стану вісесиметричної конструкції від сумісної дії температури та тиску.

З отриманих результатів можна зробити висновок, що дана деталь витримує прикладені до неї, під час роботи, тиск 20 МПа та температуру 180°C, з коефіцієнтом запасу міцності 5,7;

Проведено розрахунок на максимально допустимі навантаження від тиску та температури та отримано наступні результати: тиск 90 МПа та температуру 400°C та отримали коефіцієнт запасу міцності 1,2.

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3
ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		63

11 Технологія виготовлення клапану

11.1 Опис та призначення клапану

Метою розділу проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі – клапана та вибір пристосування для однієї з операцій виготовлення деталі.

У процесі виконання роботи вирішуються такі завдання, як: розробка технології виготовлення деталі «клапан», що включає вибір способу отримання деталі, вибір обладнання та інструментів для кожної операції.

Клапан належить до класу круглих стержнів і може експлуатуватися як підшипник ковзання або кришка.

Клапан виготовляється зі сталі 40Х, яка використовується в промисловості для виготовлення наступних деталей: втулки, шестерні, обойми, гільзи, диски, плунжери, важелі та інших деталей, що вимагають високої поверхневої твердості при невисокій міцності серцевини та деталі, що працюють в умовах зносу при терті. Матеріал має такий хімічний склад та фізико–механічні властивості:

Химический состав в % материала Сталь 40Х
ГОСТ 4543 - 71

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.17 - 0.23	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.3	до 0.035	до 0.035	0.7 - 1	до 0.3

Технологические свойства материала Сталь 40Х

Свариваемость:	без ограничений.
Флокеночувствительность:	малочувствительна.
Склонность к отпускной хрупкости:	не склонна.

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

11.2 Вибір заготовки для виготовлення клапана

Проаналізувавши конструкцію клапана, ми робимо висновок, що дуже зручно використовувати штамповану заготовку. З усіх способів формування штампованих заготовок можна застосувати штамповку на відкритих штампах на КГШП. Цей спосіб дозволяє забезпечити кращу якість поковки.

Згідно з ГОСТ 7505-89 визначаємо:

- точність виготовлення – Т5;
- група сталі – М1;
- ступінь складності- С3;
- вихідний індекс-12.

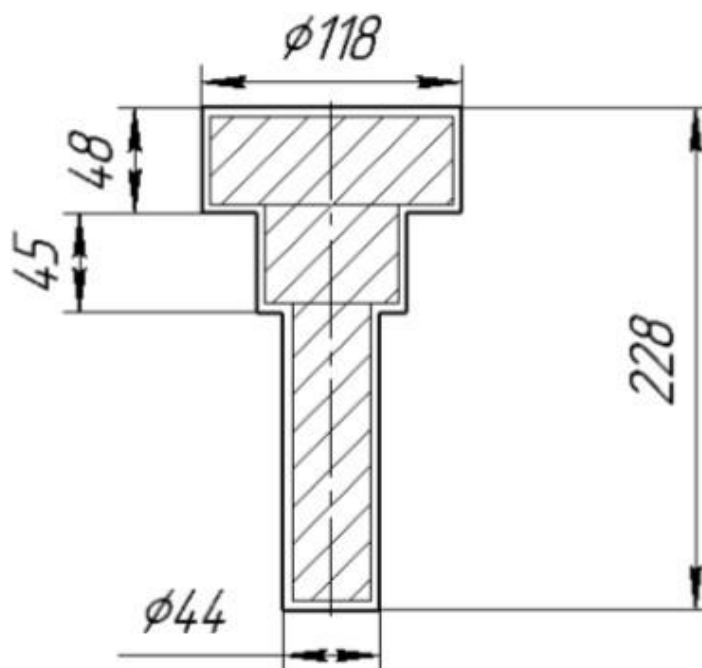


Рис. 1.1 – Заготовка деталі

1.3 Технологічний процес виготовлення клапана

Процес виготовлення клапану представлений в технологічній карті. Схема базування заготовки та тип монтажних елементів визначаються технологом.

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

12. ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ПЕВНОЇ ОПЕРАЦІЇ

Розглянемо пристосування для токарних станків, передбачаючи токарні операції.

