

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

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____О.Л.Сокольський

«_____» _____2024 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності *133 – Галузеве машинобудування*

на тему: Лінія для виробництва плівки з модернізацією каландра

Студент групи IV к. ЛП-02
(шифр групи)

Чомський Артур Михайлович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник проекту: професор,к.т.н. Сівецький Володимир Іванович

(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) Чомський А.М.

Київ 2024 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – *133 Галузеве машинобудування*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **О.Л.Сокольський**

«___» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Чомський Артур Михайлович

1. Тема проекту «Лінія для виробництва плівки з модернізацією каландра», керівник проекту, професор, кандидат технічних наук Сівецький Володимир Іванович, затверджені наказом по університету від 26. 04. 2021 р. № 1071

2. Термін подання студентом проекту .06.2024р.

3. Вихідні дані до проекту . об'єкт розробки – Каландр Г-подібний; габаритні розміри: довжина – $L=8770$ мм; ширина – $S=4850$ мм; висота – $H=3340$ мм; маса – $M=100000$ кг; кількість валків; діаметр валка – $d=710$ мм; швидкість обертання валка $=4-40$ м/хв, Робочі температури валків $t - 40-170^{\circ}\text{C}$ матеріал, що переробляється – полімерний гумовий матеріал та полімерний термопластичний матеріал; потужність – $N_1=55$ кВт; $N_2=75$ кВт

4. Зміст пояснювальної записки

Пояснювальна записка містить такі текстові частини: «Пояснювальна

записка», «Розрахунки», «Технологія машинобудування», «Загальні висновки», «Література» «Додатки» . ПЗ включає такі розділи : Вступ; 1.Опис лінії для виробництва полімерної плівки; 2.Технічна характеристика каландра; 3.Опис базової конструкції; 4.Літературний та патентний огляд; 5.Розрахунки базової конструкції, що підтверджують працездатність; 6.Охорона праці; 7.Технологія машинобудування; Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

1. Технологічна схема А1; 2. Загальний вигляд машини А1; 3. Вузли та деталі машини А1; 4. Плакат з розрахунками на міцність А1; 5. Плакат 3D моделі А1; Плакат побудови 3D моделі

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 12.04.2024

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Вступ. Технічна характеристика.		
2.	Призначення та галузь використання.		
3.	Опис конструкції та принцип дії.		
4.	Літературно-патентний огляд.		
5.	Розрахунки.		
6.	Охорона праці		
7.	Технологія машинобудування.		
8.	Висновки.		
9.	Графічна частина.		

Студент

Чомський А.М.

Керівник проекту

Сівецький В.І.

Зміст дипломного проекту

Реферат (укр.)	5
Реферат (англ.).....	6
Перелік позначень.....	7
Пояснювальна записка	87
Розрахунки	33
Технологія машинобудування	72
Загальні висновки	89
Література	90
Додатки	93

					ЛП02.197252.01-70ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лінія для виробництва плівки з модифікацією каландра	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Чомський						
Перевір.								
Керівник.		Сівецький				НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського ІХФ, ЛП-02		
Н. Контр.								
Затверд.		Сокольський						

Реферат

Розроблено бакалаврський дипломний проект на тему «Лінія для виробництва плівки з модернізацією каландра».

Метою проекту є модернізація каландру Г-подібного. Дипломний проект вміщує «Пояснювальну записку», «Розрахунки», «Технологію машинобудування» та графічну частину. Загальний обсяг дипломного проекту становить: 89 с., 26 рис., 1 табл., 22 джерела та 7 креслень .

Методи розробки і проектування включають аналітичні, розрахункові та проектувальні підходи, які здійснюються з використанням відомих методів, комп'ютерних програм та нормативних документів.

При розробці і проектуванні формуючого інструменту, на основі аналізу науково-технічної літератури, нормативної та конструкторської документації, патентних досліджень, а також інженерно-технічних розрахунків, виконано наступне:

- вивчено принципи роботи і конструкцію промислових каландрів для виробництва гумових виробів, проаналізовано технічні параметри і характеристики цих машин;
- проведено низку інженерних розрахунків, необхідних для проектування і розробки валка каландра відповідно до технічного завдання;
- на основі зроблених патентних досліджень модернізовано валок каландра;
- розроблено і спроектовано модернізований валок для виробництва полімерної стрічки та плівки.

Ключові слова: КАЛАНДР, ПОЛІМЕРНА СТРІЧКА, ПЛІВКИ, ГУМОВІ СТРІЧКИ, ВАЛОК КАЛАНДРА.

Abstract

A bachelor's diploma project was developed on the topic "Line for the production of film with the modernization of the calender".

The goal of the project is to modernize the L-shaped bridge. The diploma project contains "Explanatory Note", "Calculations", "Mechanical Engineering Technology" and a graphic part. The total volume of the diploma project is: 89 pages, 26 figures, 1 table, 22 sources and 7 drawings.

Development and design methods include analytical, calculation and design approaches, which are carried out using known methods, computer programs and regulatory documents.

During the development and design of the forming tool, based on the analysis of scientific and technical literature, normative and design documentation, patent trials, as well as engineering and technical calculations, the following was performed:

- the working principles and design of industrial calenders for the production of rubber products were studied, the technical parameters and characteristics of these machines were analyzed;
- a number of engineering calculations necessary for the design and development of the calender roll in accordance with the technical task were carried out;
- on the basis of patent studies, the calender roll was modernized;
- a modernized roller for the production of polymer tape and film was developed and designed.

Keywords: CALENDER, POLYMER TAPE, FILMS, RUBBER TAPES, CALENDER ROLL

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

D	зовнішній діаметр, м;
d	внутрішній діаметр, м;
N	потужність, кВт;
L	довжина пружини, м;
P	навантаження, Н;
Q	величина розподіленого навантаження, Н/м;
S	площа поперечного перерізу, м ²
E	модуль Юнга (пружності), Па;
R_B	радіус бочки валка м;
R_{PB}	радіус порожнини бочки валка м;
V_B	швидкість тихохідного валка, м/с,
T	температура, °С;
b	ширина шпонкового паза, м;
m	маса валка кг;
t	глибина шпонкового паза, м;
r_1	радіус внутрішньої поверхні валка, м;
r_2	радіус зовнішньої поверхні валка, м;
K_0	коефіцієнт консистентності, Па·с ⁿ
$M_{кр}$	крутний момент, кН·м;
n	частота обертання, об/хв;
M_{max}	максимальний момент, Н·м;
Π	продуктивність, т/год;
p	тиск, Па;
η	коефіцієнт корисної дії,
$c_{рп}$	питома масова теплоємність, Вт/(м·К);

$\rho_{\text{п}}$	Густина, кг/м ³ ;
α	коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м ² °С);
λ	коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м °С);
φ	коефіцієнт фрикції в міжвалковому
μ	проміжку,
	коефіцієнт Пуассона,
σ	напруження, Па;

ВСТУП

Для того, щоб максимізувати економічну стабільність України, необхідно розвивати ключові галузі, в яких наша країна має потенціал для реалізації, такі як машинобудування, енергетика, металургія та будівництво. Важливо розробляти нові лінії, машини та обладнання, а також удосконалювати технічні засоби та споруди, знижуючи економічні витрати на виробництво продукції та експлуатацію обладнання.

Розробка та виробництво промислового обладнання вітчизняного виробництва дозволило б відмовитися від дорогого імпортного обладнання, значно знизити собівартість готової продукції, а також отримати прибуток за рахунок якісних продажів та рекламних кампаній. Оскільки Україна має розвинену гірничодобувну промисловість, однією з основних можливостей для вдосконалення є лінії з виробництва металопрокату, особливо конвеєрних стрічок. Існує потреба та можливість збільшити та модернізувати потужності в цьому секторі, оскільки в країні є спеціалізовані підприємства.

У даній дипломній роботі представлений чотирьохвалковий каландр для формування полімерних плівкових матеріалів, зокрема гідроізоляційні плівки одно- або багатошарових. Запропоновано модернізацію конструкції каландру шляхом покращення теплообміну робочої поверхні та тим самим підвищенням продуктивності.

1. ОПИС ЛІНІЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІМЕРНОЇ ПЛІВКИ

1.1 Галузь та призначення каландра

Каландр, встановлений у даній технологічній лінії для виготовлення плівкових та листових матеріалів, використовується для формування полімерної плівки. Він призначений для розгладження та формування розплавленого полімеру шляхом притискання його до робочої поверхні іншого валка, що дозволяє формувати кінцевий продукт. Кінцевим продуктом після каландрування є полімерна плівка, а також полімерний лист, якщо валковий зазор буде збільшено відповідно.

Лінія для виробництва полімерної плівки призначена для отримання вальцово-каландровим методом таких матеріалів :

- Гідроізоляційні стрічки для сталевих труб;
- Плівка для пакування харчових продуктів;
- Орієнтовані багатошарові стрейч-плівки, призначені для пакування вантажів;
- Тонкі полімерні плівки, призначені для ламінації
- Транспортні стрічки на основі полімерних сумішей

Транспортерну стрічку можна застосовувати при вирішенні наступних завдань:

1. Як покриття яке застосовують для великих приміщень або виробництв;
2. В якості матеріалу для підстилки на виробництвах сільськогосподарського промислу та фермах;
3. Покриття дитячих майданчиків, місць заняття спортом, у школах і т.д.;
4. Кровельного матеріалу;

5. Ізоляційне покриття з властивостями шумо та вібропоглинання;

Окрім вище сказаного, матеріал можна застосовувати для будь-яких господарських потреб великих підприємств і приватних осіб: як покриття для підлоги, для різних утеплень (ворота, гараж), як демпфуючі елементи і т. д.

Полімерна плівка використовується понад півстоліття і стала незамінним матеріалом у багатьох сферах, особливо у пакуванні продукції. Вона знайшла широке застосування завдяки своїм чудовим бар'єрним властивостям, гнучкості та довговічності. Існують два основних методи виробництва полімерної плівки: видувна екструзія, яка також відома як рукавна плівка, та екструзія з валково-каландровим формуванням. Видувна екструзія передбачає видування розплавленого полімеру у форму рукава, що дозволяє отримувати безшовні плівки з рівномірною товщиною. Екструзія з валково-каландровим формуванням, навпаки, використовує каландри для розгладжування та формування полімеру, забезпечуючи точний контроль товщини та гладку поверхню готової продукції. Обидва методи мають свої переваги та застосовуються залежно від вимог до кінцевого продукту.

Полімерна рулонна плівка використовується в сфері пакування харчової продукції, де вона може бути основним (каркасним) та додатковим шаром задля надання бар'єрних властивостей пакувальним матеріалам та ламінації для захисту фарби, нанесеної на поверхню упаковки.

Полімерну плівку виготовляють в основному двома способами:

- Методом роздувної екструзії
- Методом поливної екструзії

При роздувній екструзії для формування розплаву використовується спеціальна формуюча кільцева головка, що формує рукав з розплаву та

використовуючи стиснене повітря, яке надходить в головку, формує ширину рукава, а також орієнтує його в поперечному напрямку.