Оскільки клапан належить до класу “круглих стержнів”, то типовий технологічний процес складається з таких етапів:

- чорнова та чистова обробка поверхні клапана;
- другорядні операції;
- підрізання торців, зняття фасок;
- свердління отворів.

Виходячи з вимог до якості (точності та шорсткості) оброблюваних поверхонь та типового технологічного процесу, підбирають типові схеми їх обробки:

- поверхні $\varnothing 110$, $\varnothing 35$ – чорнове і чистове точіння;
- конусна поверхня – чорнове та чистове точіння;
- підрізання прилеглих торців, зняття фасок 2×45 .

Задовольняючись умовами даного завдання, вибираємо пристосуванням для токарного процесу виготовлення .

12.1 Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії

У якості пристосування виберемо трьохкулачковий патрон. Трикулачковий патрон є одним з різновидів кулачків для токарних верстатів. Вони призначаються для затиску заготовок різної форми, будь то циліндричні, прямокутні або інші варіанти. Використовуються на дрібносерійних, одиничних і серійних виробництвах. Трикулачковий

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

самоцентруючий патрон не вимагає часу на переналагодження при зміні заготовки на інший діаметр.

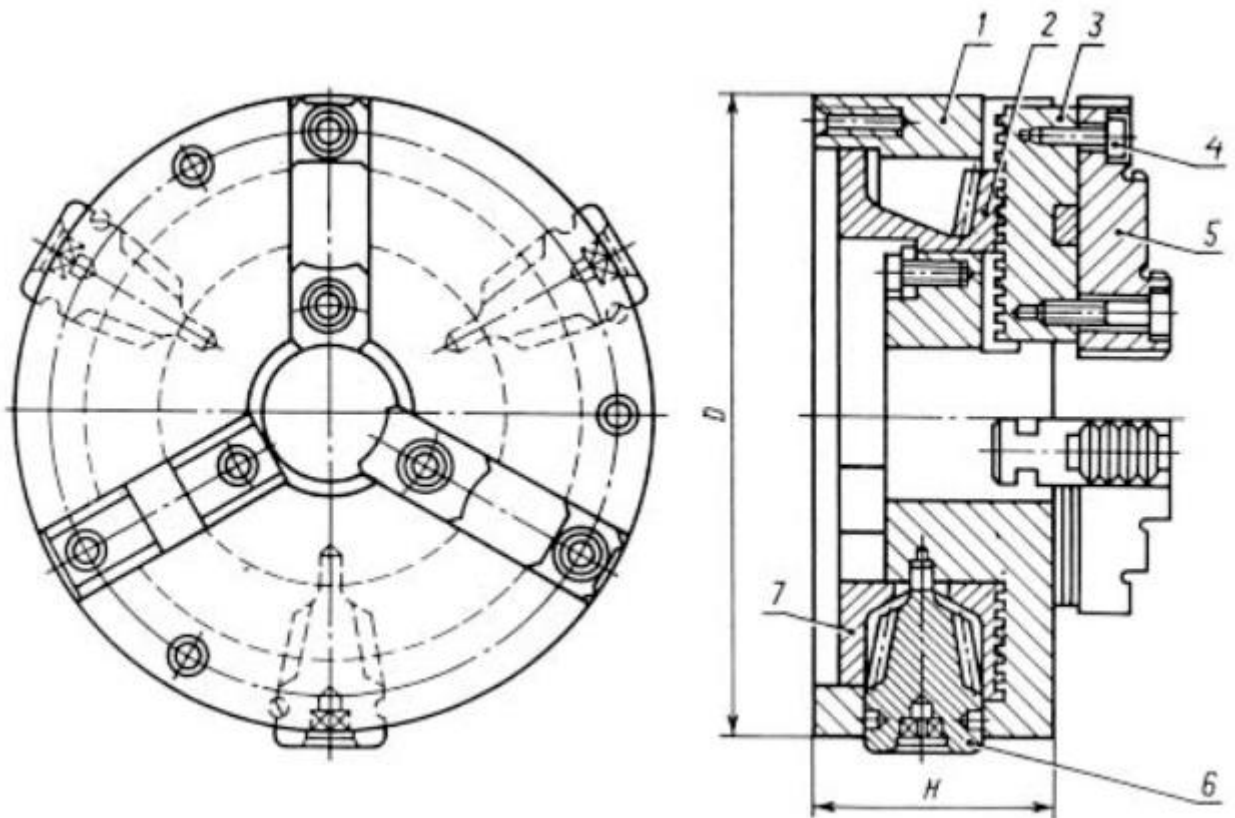


Рис – 1 Трьохкулачковий самоцентруючий патрон

1 - корпус; 2 - диск; 3 - рейка; 4 - гвинт; 5 - накладний кулачок; 6 - конічне зубсте колесо; 7 - кришка.

Умовні позначення: H - ширина патрона; D - діаметр корпусу патрона.

12.2 Розрахунок сил закріплення

У процесі обробки на заготовку з боку ріжучого інструменту діють сили різання, які намагаються перемістити її з установочних елементів. Щоб цього не сталося, заготовку потрібно зафіксувати. У випадку обробка на токарному верстаті, величина сили затискання визначається із рівності:

$$Q = \frac{M_{кр}}{f \cdot r},$$

Змн.	Арк. А	№ докум. №	Підпис	Дата

де $M_{кр}$ - крутний момент свердла;

f - коефіцієнт тертя на робочих поверхнях.

Для забезпечення надійності, сила затискання додатково збільшується на

значення коефіцієнта запасу K , тоді формула знаходження сили затискання набуває остаточної форми:

$$Q = \frac{K \cdot M_{кр}}{f \cdot r}$$

Обертаючий момент $M_{кр}$:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

де коефіцієнти: $C_M = 204$, $q=1$,

$y=0.75$, $S=0.5$ мм/об - подача свердла;