При поливній екструзії, розплав полімеру, виходячи зі спеціальної плоскощільової головки летить на поверхню валків, які обертаються, охолоджують та формують полімер у готовий виріб. Існують декілька супутніх різновидів каландрів, що можуть використовувати валки різної форми та конструкції. В основному каландрування відбувається на циліндричних валках, але також бувають вальки зі спеціальної формуючою формою бокової поверхні, що дозволяє отримувати профільні листи не плоскої форми, такі як кровельний полікарбонат та інші. При вакуумно-каландруючому формуванні, розігрітий розплав полімеру потрапляє на поверхню валка, яка має на собі спеціальний комплект вакуумно-формуючого інструменту, що дозволяє отримати рельєфну поверхню листового матеріалу, прикладом є гідроізоляційна мембрана з поліетилену високої густини.

2. Технічна характеристика каландра

Основні параметри і характеристики каландра наведені та мають відповідати зазначені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні параметри і характеристики каландра

Найменування параметра	Показник
------------------------	----------

1. Каландр Г-подібний чотирьохвалковий призначений для формування полімерних матеріалів	
2. Валки, шт	4
3. Діаметр робочої частини валка, мм	610±0,2
4. Довжина робочої частини валка, мм	1730h
5. Робочі швидкості валків (продуктивність), м/хв	4...40
6. Швидкість заправки, не більше, м/хв	4
7. Ширина оброблюваного матеріалу, мм	1200...1500
8. Робочі температури поверхні валків, °С	40...170
9. Допустиме відхилення температури теплоносія на виході з валка від заданої (для автоматичного регулювання), °С	±3
10. Допустиме відхилення температури теплоносія від заданої по довжині і по периметру валка, °С	±3
13. Робочий проміжок між валками, мм	0,1...2
14. Максимальний розсув валків, мм	10
15. Величина перекосу осей верхнього і нижнього виносних валків, мм	0...25
16. Привод каландра індивідуальний на кожний валок.	
17. Потужність електродвигуна , кВт, не більше:	
– верхнього та нижнього виносних	55
– верхнього та нижнього основних	75

18. Габаритні розміри, мм, не більше:	
— довжина	8770
— ширина	4850
— висота	3340
19. Маса каландра, кг, не більше	100000

3. Опис базової конструкції

Каландр Г-подібний є базовим агрегатом лінії для виробництва плівки та листів. Лінія з виробництва полімерної стрічки - це ряд вузлів, які забезпечують виробництво полімерної плівки, з автоматичним підтриманням заданої швидкості всіма механізмами лінії та автоматичним підтриманням заданої температури у всіх механізмах лінії.

До складу лінії входять: чотиривалковий каландр, черв'ячний екструдер з плоскощільовою головою, вальці, намотувальний пристрій, охолоджувальна станція для води, електрична шафа автоматизації, компресор для скидання намотаних бухт, пристрій продольного різання для обрізання країв, пристрій контролю товщини, автоматизація, комплект складальних одиниць і деталей.

Г-подібний каландр здійснює остаточну обробку та формування пластичної маси у виріб, зокрема виготовлення транспортерної стрічки

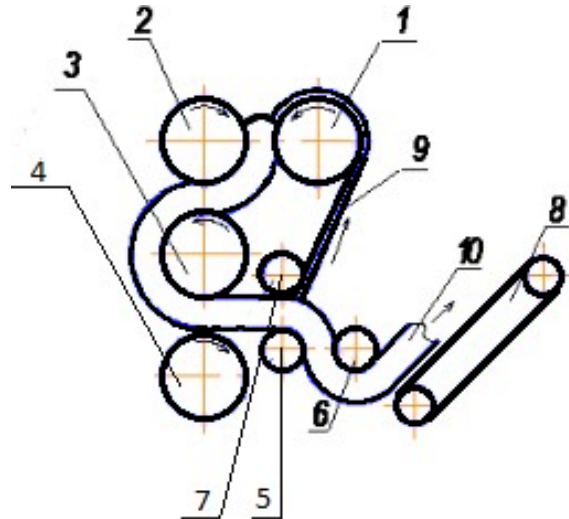
Каландр є чотиривалковою машиною, валки якої встановлені на підшипниках кочення і підтримуються міцною сталеву рамою. Рама встановлена на двох чавунних плитах і закріплена на фундаменті фундаментними болтами. Зверху рама закріплена двома сталевими поперечними балками. Валки є основним робочим органом каландра, мають твердість 50... 55HRC і виготовлені з двошарового стовбура, обробленого в казенній частині. Схема розташування валків і процесу каландрування показана на рисунку 3.1.

Валки каландра приводяться в рух окремими двигунами постійного струму (для безступінчастого регулювання швидкості) через триступінчастий редуктор з сітчастим зачепленням Новікова, які об'єднані в одному корпусі (редукторному блоці).

Вал редуктора з'єднаний з електродвигуном еластичною муфтою, а з каландровими валками - універсальним шарнірним шпинделем, який може

висувати і нахиляти верхній і нижній опорні валки.

Валки шарнірних шпинделів із шийками валків каландра і валами редуктора головного привода з'єднуються за допомогою шпонкових з'єднань.



1–4 – валки каландра; 5, 6 – приводні ролики; 7 – дискові ножі (два);

8 – транспортери; 9 – крайки; 10 – готова продукція

Рисунок 3.1 – Схема процесу каландрування

Підшипники нижнього валка 3 (див. рис. 1.2) закріплені на рамі, тоді як підшипники верхнього валка, верхнього зовнішнього валка і нижнього зовнішнього валка є рухомими. Вони переміщуються для регулювання зазору між валками і приводяться в дію шістьма механізмами, встановленими на рамі незалежно один від одного і приводяться в дію окремими фланцевими електродвигунами з кожного боку верхнього головного валка, нижнього зовнішнього валка і верхнього валка.

Обертання від електродвигунів передається натискному гвинту через двочерв'ячний редуктор.

Верхній виносний і нижній виносний валки крім цього мають додаткові пристрої для перекосу у вертикальній площині.

Це забезпечує перехрещення пари валків (нижній валок і нижній зовнішній валок, верхній валок і верхній зовнішній валок), таким чином усуваючи ефект прогину під дією сили розтікання і ширину отриманого листа. Існує чотири механізми деформації. Кожен з них являє собою двоступеневий черв'ячний редуктор, що приводиться в дію окремим двигуном змінного струму. Редуктор приводить в дію притискний гвинт, а гайка притискного гвинта нерухомо з'єднана з клином. Рух клина призводить до переміщення підшипникової опори з одним кінцем валка у вертикальній площині. Інший кінець ролика знаходиться в протилежному напрямку. Зсув одного кінця ролика становить 25 мм.

Маса, що подається в каландр, подається з живильних вальців в зазор між верхнім і верхнім розвантажувальним вальцями. Для безперервного і рівномірного завантаження каландра встановлений коливальний конвеєр, що складається з стрічкового транспортера, який подає матеріал, що розрізається з вальців, і механізму, що надає коливальний рух конвеєру для рівномірного розподілу стрічки по робочому зазору. Стрічковий конвеєр і коливальний механізм мають окремі електродвигуни і їх робота заблокована.

Для обмеження розтікання маси по валку і отримання необхідного розміру полотна в конструкції каландра передбачена обмежувальна стріла Tectolite, яка може бути встановлена на необхідну ширину.

Робочі валки каландра виготовлені з чавуну, з вибіленою поверхнею бочки (товщина шару 8-30 мм). Валки складаються з бочки, цапфи і хвостовика. Для поліпшення теплообміну периферійні канали для циркуляції охолоджуючої води (гарячої води) розташовані уздовж робочої поверхні бочки і з'єднані з центральним каналом за допомогою додаткових каналів. З обох кінців корпус оснащений заглушками. Центральний канал у бочці має перекритий трубою отвір, а її кінці закріплені до стінок

центрального каналу цапфами. Це знижує енергоємність валків і мінімізує теплообмін між потоками теплоносія. У кращому варіанті одна сторона труби покрита полімерною сумішшю. Для подачі теплоносія до обертових валків використовується спеціальний укупорювальний пристрій, а температура валків підтримується автоматичною тепловою станцією.

Безперервне полотно обрізається на виході з калібрувальної щілини вузлом обрізки країв, що складається з двох роликів на шарикопідшипниках і двох дискових ножів, що регулюються по ширині.

Для аварійної зупинки календаря передбачені пристрої аварійної зупинки стрижневого типу з ручним і ножним приводом. Шток жорстко з'єднаний з важелем, що обертається в підшипнику кочення, який при натисканні рукою або ногою штовхає ролик кінцевого вимикача, з'єднаний з блоком запуску і управління календаря. При натисканні на шток каландр зупиняється після чверті обороту валика. Гальмо на електродвигуні електродинамічне. Звичайна зупинка і запуск календаря здійснюється з центрального пульта управління.

4. ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД

Література [1]-[7] складають основу літератури з проектування, розрахунків та виготовлення обладнання для переробки полімерів і резинових сумішей. Автори розглядають різноманітні аспекти цього процесу, починаючи з розрахунків технологічних параметрів і вибору обладнання, та закінчуючи конструкцією та методиками монтажу та ремонту. Спільні ознаки цих книг включають в себе детальність у розгляді технічних аспектів переробки полімерів, резины, а також надання практичних порад щодо розрахунків та вибору обладнання.

Крім того, ця література відображає розвиток технологій у цій галузі протягом кількох десятиліть, що дозволяє отримати широкий огляд різних методів та підходів до переробки матеріалів. Важливим елементом цих книг є їхнє значення для практичного застосування, як для інженерів та науковців, так і для технічних працівників і робітників, що займаються виробництвом.

Загалом, ці книги становлять цінний ресурс для всіх, хто зацікавлений у сфері переробки полімерів та резини, надаючи докладну інформацію та методичні рекомендації щодо проектування, експлуатації та підтримки виробничих процесів.

Література [8]-[10] являє собою поради та інструкції для проектування елементів обладнання, та їх експлуатацію та ремонт.

4.1.1. Основні показники обраної базової конструкції

Найпоширенішим методом отримання плівки є безперервна роздувна екструзія, але вона не підходить для всіх полімерів. Безперервний вальцюво-каландровий метод, хоча і вимагає складного та енергоємного обладнання, дозволяє виробляти продукцію високої якості зі швидкістю 18-40 м/хв. Цей метод підходить для виготовлення всіх типів основної та безосновної, одно- і багат шарової плівки, стрічок і листів, що робить його більш переважним.

Аналіз існуючих конструкцій каландрів дозволяє класифікувати їх за такими критеріями: призначення, вид матеріалу, що обробляється, кількість валків, схема розташування валків, діаметр валків, схема привода, метод компенсації прогину валків, спосіб обігріву валків та характер тиску валків на матеріал.

Каландри поділяються на універсальні, рельєфні, репрографічні та поліграфічні. Залежно від кількості і розташування валків їх можна розділити на вертикальні двовалкові, горизонтальні двовалкові, вертикальні тривалкові, горизонтальні тривалкові, тривалкові трикутні, А-валкові тривалкові, вертикальні чотиривалкові, L-валкові чотиривалкові, Z-валкові чотиривалкові, S-валкові чотиривалкові, L-валкові чотиривалкові і рідше п'яти- або шестивалкові. Рулонні каландри можна розділити на дві категорії.

Каландри можуть бути обладнані одним загальним приводом з шестеренчастими передачами або мати окремий електропривод для кожного валка. Привід універсальних каландрів повинен забезпечувати можливість регулювання швидкості каландрування в залежності від властивостей пластмас, що обробляються.

4.1.2. Огляд існуючих рішень

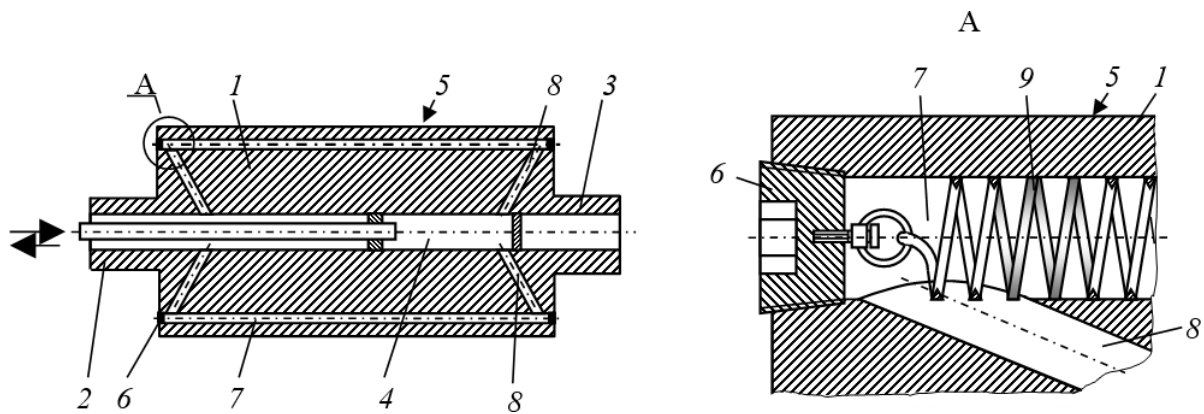
У даній роботі проводиться модернізація універсального чотиривалкового каландра для переробки пластичних мас і гумових сумішей. Зокрема, валки однакового діаметра, кожен з яких має власний привід, будуть замінені на валки з перекосом, що компенсує їх прогин. Крім того, валки будуть обігріватися рідиною та забезпечувати постійний тиск на оброблюваний матеріал. Каландер є важливою частиною лінії для виробництва рулонних полімерних матеріалів, де він відповідає за остаточну обробку та формування пластичної маси в виріб, зокрема, плівку, стрічку та листи. Для досягнення цих цілей планується провести огляд сучасних рішень, викладених у наступних патентах.

Згідно з [11] в основу корисної моделі покладено вдосконалений валок, що містить бочку 1, цапфи 2 і 3, центральний канал 4 уздовж них і периферійний канал 7, розташований уздовж робочої поверхні 5 ствола 1 і з'єднаний з центральним каналом 4 похилим каналом 8, що має на своєму кінці заглушку 6. Заглушка 6 кожного периферійного каналу 7 з'єднана між собою турбулізатором у вигляді циліндричної пружини 9, виготовленої з дроту трикутного перерізу, виток 9 пружини 9 контактує зі стінкою відповідного периферійного каналу 7 плоскою поверхнею.

Конструкція валка з турбулізаторами у вигляді металевої стрічки покращує ефективність теплообміну в периферійних каналах, проте може мати певні недоліки, такі як схильність до корозії та недостатня ефективність очищення поверхонь від забруднень. Для виправлення цих проблем можна розглянути використання більш складних турбулізаторів або спеціальних

матеріалів, альтернативні рідини для охолодження, захисні покриття для валка або встановлення фільтрів для уникнення потрапляння забруднень. Такі заходи можуть покращити роботу валка і зменшити його схильність до корозії та забруднення..

Теплоносій по центральному каналу 4 надходить у праві похилі канали 8, проходить по периферійним каналам 7, а далі крізь ліві похилі канали 8 і центральний канал 4 видаляється за межі валка.



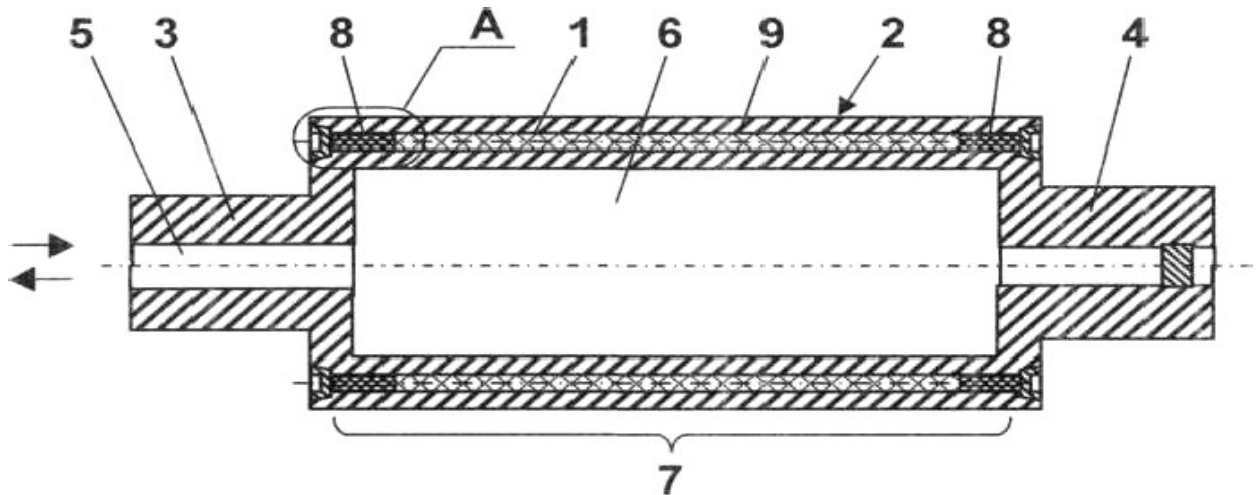
1 – бочка; 2,3 – цапфи; 4 – центральний канал; 5 – робоча поверхня; 6 – пробки; 7 – периферійний канал; 8 – похилий канал;
9 – турбулізатор.

Рисунок 4.1 – удосконалений валок вальців для перероблення
гумових сумішей

Витки кожної пружини 9 сприяють руйнуванню прикордонного шару рідкого теплоносія в периферійному каналі 7, що не тільки покращує процес теплопередачі, а й очищає поверхню каналу 7 від забруднень за рахунок вібрації пружини 9 під впливом потоку теплоносія (дроти пружини 9 з трикутним перетином діють як ніж (зішкрібають бруд)).

За [12] висувається корисна модель, що базується на валку валкових

машин, який включає порожнисту бочку з цапфами, оснащеними центральним каналом для циркуляції рідкого теплоносія у порожнині бочки. При цьому навколо бочки розташовані герметичні периферійні канали, рівномірно розподілені по колу, які заповнені пористим матеріалом, просоченим легкокиплячою рідиною. Важливою особливістю є те, що кінцеві ділянки кожного периферійного каналу ізолювані від його середньої ділянки.



1 – бочка, 2 – робоча поверхня, 3,4 – цапфи, 5 – центральний канал, 6 – порожнина, 7 – периферійні канали, 8 – кінцеві ділянки,
9 – середня ділянка

Рис.4.2 – поздовжній розріз валка

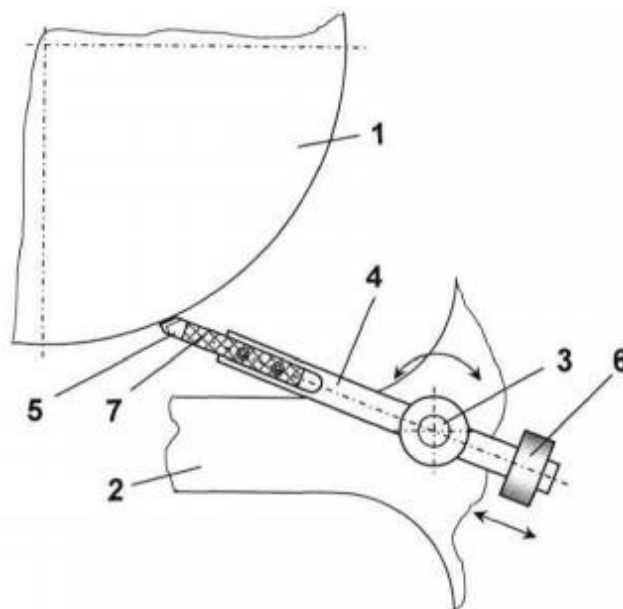
Валки мають порожнистий корпус 1 з робочою поверхнею 2, цапфи 3 і 4 з центральним проточним каналом 5 для циркуляції рідкого теплоносія 6 в порожнині корпусу 1 і замкнутими периферійними проточними каналами 7, заповненими пористим матеріалом, просоченим рідиною з низькою температурою кипіння, по колу і рівномірно розташованими уздовж корпусу 1. Кінець 8 кожного периферійного проточного каналу 7 ізолюваний від його центру 9 для підтримки постійного температурного режиму.

Виконання кінцевих ділянок 8 кожного з периферійних каналів 7 ізолюваними від його 5 середньої ділянки 9 дає змогу забезпечити в них певний температурний режим, а отже, й більш рівномірне температурне поле на

поверхні 2 бочки 1 валка, що сприяє поліпшенню одержуваної продукції на валковій машині.

В корисній моделі [13] ставиться завдання удосконалення ножа для поздовжнього розрізання рулонного матеріалу на валку валкової машини. У новому конструктивному виконанні ножа вирішується проблема охолодження леза шляхом його теплоізолювання, що дозволяє значно знизити зусилля різання та забезпечити високу якість різку рулонного матеріалу.

Основна ідея полягає у тому, що ніж для поздовжнього розрізання має спеціальне теплоізоляційне покриття на лезі. У новому виконанні ножа, який закріплений на станині машини, передбачено вісь для поздовжнього переміщення і повороту кронштейна, а також лезо і противагу. Теплоізоляційне покриття леза є ключовою особливістю, що дозволяє зберігати тепло і уникати його втрати під час роботи, що в свою чергу полегшує процес різання та підвищує ефективність роботи ножа. В найбільш прийнятному виконанні використовується склострічка як теплоізоляційне покриття леза.