K_p - коефіцієнт, який враховує фактичні умови обробки, та залежить лише від матеріалу заготовки і визначається як:

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n$$

$$K_p = \left(\frac{600}{750} \right)^{\frac{0,75}{0,35}} = 0,62.$$

Остаточно:

$$M_{кр} = 10 \times 204 \times 34,975^1 \times 0,5^{0,75} \times 0,62 = 26303 \text{ Нм};$$

Коефіцієнт запасу K :

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

де $K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу для усіх пристроїв;

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні оброблюваної заготовки;

$K_2 = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив сил різання від прогресуючого затуплення інструменту;

$K_3 = 1$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при переривчастому різанні;

$K_4 = 1,5$ – коефіцієнт, що враховує сталість сили затиску, яка створюється приводом пристосування;

$K_5 = 1$ – коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток у затискному пристрої;

$K_6 = 1$ – коефіцієнт, повернути заготовку.

Значення коефіцієнта запасу:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 = 2,7.$$

Підставляючи отримані значення у формулу для визначення сили затискання заготовки у пристосуванні:

$$Q = \frac{2,7 \times 26303}{0,25 \times 0,140} = 2029 \text{ Н}$$

Де r – відстань від точки прикладання сили затискання до місця свердління; f – коефіцієнт тертя для гладких поверхонь.

Приймаємо силу затиску $Q = 2,1 \text{ кН}$.

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк. А	№ докум. №	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У процесі розробки технологічного процесу виготовлення клапана було виконано наступне:

- розглянуто призначення клапана і його конструктивні особливості;
- проаналізовано технологічність клапана та його заготовки;
- вибрано спосіб виготовлення заготовки;
- розроблено маршрут виготовлення клапана;
- розраховано сили закріплення;
- виконано графічне зображення технологічного процесу виготовлення деталі;
- заповнені маршрутна карта (МК), операційна карта (ОК) та карта ескізів (КЕ).

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Басов Н. И., Казанков Ю.Ю., Любартович В.А. «Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов». М. Химия 1986.

2. Гурвич С. Г., Ильяшенко Г. А., Мочман Ш. Е. «Расчет и конструирование машин для переработки пластических материалов». М., «Машиностроение», 1970.