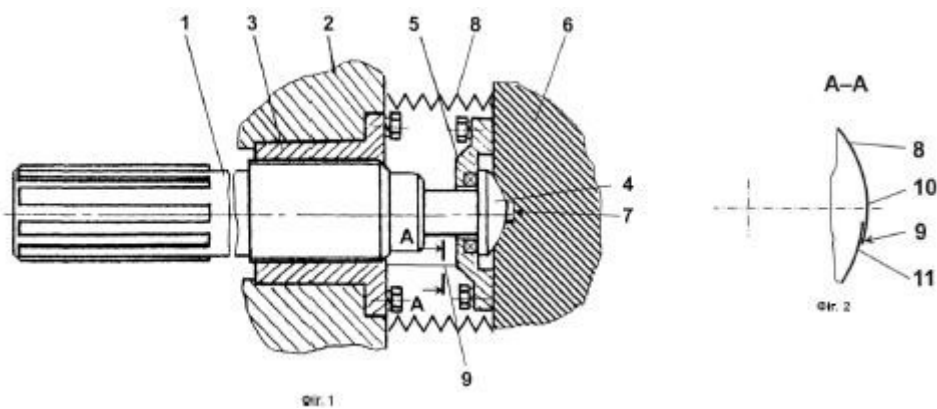


1 – валок; 2 – станина; 3 – вісь; 4 – кронштейн; 5 – лезо; 6 – противага; 7 – теплоізоляційне покриття

Рисунок 4.3 – ніж поздовжнього різання

У корисній моделі [14] ставиться завдання вдосконалення вузла упорного гвинта механізму регулювання міжвалкового проміжку валкової машини. У новому конструктивному виконанні цього вузла вирішується проблема зі складністю установки та зняття гнучкої оболонки, що знаходиться в цьому вузлі. Це в свою чергу спрощує експлуатацію як самого вузла, так і всієї валкової машини в цілому.

Основна ідея полягає в тому, що нове конструктивне виконання вузла упорного гвинта дозволяє легше та швидше встановлювати гнучку оболонку у вузол і знімати її з нього. Це може бути досягнуто, наприклад, за допомогою спеціального механізму кріплення або затягування, який забезпечує надійне утримання оболонки, а в той же час дозволяє легко відкріплювати її при необхідності. Такий підхід дозволяє значно полегшити обслуговування вузла та підвищити його ефективність у процесі регулювання міжвалкового проміжку..



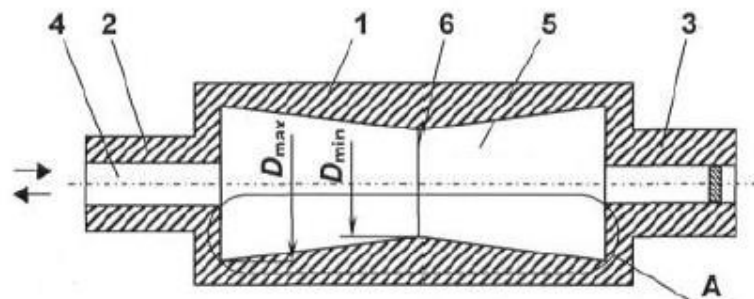
1 – упорний гвинт; 2 – станина; 3 – гайка; 4 – п’ята; 5 – кришка; 6 – корпус; 7 – підп’ятник; 8 – гнучка оболонка 9 – поздовжній розріз;
9,10 – ділянки оболонки

Рисунок 4.4 – вузол упорного гвинта

Поставлена задача вирішується тим, що у вузлі регулювального гвинта

механізму регулювання зазору між валками прокатного стану встановлений регулювальний гвинт з п'ятою, що містить гайку, закріплену на його корпусі, яка взаємодіє з кришкою корпусу станини з одного боку та упорним підшипником з іншого боку. Згідно з винаходом, ділянка між п'ятою гвинта і гайкою розміщена в гнучкій оболонці, що має основу, закріплену на станині прокатного стану і корпусі станини, причому гнучка оболонка виконана з поздовжнім розрізом. У кращому варіанті виконання вузла частини оболонки на сторонах з поздовжніми розрізами перекриваються.

Корисна модель за [15] описує валок для валкових машин, призначених для переробки полімерних матеріалів. Валок включає порожнисту бочку і цапфи з центральним каналом для циркуляції рідкого теплоносія. Порожнина бочки має змінний діаметр по її довжині, з мінімальним діаметром у центрі та максимальним по краях.



1 – бочка, 2,3 – цапфи, 4 – центральний канал, 5 – порожнина бочки, 6 – спільна менша основа

Рис.4.5 – поздовжній розріз валка

Валки для переробки полімерних матеріалів містять порожнистий корпус 1 і цапфи 2 і 3 з центральним проточним каналом 4 для циркуляції рідкого теплоносія 5 в порожнині корпусу 1, причому порожнина 5 корпусу 1 виконана змінного діаметру по його довжині: мінімальний D_{min} в центрі та максимальний D_{max} на кінцях. При цьому порожнина 5

ствола 1 може бути виконана у вигляді двох усічених конусів, що мають спільну малу основу 6.

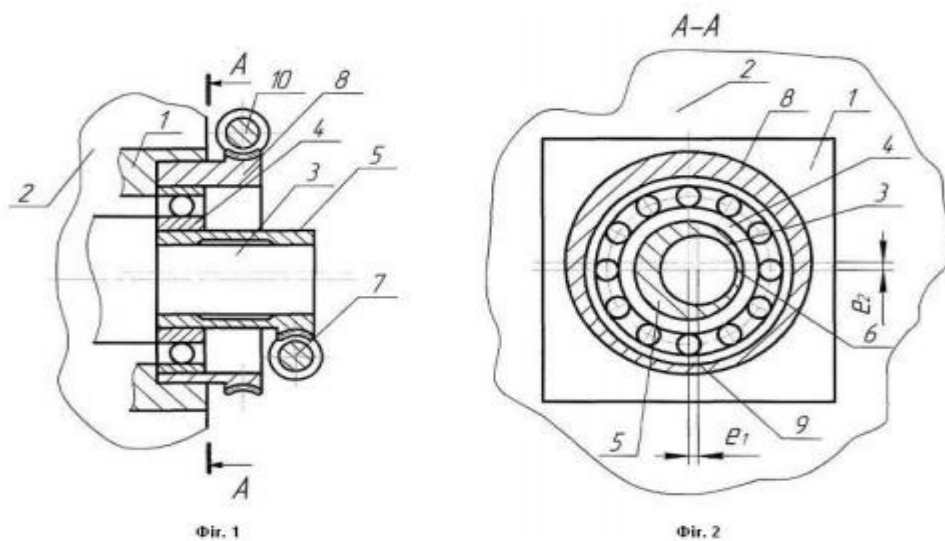
Унікальність цього валка полягає в тому, що порожнина бочки виконана змінного діаметра, з мінімальним значенням у центрі і максимальним - на краях. Це призводить до збільшення моменту опору поперечного перерізу в найбільш небезпечній зоні - у центральній частині, що підвищує міцність валка в цілому. В той же час, конструкція порожнини у вигляді двох зрізаних конусів з спільною меншою основою дозволяє значно спростити виготовлення валка, завдяки легкості формування такої порожнини на металообробних верстатах токарної групи.

У корисній моделі [16] ставиться завдання підвищення продуктивності і обслуговування валкових машин. Ця задача вирішується за допомогою впровадження нового конструктивного рішення для валкових машин зі змінним положенням валків, призначених для переробки полімерних матеріалів і гумових сумішей.

У новій конструкції корпусів підшипникових вузлів, які встановлені на станині, використовуються ексцентричні втулки з механізмами повороту. Декілька таких втулок встановлені між цапфами та внутрішніми кільцями підшипників, а інші - між корпусами підшипників і зовнішніми кільцями. Це нове рішення дозволяє ефективно регулювати величину перехрещення валків, що в свою чергу підвищує продуктивність і полегшує обслуговування валкових машин.

Для кращого розуміння конструкції корисної моделі надаються креслення, одне з яких зображує механізм регулювання величини перехрещення валків.

На Фіг.2 - переріз А-А на Фіг.1.



1 – корпус підшипника; 2 – станина; 3 – цапфа; 4 – внутрішні кільця підшипника; 5,8 – ексцентричні втулки; 6 – втулка; 7,10 – механізм повороту і фіксації; 9 – додаткова втулка;

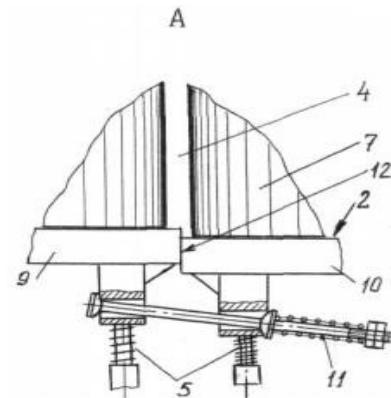
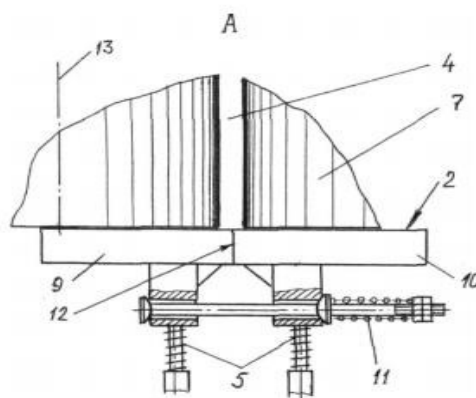
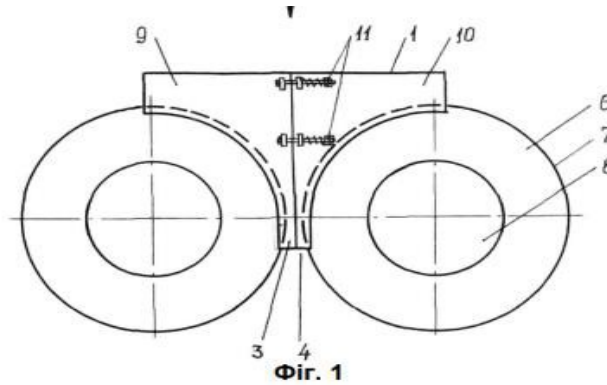
Рисунок 4.6 – механізм перехрещення валків

В основі корисної моделі [17] лежить завдання створення обмежувальної стріли для валкових машин, яка забезпечує гарантований контакт робочого елемента з валками та відсутність зазорів для проходження перероблюваного матеріалу. Це має на меті підвищити надійність та знизити час обслуговування валкової машини.

У новому виконанні обмежувальної стріли робочий елемент складається з двох частин, які можуть взаємодіяти одна з одною за допомогою пружних елементів. Ці частини робочого елемента мають плоскі бічні поверхні та подовжену ділянку, яка перекриває міжвалковий зазор. При цьому притискний пристрій забезпечує контакт плоскої бічної поверхні робочого елемента з торцями бочок валків.

Такий підхід дозволяє забезпечити надійний контакт робочого елемента з валками, запобігаючи виникненню зазорів для

перероблюваного матеріалу, що в свою чергу підвищує ефективність та надійність валкової машини. Крім того, це спрощує процес обслуговування машини, оскільки зменшується необхідність в регулюванні та підтримці робочих елементів.

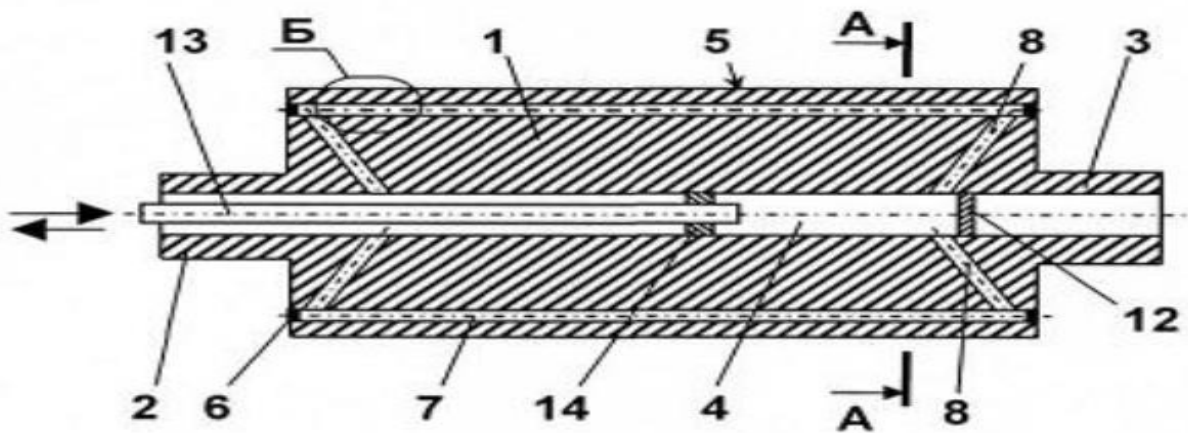


1 – робочий елемент; 2 – бічна поверхня; 3 – подовжена ділянка; 4 – міжвалковий зазор; 5 – притисний пристрій; 6 – торець; 7 – бочка; 8 – валок;
5 – притисний пристрій; 6 – торець; 7 – бочка; 8 – валок; 9,10 – частини робочого елемента; 11 – пружні елементи; 12 – площина контакту; 13 – вісь валка

Рисунок 4.7 – пристрій знімання листів

Згідно з патентом [18], корисна модель ґрунтується на валку валкових машин, який включає бочку та цапфи. Уздовж цапф прокладено центральний

канал, а по робочій поверхні бочки розташовані периферійні канали з нарізними пробками на кінцях. Ці периферійні канали з'єднані з центральним каналом за допомогою похилих каналів. Кожний периферійний канал має циліндричні втулки з внутрішніми поздовжніми ребрами на його кінцевих ділянках. Валок валкових машин містить бочку 1 і цапфи 2 і 3, виконаний вздовж них центральний канал 4 і розташовані вздовж робочої поверхні 5 бочки 1 з нарізними пробками 6 на кінцях периферійні канали 7, сполучені з центральним каналом 4 за допомогою похилих каналів 8.

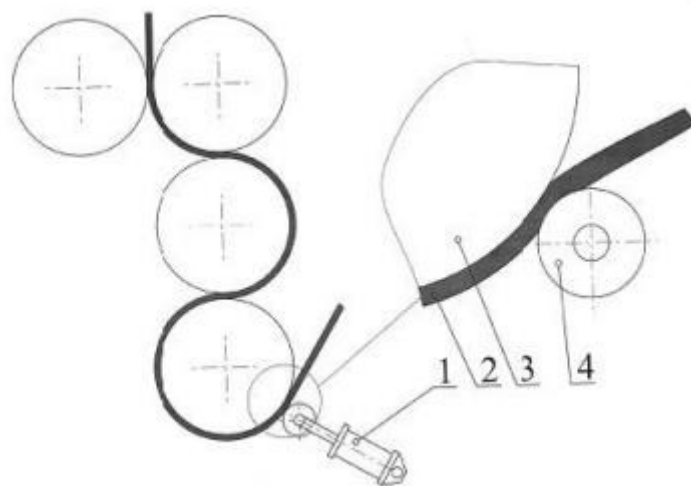


1 – бочка, 2,3 – цапфи, 4 – центральний канал, 5 – робоча поверхня, 6 – нарізні пробки, 7 – периферійні канали, 8 – похилі канали, 9 – втулки, 10 – поздовжні ребра, 11 – теплоізоляційне покриття, 12 – заглушка, 13 – труба, 14 – ущільнення.

Рис.4.8 – валок каландра

На кінці кожного периферійного проточного каналу 7 передбачена циліндрична втулка 9 з поздовжніми ребрами 10, причому ці втулки можуть бути розташовані під гострим кутом β до осі відповідної втулки 9. Крім того, поздовжнє ребро 10 кожної гільзи 9 може бути розташоване з боку робочої поверхні 5 ствола 1, тоді як внутрішня поверхня гільзи з протилежного боку має ізоляційне покриття 11. Балони додатково забезпечені трубою 13 із заглушкою 12 та прокладкою 14.

Задачею корисної моделі [19] є полегшення зняття листа з останнього валу каландра. Поставлена задача вирішується шляхом встановлення пристрою для зняття листа з каландра, що складається з двох гідроциліндрів 1 і двох додаткових валів 4, кожен з яких має менший діаметр, ніж вал, з якого знімається лист. Додаткові вали мають довжину, меншу за 0,25 ширини листа 2, що знімається, і встановлені на штоках гідроциліндрів таким чином, щоб вони могли вільно обертатися навколо осі. Пристрій встановлюється на каландрі таким чином, щоб додатковий вал не контактував з обдирним листом 2 при крайньому положенні штока гідроциліндра, був притиснутий до обдирного листа 2 при робочому положенні штока гідроциліндра і не контактував з валом каландра при відсутності обдирного листа 2. Точка контакту між додатковим валом і листом, що лушиться, знаходиться в точці 3 $\square$ 5 товщини листа, що лушиться, і на відстані від останнього вала каландра до лінії, вздовж якої лушиться лист. Шпинделі штанги розташовані перпендикулярно до поверхні вала 20 каландра, з якого знімається лист.

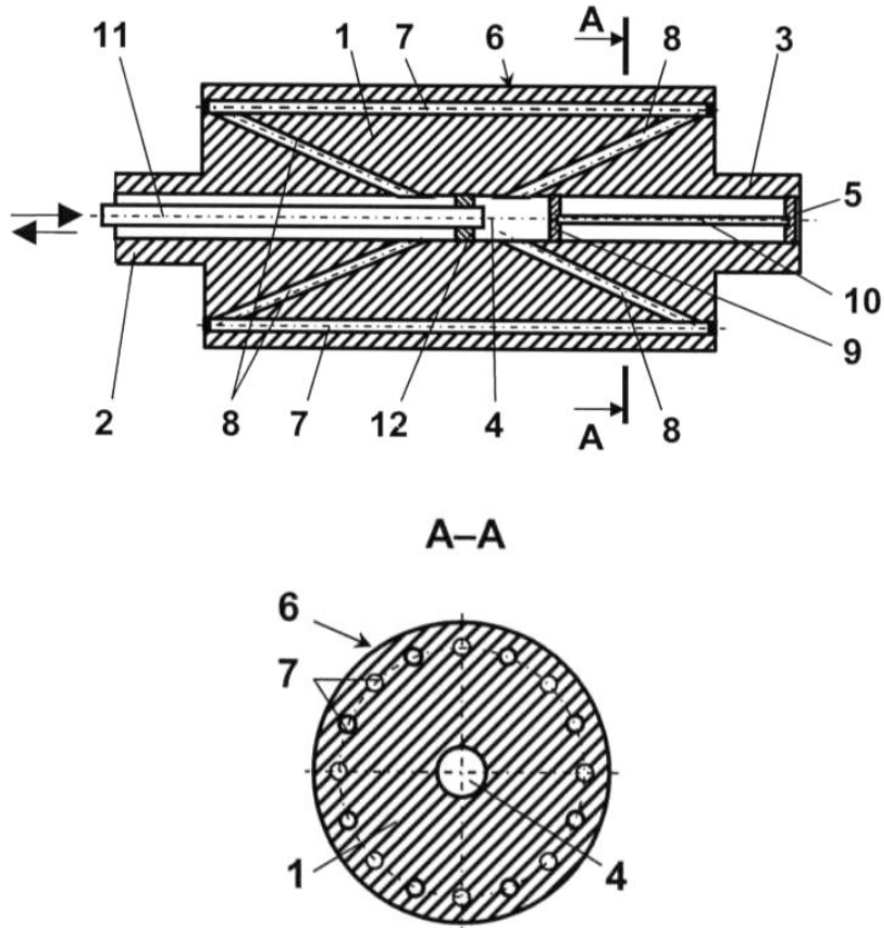


1 – гідроциліндр; 2 – стрічка(виріб); 3 – вал; 4 – додаткові валки;

Рисунок 4.9 – пристрій знімання листів

У корисній моделі за [20] валок валкових машин складається з бочки і цапф, вздовж яких пролягає центральний канал. По робочій поверхні бочки

розташовані периферійні канали з пробками на кінцях, які з'єднані з центральним каналом за допомогою похилих каналів. Розділення каналів відбувається за допомогою штанг та пробок на ній, що дозволяє ефективно направити потоки якомога ближче до робочої поверхні валка.



1 – бочка; 2,3 – цапфи; 4 – центральний канал; 6 – робоча поверхня; 6, 5,9,12 – пробки; 7 – периферійний канал; 8 – похилий канал; 10 – розпорна штанга; 11 – канал притоку.

Рис.4.10 – валок каландра

Валок валкових машин містить бочку 1 і цапфи 2 і 3, виконаний вздовжний центральний канал 4 і розташовані вздовж робочої поверхні 6 бочки 1 периферійні канали 7, сполучені з центральним каналом 4 за допомогою похилих каналів 8. Пробки 5 та 9 з'єднані між собою штангою 10. Пробка 12

розділяє центральний отвір 4 на дві камери, що пришвидшують теплообмін робочої поверхні.

4.2 Обґрунтування напрямку модернізації

Модернізація валка буде проводитись за [20]. Модернізація валка передбачає збільшення теплообміну робочої поверхні валка. Це важливий крок у покращенні продуктивності та зменшенні часу, необхідного для виробництва одиниці продукції. Використання теплообмінної рідини як вода, дозволить зменшити затрати на спеціальні теплові станції. Тому необхідним є проведення розрахунків на міцність та теплообмін.

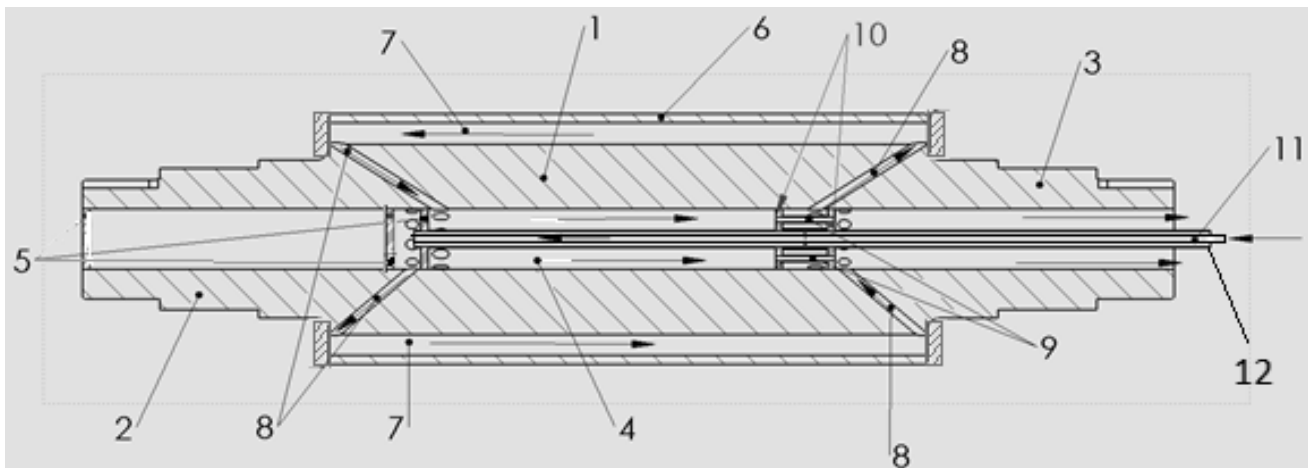


Рисунок 4.11 – Загальний вид валка каландра в поздовжньому розрізі:

1 – бочка; 2,3 – цапфи; 4 – центральний канал; 6 – робоча поверхня; 5 – пробки; 7 – периферійний канал; 8 – похилий канал; 9 – переливна трубка; 10 – пробка; 11 – трубопровід подачі; 12 – теплоізоляція.