3. Тадмор З., Гогос К. «Теоретические основы переработки полимеров», М., «Химия», 1984.

4. Коваленко І.В., Малиновський В.В. «Розрахунки основних процесів, машин та апаратів хімічних виробництв», Київ, Норіта-плюс, 2007, с.158-163.

5. Рахманов В.С., Клявлин В.В., Сивецкий В.И. «Расчет и конструирование основных элементов и деталей полимерперерабатывающего оборудования», Киев, УМК ВО, 1988, с.107-112.

6. Щербина В.Ю. Розвиток теорії та удосконалення технологічних процесів при виробництві будівельних матеріалів у високотемпературних агрегатах: дисертація ... доктора технічних наук: 05.17.08 / Щербина Валерій Юрійович; Київ, 2017. 393 с. URL:<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/21630>

7. Заявка и 2013 12733 МПК9 В29С47/10. Черв'ячний екструдер./ В.І. Сівецький, О.Л. Сокольський, В.М. Куриленко, М.В. Мозирська.

8. Сівецький В.І., Сокольський О.Л., Кушнір М.С., Івіцький І. І. "Моделювання гомогенізації розплавів термопластів у бар'єрному змішувачі з урахуванням ефекту пристінного проковзування". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського"*. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2016. N 1, С. 45-50. doi:<http://dx.doi.org/10.20535/2306-1626.1.2016.77907>

9. Сівецький В.І., Сокольський О.Л., Івіцький І. І., Куриленко В.М. "Перспективи створення й використання інтелектуальних виробів із наномодифікованих полімерних композитів". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського"*. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2017. N 1. С. 7-14. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2017.119417](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2017.119417)

10. Пат. 1391925 Su МПК В29С47/38, 47/62. Машини и аппараты резинового производства/ Ю.П. Кругов, В.Г. Неплюев, Н.И. Головина.

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		12
мн.	рк.	докум.	Дата			

11. Щербина В.Ю. "Моделирование процессу сепарации в циклонных вихревых аппаратах". Вісник НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2019. №1(18). с. 40-51. DOI: <https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2019.171037>

12. Пат. 1595666 Su МПК В29С47/38, 47/68. Червячный экструдер/ Б.Л. Оситинский, И.В. Некрасов.

13. Пат. 311771 МПК В29f3/02. Червяк к червячному прессу для переработки полимерных материалов./ Ю.А. Жданов, А.В. Кудрявцев, Ф.С..

14. Пат. 1186520 Ru МПК В29С47/38, 47/60, В29В7/42. Экструдер для переработки термопластичных материалов/ Р.И. Белозерова, Г.М. Коваленко, Ю.Д. Шумный, И.И. Вергун.

15. Статичний змішувач екструдера патент №130246 UA МПК (2018.01) В29С 47/00 В29С 47/70 (2006.01) / Гребелюк І.В. Двойнос Я.Г.

16. Двойнос, Я. Г., Подиман, Г. С., Рудницький, Б. А. Розрахунок теплообмінних процесів при каландруванні листів з поліетилену. Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, – 2020, – №4(19). С. 9–16. <https://doi.org/10.20535/2617-9741.4.2020.219779>

17. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.1/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.П. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.

18. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.2/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.П. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

19. Shcherbina V., Shvachko D., Borshchik S. Heat exchange simulation in energy zones of a rotary kiln with change of heat resistance of the body. Technology audit and production reserves 2019. №6/1(50). pp. 36-41. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.189169>

20. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений. Изд. 2-е, перераб. и доп. Учеб. пособие для техникумов. М., "Высш. школа", 1974. - 263с.

21. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учебное пособие для машиностроит. спец. вузов]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Выш. школа, 1983. – 256 с.