Збільшення продуктивності станеться внаслідок, що поверхня каландру буде мати більш ефективне охолодження, що буде сприяти підняттю швидкості виготовлення продукції. Зменшення втрат енергії на кілограм продукції також зменшить навантаження на обладнання, що збільшить строк його експлуатації. Покращення якості виробів за допомогою контрольованої температури дозволить нам покращити якість

отримуваної продукції та зменшить кількість відходів. Більший діапазон регулювання температури на поверхні каландра дозволить нам виробляти більший спектр матеріалів, які потребують меншої температури для стабілізації на валках.

На рис. 3.10 ми можемо роздивитися поперечний та повздовжній розрізи, що дає нам розуміння, яких операцій потребуватиме виливок задля досягнення готового виробу. Основною проблемою при виготовленні модернізованого валка будуть похилі отвори 8, які, повинні мати поверхню, яка не перешкоджатиме потоку води, тому потребуватиме свердління для задовільного варіанту. Мною буде запропоноване рішення з додаванням кута нахилу до каналу з іншої сторони, задля того, щоб забезпечити різнонаправленість потоків у верхніх та нижніх каналах, що знівелює перепад температур на поверхні валка. Додавання пробок 10, з переливними трубками 9, дозволить нам реалізувати різнонаправленість потоків теплоносія. Додавання теплоізоляції 12 на трубопроводу подачі теплоносія 11 дозволить нам зменшити теплообмін відпрацьованої рідини та рідиною, що подається.

5. РОЗРАХУНКИ ЕЛЕМЕНТІВ БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

5.1.1 Параметричні розрахунки

Цілью розрахунків – Визначення основних параметрів каландра (швидкість обертання валків, зусилля розпірок, потужність, що подається на валки, розподіл температури в процесі каландрування) і приводного двигуна каландра, а потім розрахувати компоненти каландра. Перевірте міцність і жорсткість каландра і визначте наступне [3] [5].

Вихідні дані:

Привід валків – індивідуальний;
Валки з периферійними каналами;

Р бочки валка, м	0.355
М валка, кг	5500
Товщина продукту, м	0.00120
Ширина продукту, м	1.60
Знімання продукту, м/с	0.5
Знімання полотна здійснюється з 3 -го валка під кутом 30° до горизонту	
Фрикція в 1-му проміжку	1.30
Фрикція в 2-му проміжку	1.10
Фрикція в 3-му проміжку	1.00
Значення температур:	
1-го валка, °С	150.0
2-го валка, °С	155.0
3-го валка, °С	160.0
4-го валка, °С	155.0
Стартова температура матеріалу, °С	150.0
Найбільш допустима температура розплаву на валках, °С	180
Теплоносії	вода
Характеристики матеріалу реологічні:	
ступень реологічного рівняння	0.210
температурний коефіцієнт	7.50
коефіцієнт консистентності, $Pa \cdot s^n$	120000.0
температура визначення коефіцієнта консистентності, °С	150.0
Матеріальні теплові та фізичні характеристики:	
Густина полімеру, кг/м ³	1350.0
питома масова теплоємність, Дж/(кг · К)	1800.0
коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	0.180

5.1.2. Розрахунок необхідної потужності привода каландра

Необхідна Потужність головного привода каландра, коефіцієнт корисної дії якого дорівнює $\eta_{\Pi\Gamma\Sigma}$, визначається за формулою:

$$N_{\Pi} = \frac{N_{i\Sigma}}{\eta_{\Pi\Gamma\Sigma}}$$

де сумарна потужність $N_{i\Sigma}$, що діє на валки, які обертаються з кутовою швидкістю ω_i , визначається сумою кожної потужності, яка знаходиться для кожного елемента за формулою:

$$N_{B1} = M_{Bi\Sigma} \omega_{Bi} = \frac{M_{Bi\Sigma} * V_{Bi}}{R_B}$$

Ефективність (ккд) групового привода розраховується за формулою:

$$\eta_{\Pi\Gamma\Sigma} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 \eta_5^m = 0,78$$

Де $\eta_1 = 0,99$ – ККД електромотора; $\eta_2 = 0,99$ – ККД пальцевої муфти; $\eta_3 = 0,90$ – ККД редуктора; $\eta_4 = 0,99$ – ККД муфти зубчастого типу; $\eta_5 = 0,90$ – ККД універсального шпинделя.

При випадку, коли кожен валок має власний привід, потужності електромоторів, які потребуються для забезпечення крутного моменту розраховується використовуючи формулу:

$$N_{\Pi B1} = \frac{M_{Bi\Sigma} * \omega_{Bi}}{\eta_{\Pi B}} = \frac{M_{Bi\Sigma} * V_B}{R_B * \eta_{\Pi B}} = \frac{17 * 0,25}{0,355 * 0,78} = 12,6 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{ПВ2}} = \frac{M_{Bi\Sigma} * \omega_{Bi}}{\eta_{\text{ПВ}}} = \frac{M_{Bi\Sigma} * V_B}{R_B * \eta_{\text{ПВ}}} = \frac{17,4 * 0,33}{0,355 * 0,78} = 26,2 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{ПВ3}} = \frac{M_{Bi\Sigma} * \omega_{Bi}}{\eta_{\text{ПВ}}} = \frac{M_{Bi\Sigma} * V_B}{R_B * \eta_{\text{ПВ}}} = \frac{18,9 * 0,37}{0,355 * 0,78} = 18,2 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{ПВ4}} = \frac{M_{Bi\Sigma} * \omega_{Bi}}{\eta_{\text{ПВ}}} = \frac{M_{Bi\Sigma} * V_B}{R_B * \eta_{\text{ПВ}}} = \frac{11 * 0,37}{0,355 * 0,78} = 9 \text{ кВт}$$

(0.63)

де $\eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 \eta_5 = \eta_{\text{ПВ}}$ Коефіцієнт корисної дії кожного валка.

Опираючись на виконані розрахунки потужностей, підберемо електромотори.

Виконавши параметричний розрахунок, виконаємо тепловий розрахунок валків.

Величина G_B для швидко- та тихохідного валків визначається так:

$$G_{Bi} = \frac{G(3 + \varphi)}{4}$$

де $G = L \delta_{li} V_i \rho_{\text{П}}$

Швидкість теплоносія в периферійних каналах валка вираховується так:

$$V_T = \frac{G_T}{\rho_T S_T} = \frac{4G_T}{\rho_T n_T \eta d_T^2}$$

де S_T – сумарна площа перерізу канала; d_T – діаметр канала; n_T – їх кількість; ρ_T – густина теплоносія.

Попередні розрахунки показали, що для машини потрібні електромотори потужністю 12,6 кВт, 26,2 кВт, 18,2 кВт і 9,0 кВт.

Враховуючи невеликі відхилення пускових навантажень і технологічних параметрів, встановлені двигуни мають достатню потужність, щоб компенсувати витрати енергії, необхідні для роботи циліндрів через утворення суміші і втрати на тертя.

5.2. Розрахунок валка на міцність

Працездатність і надійність валків каландра впливають на якість отриманої продукції в значній мірі, оскільки вони є його робочим органом.

Розрахунок на жорсткість і міцність валка спрямований на виявлення величини прогину тіла валка з метою виявлення різнотовщинності полімерного листа вздовж його ширини і напружень у всіх критичних перерізах.

Метою розрахунків є визначення напружень у всіх критичних перерізах, виявлення прогинів тіла валка та перевірка умов міцності та жорсткості.

Вихідні дані:

Кількість перепадів висоти валка	$N=4$
Розміри перепадів:	
1-й переріз: Двн	$d=0,17 \text{ м}$
Дзов	$d_1=0,34 \text{ м}$
глибина шпонкового паза	$t=0,025 \text{ м}$
ширина шпонкового паза	$b=0,08 \text{ м}$
2-й переріз: Двн	$d=0,17 \text{ м}$
Дзовн	$d_2=0,45 \text{ м}$
3-й переріз: Двн	$d_3=0,34 \text{ м}$
Дзовн	$D=0,71 \text{ м}$

4-й переріз: Двн	$d=0,1 \text{ м}$
Дзовн	$d_1=0,34 \text{ м}$
Дистанція між опорами	$L=2,42 \text{ м}$
Дистанція між обмежувальними стрілами	$L_2=1,8 \text{ м}$
Розподілене навантаження	$Q=160000 \text{ Н/м}$
Потужність приводного електродвигуна	$N_{\text{дв}}=35 \text{ кВт}$
Швидкість обертання	$V=0,46 \text{ м/с}$
Температура на внутрішній поверхні каналу	$T=71,4 \text{ °C}$
Температура робочої поверхні	$T=90 \text{ °C}$
Матеріал валка:	чавун валковий
Модуль Юнга	$E=1,5 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$
Коефіцієнт Пуассона	$\mu=0,25$
Коефіцієнт лінійного розширення матеріалу	$\alpha=0,000012 \text{ 1/K}$

Розрахунки проводяться для двох варіантів навантаження на передній циліндр (найнавантаженіший валок).:

- 1) Валок навантажено максимальними розпірними силами та мінімальним крутним моментом;
- 2) Валок навантажено мінімальними розпірними силами та максимальним крутним моментом.

Щоб визначити напруження внаслідок вигину та кручення, а також прогину валка, необхідно розрахувати моменти опору та інерції різних перерізів. Для валка з описаною конструкцією характерні 4 поперечні перерізи.

Розрахункова схема а також поперечні перерізи наведено на Рис.5.1

Формули для розрахунку моментів опору та інерції виглядають так:

Перший переріз

$$I_x = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} = \frac{3,14(0,71^4 - 0,17^4)}{64} = 0,0124 \text{ м}^4$$

$$W_x = \frac{\pi(D^3 - d^3)}{32} = \frac{3,14(0,71^3 - 0,17^3)}{32} = 0,024 \text{ м}^3$$

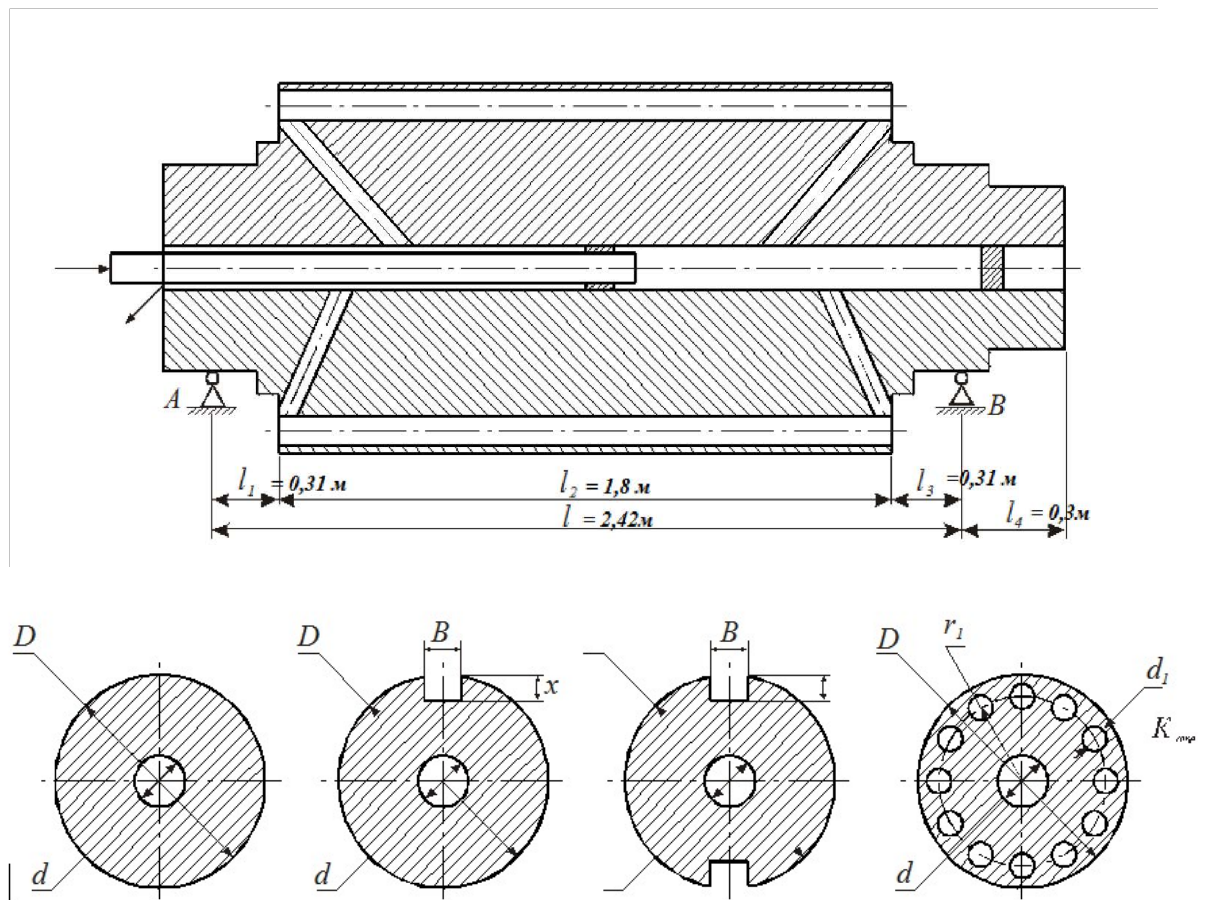


Рис. 5.1 – Види поперечних перерізів валка

Другий переріз:

$$I_x = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} - \frac{bt(D-t)^2}{4} =$$

$$= \frac{3,14(0,71^4 - 0,17^4)}{64} - \frac{0,08 * 0,025 * (0,71 - 0,15)^2}{4} = 0,0122 \text{ м}^4$$

$$W_x = \frac{\pi(D^3 - d^3)}{32} - \frac{bt(D-t)^2}{2D} =$$

$$= \frac{3,14(0,71^3 - 0,17^3)}{32} - \frac{0,08 * 0,025 * (0,71 - 0,15)^2}{2 * 0,71} = 0,0342 \text{ м}^3$$

Третій переріз:

$$I_x = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} - \frac{bt(D-t)^2}{2} =$$

$$= \frac{3,14(0,71^4 - 0,34^4)}{64} - \frac{0,08 * 0,025 * (0,71 - 0,25)^2}{4} = 0,0116 \text{ м}^4$$

$$W_x = \frac{\pi(D^3 - d^3)}{32} - \frac{bt(D-t)^2}{2D} =$$

$$= \frac{3,14(0,71^3 - 0,34^3)}{32} - \frac{0,08 * 0,025 * (0,71 - 0,25)^2}{2 * 0,71} = 0,0307 \text{ м}^3$$

Четвертий переріз:

$$I_x = \frac{\pi(D-d)}{63} - \sum_{n=1}^k \left(\frac{\pi d_1^4}{64} + (r_1 |\sin((n-1)\alpha)|)^2 \frac{\pi d_1^4}{64} \right) =$$

$$= \frac{3,14 * (0,71 - 0,15)}{64} -$$

$$- \sum_{n=1}^k \left(\frac{3,14 * 0,34^4}{64} + (0,25 |\sin((4-1)90)|)^2 \frac{3,14 * 0,34^4}{64} \right) = 0,026 \text{ м4}$$

де $\alpha = 360^\circ / K$; K – к-ть каналів.

Щоб дослідити згинальні моменти і моментів у різних секціях по довжині розглянемо схему навантаження та епюри поперечних сил моментів, нанесені на рисунок 5.2.

Реакції в опорах A і B однакові та розраховуються таким чином:

$$R_a = \frac{ql_2(2l_3 + l_2)}{2l} = \frac{160000 * 1,8(2 * 0,31 + 1,8)}{2 * 2,42} = 144000 \text{ Н}$$

$$R_b = \frac{ql_2(2l_1 + l_2)}{2l} = \frac{160000 * 1,8(2 * 0,31 + 1,8)}{2 * 2,42} = 144000 \text{ Н}$$

Момент згину:

$$M_{u1} = \frac{ql_2}{2} l_1 = \frac{160000 * 1,8 * 0,31}{2} = 44640 \text{ Нм} \quad (0.75)$$

$$M_{u2} = \frac{ql_2(2l_1 - l_2)}{8} = \frac{160000 * 1,8 * (2 * 2,42 - 1,8)}{4} = 109440 \text{ Нм} \quad (0.76)$$

$$M_{u3} = \frac{ql_2}{2} l_3 = \frac{160000 * 1,8 * 0,31}{2} = 44640 \text{ Нм} \quad (0.77)$$

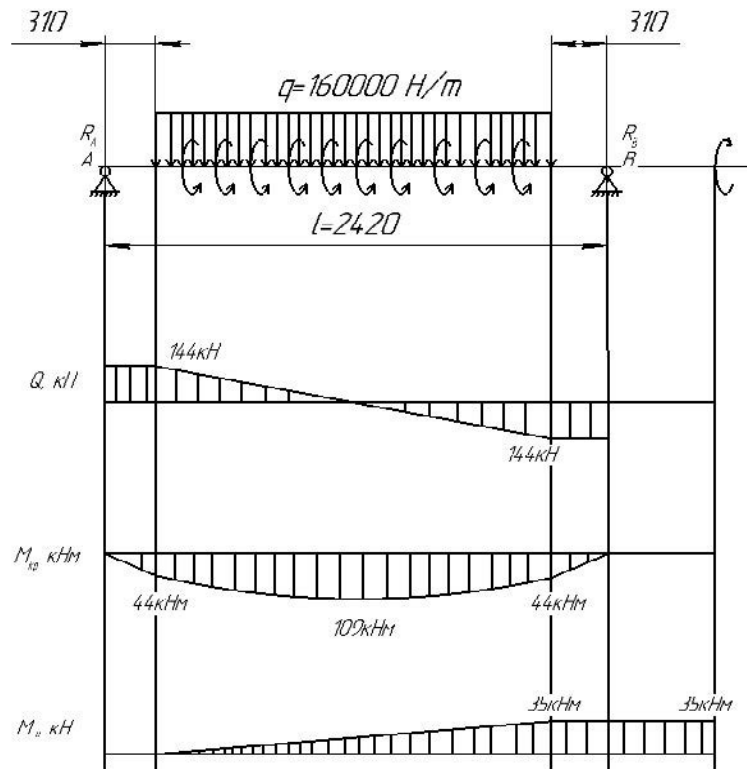


Рис.5.2 – Схема навантаження, епюри поперечних сил, згинаючих і крутних моментів

Крутний момент:

$$M_{KP} = \frac{(z-l_1)M_D}{l-l_1} = \frac{(2,2-0,31)}{2,52-0,31} \approx M_D; \quad l_1 \leq z \leq l-l_3$$

$$M_{KP} = M_D; \quad l-l_3 \leq z \leq l-l_3$$

де M_D – крутний момент, що переходить від електромотора до валка.

Знаючи момент згину у певній секції валка, можна визначити

напруження при вигині в цих секціях так:

$$\sigma_1 = \frac{M_i}{W_x} = \frac{48960}{0,034} = 144000 \text{ Па},$$

$$\sigma_2 = \frac{M_i}{W_x} = \frac{109440}{0,0307} = 356382 \text{ Па}$$

$$\sigma_3 = \frac{M_i}{W_x} = \frac{48960}{0,07} = 69942 \text{ Па}$$

Різниця в температурі його внутрішньої та робочою поверхнями , при тому, що внутрішня контактує з теплоносієм, породжує термічні напруги у валку, які мають суттєвий вплив на його міцність.

Розрахуємо температурні напруження валка:

на внутрішній поверхні валка

$$\sigma_0 = \sigma_z = E\alpha T * \frac{3r_2 - \frac{2(r_2^3 - r_1^3)}{r_2^2 - r_1^2}}{3(1-\mu)(r_2 - r_1)} =$$

$$= 1,5 * 10^{11} * 1,2 * 10^{-5} * 363 * \frac{3 * 0,36 - \frac{2(0,36^3 - 0,27^3)}{0,36^2 - 0,27^2}}{3(1 - 0,25)(0,36 - 0,27)} = 32,67 \text{ МПа}$$

де – σ_0 тангенційні напруження; σ_z – осьові напруження; E – модуль Юнга матеріалу; μ – коефіцієнт Пуассона матеріалу; r_1 – радіус внутрішньої поверхні; r_2 – радіус робочої поверхні.

Для валків із зовнішніми отворами радіус внутрішньої поверхні повинен дорівнювати радіусу центру зовнішнього отвору, через який подається теплоносій. Це пов'язано з тим, що плавний перехід температур від робочої поверхні валка до поверхні каналів подачі теплоносія набагато вищий, ніж плавний перехід температури між цими каналами і внутрішньою поверхнею валка..

Крутний момент розраховується формулою:

$$M_{KP} = \frac{9550 \cdot N}{n} = \frac{9550 \cdot 35000}{950} = 35 \cdot 10^4$$

де N – потужність, що передається двигуном до валка; n – частота обертання валка.

Крутні напруження валка розраховуються формулою:

$$\tau = \frac{M_{KP}}{2W_x} = \frac{35 \cdot 10^4}{2 \cdot 0,07} = 25 \cdot 10^5$$

Маючи інформацію про найбільші температурні напруження на зовнішній або внутрішній поверхні валка та напругу вигину, спричинену силами розпору, загальне напруження можна розрахувати за такою формулою

$$\sigma_c = K\sigma_u + \sigma_\theta \leq [\sigma]$$

де K – коефіцієнт запасу, обирається в проміжку 1,0...1,5.