					ЛПп81.087243.000-70.ПЗ	Арк.
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		13
мн.	рк.	докум.	Дата			

ДОДАТОК 1

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Документація		
			<i>ЛПн81.04.7243.001-70.СК</i>	<i>Складальне креслення</i>		
				Деталі		
		1	<i>ЛПн81.04.7243.001.01</i>	<i>Воронка завантажувальна</i>	1	
		2	<i>ЛПн81.04.7243.001.02</i>	<i>Корпус</i>	1	
		3	<i>ЛПн81.04.7243.001.03</i>	<i>Бункер</i>	1	
		4	<i>ЛПн81.04.7243.001.04</i>	<i>Кожух</i>	1	
		5	<i>ЛПн81.04.7243.001.05</i>	<i>Фланець</i>	1	
		6	<i>ЛПн81.04.7243.001.06</i>	<i>Черв'як</i>	1	
		7	<i>ЛПн81.04.7243.001.07</i>	<i>Головка плоскощілинна</i>	1	
		8	<i>ЛПн81.04.7243.001.08</i>	<i>Редуктор</i>	1	
		9	<i>ЛПн81.04.7243.001.09</i>	<i>Нагрівач</i>	2	
		10	<i>ЛПн81.04.7243.001.10</i>	<i>Електроventильатор</i>	4	

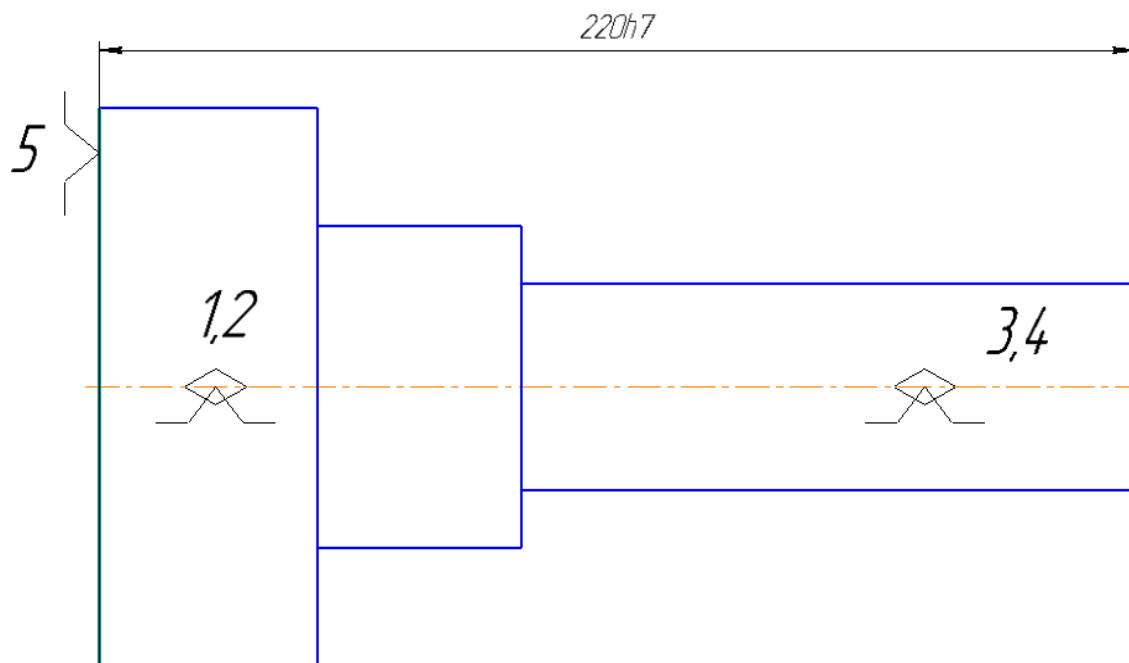
					<i>ЛПн81.04.7243.001-70.СП</i>		
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Черв'ячний прес ЧП-80		
Розроб.	Максимович						
Перев.	Щербина						
Н.контр.							
Затвер.					Лит.	Лист	Листов
						1	
					«КПІ ім. Ігоря Сікорського»		

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

--	--	--	--	--

Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата

Розробив	Максимович			"КПІ ім. Ігоря Сікорського»	005
Перевірів	Борщук				
				Клапан	
Н. контр.					Н



KE

Обробка різанням

ДОДАТОК 2

ПЕРЕЛІК РОЗГЛЯНУТИХ ПАТЕНТІВ

№ п/п	Предмет пошуку	Країна видачі та номер документу	Сутність
1	2	3	4
1	Черв'ячний екструдер	Заявка u 2013 12733 МПК9 В29С47/10 В.І.Сівецький, О.Л.Сокольський, В.М.Куриленко, М.В.Мозирська.	В даному винаході забезпечується регулювання завантаження матеріалу та підтримання тиску, що забезпечує покращення якості матеріалу та довговічності самого екструдера, а також дозволить отримувати екструзійні полімерні вироби без наявності дефектів, зменшивши при цьому кількість бракованої продукції.
2	Машини і апарати гумових виробництв	1391925 Su В29С47/38,47/62 Ю.П. Кругов, В.Г. Неплюев, Н.И. Головина.	Підвищення якості змішання полімерного матеріалу відбувається за рахунок поліпшення його гомогенізації. Для цього в зоні пластикації між витками основної нарізки виконана друга додаткова нарізка з кроком, відмінним кроку основної нарізки.

1	2	3	4
3	Черв'ячна машина для переробки полімерних матеріалів	311759 B29f3/02, B29B1/06 М.Б. Хейфец.	У корпусі пропонованої машини в зонах установки спіралей виконані додаткові завантажувальні отвори, завдяки чому підвищується ефективність переробки різних композицій.
4	Черв'ячна машина для переробки полімерних матеріалів	509446 B29f3/00 А.Г.Говша, В.Г.Неплюев, И.П.Пономарев	Підвищення ефективності переробки матеріалу, досягається, тим, що гвинтові канали корпусу черв'ячної машини виконані ексцентрично до осі черв'яка, причому кожен гвинтовий канал корпусу має в перетині багатогранник, внаслідок чого виникають багаторазові деформації зсуву, що призводить до інтенсивної пластикації і гомогенізації розплаву.

5	Черв'ячний екструдер	1595666 Su B29C47/38, 47/68. Б.Л. Оситинский, И.В. Некрасов.	Зниження енергоємності процесу переробки та запобігання зносу внутрішньої робочої поверхні черв'ячного екструдера в зоні завантаження забезпечується встановленням в корпус ЧП гільзи з пазами.
1	2	3	4
6	Черв'як до черв'ячного пресу для переробки полімерних матеріалів	311771 B29f3/02. Ю.А. Жданов, А.В. Кудрявцев, Ф.С. Бех.	В винаході запропонований черв'як може автоматично регулювати в'язкість і температуру розплаву завдяки встановленому гомогенізуючому елементу, що виконаний роз'ємним з двох взаємно повертаються частин, одна з яких підпружинена пружним елементом, наприклад торсійним валом, і забезпечена упорами.

7	Екструдер для переробки термопластичних матеріалів	1186520 Ru B29C47/38, 47/60, B29B7/42. Р.И. Белозерова, Г.М. Коваленко, Ю.Д. Шумный, И.И. Вергун.	Винахід відноситься до хімічної промисловості, зокрема до устаткування для переробки термопластичних матеріалів шляхом пресування і дозволяє підвищити якість розплаву за рахунок запобігання потрапляння нерозплавлених гранул.
8	Екструдер для переробки термопластичних матеріалів	2118257 Ru B29C47/38, 47/66. А.Н. Остриков, О.В. Абрамов	Використання винаходу дозволить значно поліпшити якість готового продукту за рахунок інтенсифікації процесів змішування і гомогенізації, а також заданого темпу наростання тиску.
1	2	3	4
9	Змішувач для полімерних матеріалів	1801751 Su B29B7/40, B29C47/36, 47/64. В.А. Масич, В.Н. Сочевец, М.В. Ивасенко.	Винахід, за рахунок встановлення змішувача, дозволяє при тих же габаритах, енерговитратах і продуктивності підвищити якість формованих виробів.

10	Черв'ячний екструдер для переробки полімерних матеріалів	1684047 Su В29С47/10, 47/38, 31/02. В.И. Сивецкий, С.О. Пристайлов, Д.Э. Сидоров, В.Л. Личко.	За рахунок розміщення втулки в пазу, виконаному в тілі корпусу, підвищується якість матеріалу і зменшуються зусилля при рухах втулки. Пропонований черв'ячний екструдер простий у виготовленні, має низьку металоємність, його можна монтувати в різноманітних технологічних лініях для переробки полімерних матеріалів.
----	--	---	--

Модернізація екструдера

Максимович А.М., студент, Сівецький В.І., к.т.н., професор
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Запропонований варіант вдосконалення екструдера дає змогу забезпечити зниження енергоємності процесу переробки і запобігання зношуванню внутрішньої робочої поверхні черв'ячного екструдера в зоні завантаження.

Недоліком відомого екструдера [1] є недостатня енергоємність процесу переробки і інтенсивне зношування внутрішньої робочої поверхні черв'ячного екструдера в зоні завантаження.

З метою усунення недоліків існуючого рішення було розглянуто винахід [2] в якому черв'ячний екструдер містить матеріальний циліндр 1, змонтовану в ньому гільзу, виконану у вигляді послідовно встановлених змінних секцій 2,3,4 з пазами 5 і черв'як (не показаний). Між секціями 2-3 і 3-4 гільзи виконані проміжні кільцеві проточки 6 і 7 відповідно. Геометричні розміри і кількість пазів 5 в наступній секції (наприклад 3) у напрямку до виходу з екструдера обрані меншими, ніж в попередній секції (наприклад 2). Пази 5 можуть бути виконані поздовжніми або по спіралі. Форма перетину пазів 5 може бути прямокутною, напівкруглою, трапецеїдальною і т. п.

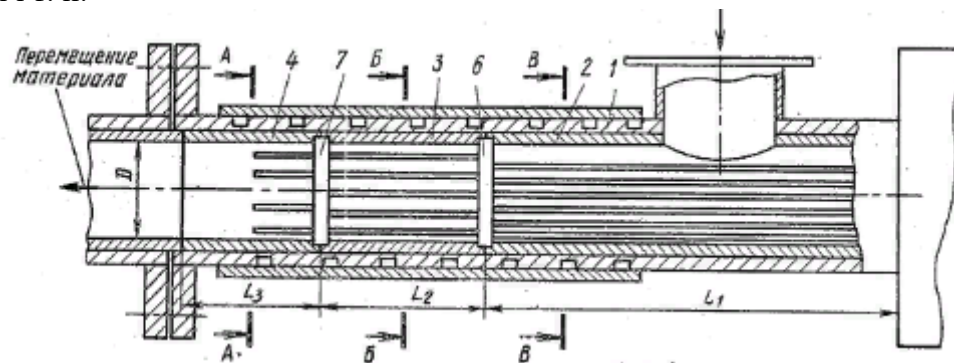


Рис – 1 Повздовжній переріз екструдера

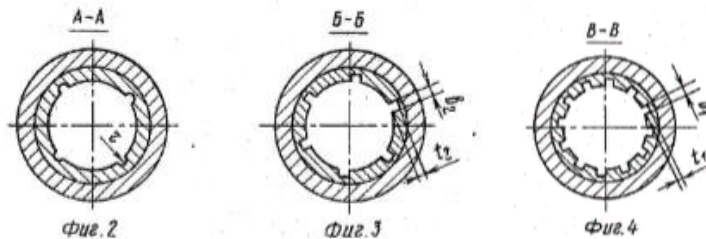


Рис – 2 Поперечні перерізи екструдера

Проведене удосконалення конструкції, а саме: виконання на внутрішній поверхні секційної гільзи пазів 5 з геометричними розмірами і кількістю, що зменшуються в наступній секції у напрямку до виходу з екструдера в порівнянні з попередньою секцією, дозволяє направлено змінювати коефіцієнт внутрішнього тертя матеріалу, і, як наслідок знижувати енергоємність процесу переробки і знос внутрішньої поверхні черв'ячного екструдера

ЛИТЕРАТУРА

1. Басов Н.И. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов : учеб. Для вузов / Н.И.Басов, Ю.В. Казанков, В.А. Любартович. – М.:Химия, 1986.- 488с.
2. СРСР, патент **SU 1595666 A1**, МПК В29С47/38 В29С47/68, опубл. 30.09.1990.