Еквівалентні напруження валка розраховуються, використовуючи другу теорію міцності:

$$\sigma_{EKB} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{30,96 \cdot 10^{12} + 56,25 \cdot 10^{12}} = 31,85 \text{ МПа} . \quad (0.86)$$

$$\sigma_{EKB} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{32,67 \cdot 10^{12} + 56,25 \cdot 10^{12}} = 33,51 \text{ МПа}$$

Умова міцності валка:

$$\sigma_{EKB} \leq [\sigma]$$

де $[\sigma]$ – допустимі напруження для матеріалу, з якого виготовлений валок.

У випадку, коли еквівалентні напруження не переважають найбільших допустимих значень, значить конструкція валка є працездатною при наданих силових навантаженнях.

Висновок: Найбільші еквівалентні напруження у валку сягають 31,85 МПа (для першого варіанту) і 33,51 МПа (для другого варіанту). Два розрахованих значення не є вищими за 37,5 МПа, це означає, що міцність валка забезпечена.

5.3. Тепловий розрахунок верхнього виносного валків

Товщина шару полімеру, мм	1,5
Температура матеріалу на вході в каландр, С°	75
Установча потужність приводу, кВт	250
Характеристики теплоносія (води) :	
тиск, МПа	0,3
температура, С°	133
Кут захоплення матеріалу на верхньому валку, α_1°	90
Кут захоплення матеріалу на нижньому валку, α_3°	200
Довжина проміжку розплавленого матеріалу:	700
Від верхнього до дублюючого валка, l_1 , мм	
Довжина участка полімеру до дублюючого валка (від нижнього), l_1 , мм	1500
Розрахуємо енергетичний баланс валка за допомогою рівняння	

$$G_{сер} t_n + Q'_{дис} + Q_{нагр} = G_{сер} t_k + Q_{вит}$$

$G_{сер}$ – матеріал, що надходить на робочу поверхню, кг/с; C_p – питома теплоємність полімеру при температурі для переробки, 1420 Дж/(кг·К);

t_n – стартова температура полімеру на вході на валок, °С;

t_k – кінцева температура полімеру на виході з валка, °С;

$Q'_{\text{дис}}$ – Половина кількості теплової енергії, отриманої шляхом перетворення механічної енергії в теплову., Вт;

$Q_{\text{нагр}}$ – кількість теплової енергії, яка надходить до валка, Вт;

$Q_{\text{вит}}$ – теплові втрати валка в навколишнє середовище, Вт.

Використовуючи рівняння енергетичного балансу, розраховуємо:

$$Q_{\text{нагр}} = C_p(t_n - t_k) + Q_{\text{вит}} - Q'_{\text{дис}}.$$

Продуктивність по масі матеріалу буде однаковою в кожному з зазорів валків

$$G_1 = G_2 = G_3 = G_4$$

Для першого валку

$$G = V * L * \delta_1 * \rho$$

V – лінійна швидкість валка, заповненого масою, м/с;

L – довжина бочки валка машини, м;

δ_1 – міжвалковий зазор, м;

ρ – густина перероблюваного матеріалу при заданій температурі,

1350 кг/м³.

Тут $\delta_1 = 1,5 \text{ мм}$.

$$G = 0,4 * 1,73 * 1,5 * 10^{-3} * 1350 = 1,403 \text{ кг/с}.$$

Кількість енергії, що виділяється матеріалом при переробці та нагріванні від початкової до кінцевої температури

$$Q_{\text{пов}} = G * C_p(t_n - t_k),$$

де $Q_{\text{пов}}$ – кількість енергії, яку розсіює матеріал з валка, Вт;

G – масова продуктивність третього валка, кг/с;

C_p – теплоємність перероблюваного при температурі переробки, Дж/(кг·К);

t_n – стартова температура перероблюваного матеріалу після проходження валка, °С;

t_k – кінцева температура перероблюваного матеріалу перед входом до валка, °С;

$$Q_{\text{пов}} = 1,403 * 1420 * (100 - 75) = 49806 \text{ Вт.}$$

Визначаємо за допомогою співвідношення витрати теплоти з валка каландра

$$Q_{\text{вит}} = Q'_{\text{витр}} + Q''_{\text{витр}} ,$$

де $Q'_{\text{витр}}$ – втрати теплоти з поверхні третього валка, очищеного від матеріалу, Вт;

$Q''_{\text{витр}}$ – втрати теплоти з поверхні третього валка, покритого матеріалом, Вт.

Витрати теплоти з поверхні третього валка, очищеного від матеріалу, розраховуються таким способом:

$$Q'_{\text{витр}} = \alpha * F * (t_v - t_{\text{НС}}),$$

де α_3 – сумарний коефіцієнт тепловіддачі поверхнею третього валка в навколишнє середовище, Вт/(м²·град); F – площа поверхні валка, °С; t_b – температура поверхні валка, °С; t_{nc} – температура навколишнього середовища, °С.

Визначимо сумарний коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha = \alpha_K + \alpha_B,$$

де α_K – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньою поверхнею матеріалу повітря природньою конвекцією, Вт/(м²·град);

α_B – коефіцієнт тепловіддачі випроміненням поверхнею матеріалу, Вт/(м²·град);

Розраховуємо коефіцієнт α_K формулами

$$Nu = \frac{\alpha_K * D}{\lambda},$$

$$Nu = C(Pr * Gr)^n * k,$$

де Pr – критерій Прандтля, критерій повітря дорівнює Pr=0,71;

Gr – критерій Грасгофа

$$Gr = \frac{\beta * \Delta t * x^3 * g}{\nu^2},$$

де β – коефіцієнт об'ємного розширення для газів 1/К;

$$\beta = \frac{1}{T_{HC} + 273},$$

$T_{\text{nc}}=20^{\circ}\text{C}$ – температура навколишнього середовища

$$\Delta t = T - T_{\text{HC}},$$

x - визначний розмір, $x = D_{\text{в}}$;

$V = 14,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ – кінематична в'язкість повітря за температури $T_{\text{сер}} = \frac{T+T_{\text{HC}}}{2}$.

Коефіцієнти c, k та n в рівнянні Nu розраховуються через добуток $PrGr$.
Якщо $PrGr > 10^9$, то $c = 0,1$; $n = 1/3$; $k = 1$.

Коефіцієнт α_k розрахуємо з формули

$$\alpha_k = \frac{\lambda_T}{d} * Nu = \frac{\lambda_T}{d} * C (Pr * Gr)^n k,$$

де $\lambda_T = 2,58 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ – коефіцієнт теплопроводності повітря за середньої температури.

$$(Pr * Gr)' = \frac{9,81 * 0,71^3 * (150 - 20) * 0,71}{(14,9 * 10^{-6})^2 * 291} = 5,01 * 10^9 > 10^9.$$

Розрахуємо коефіцієнт тепловіддачі конвекцією за формулою

$$\alpha_k = \frac{2,58 * 10^{-2}}{0,71} * 0,1 * 10^3 * \sqrt{5,01} = 8,12 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}.$$

Розрахуємо коефіцієнт тепловіддачі зовнішньою поверхнею полімерної плівки повітря за рахунок теплового випромінювання

$$\alpha_{\text{в}} = E * C_0 * 10^{-3} * \frac{T^4 - T_{\text{HC}}}{T - T_{\text{HC}}},$$

де $E = 0,65$ - ступінь чорноти зовнішньої поверхні полімерної плівки;

$C_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – константа випромінювання абсолютно чорного тіла.

$$\alpha_{\text{в1}} = \frac{0,65 * 5,67}{130} \left[\left(\frac{438}{100} \right)^4 - \left(\frac{291}{100} \right)^4 \right] = 6,16 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град});$$

$$\alpha = 8,12 + 6,16 = 14,28_{\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})};$$

Втрати валка, у випадку повністю вільним від маси, складають

$$Q'_{\text{випр}} = \alpha * F * (t_B - t_{HC}) = 14,28 * 4,51 * 130 = 8372,36 \text{ Вт},$$

де $F = 4,51 \text{ м}^2$ – площа поверхні валка.

Величина дуги кола валка, де він вільний від маси $\gamma_v = 174^\circ$.

Втрати від третього валка там, де він вільний від маси

$$Q_{\text{випр}}^{III} = \frac{Q_{\text{випр}} * \gamma}{360}$$

$$Q_{\text{випр}}^{III} = \frac{8372,36 * 174}{360} = 4046,64 \text{ Вт}.$$

Так само розраховуємо втрати поверхнею валка, яка покриті шаром матеріалу.

$$(Pr * Gr)'' = \frac{9,81 * 0,71^3 * (150 - 20) * 0,71}{(14,9 * 10^{-6})^2 * 291} = 5,01 * 10^9 > 10^9,$$

$$\alpha_k'' = \frac{2,58 * 10^{-2}}{0,71} * 0,1 * 10^3 * \sqrt{5,01} = 8,12 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}.$$

Степінь чорноти валка, покритого плівкою $\epsilon = 0,94$

$$\alpha_B'' = \frac{0,94 * 5,67}{130} \left[\left(\frac{428}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right] = 10,73 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}.$$

$$\alpha_B'' = 8,12 + 10,73 = 18,85 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}.$$

Втрати третього валка, у випадку того щовін вес покритий матеріалом, сягають:

$$Q_{\text{вир}}'' = \alpha_B'' * F * (t_B - t_{HC}) = 1885 * 4,51 * 130 = 11051,75 \text{ Вт}$$

Втрати третього валка на поверхні, де він вкритий матеріалом

$$Q_{\text{вир}}^{II} = \frac{Q_{\text{вир}}'' * \gamma}{360},$$

$$Q_{\text{вир}}^{II} = \frac{11051,75 * (360 - 174)}{360} = 5710,07 \text{ Вт}$$

Сумарні витрати третього валка сягають

$$Q_{\text{втр}} = 5710,07 + 4046,64 = 9756,71 \approx 9757 \text{ Вт}$$

Дисипаційне виділення енергії в проміжках при проходженні розплаву при кожному зазорі.

$$Q'_{\text{дис}} = 27000 \text{ Вт}$$

$$Q''_{\text{дис}} = 49700 \text{ Вт}$$

$$Q'''_{\text{дис}} = 30300 \text{ Вт}$$

Приймаючи факт, що однакова кількість дисипаційної енергії випромінювалась в зазорі кожного валка розрахуємо:

$$Q'_{\text{дис1b}} = Q'_{\text{дис}}$$

Розрахуємо потужність нагрівальної системи валка

$$Q_{\text{нагр}} = Q_{\text{пов}} + Q_{\text{втр}} - Q_{\text{дис1b}}$$

$$Q_{\text{нагр}} = 30300 + 9757 - 27000 = 13057 \text{ Вт}$$

Розрахуємо витрату підігрівального теплоносія (у даному випадку перегрітої води) приймаючи факт, що температурна різниця на вході та виході сягає $\Delta t = 1^\circ \text{C}$.

$$G_B = \frac{Q_{\text{нагр}}}{C_p * \Delta t} \text{ м}^3/\text{год}$$

де G_B – витрата теплоносія;

$C_p = 4370 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ – теплоємність води,

$$G_B = \frac{13057}{4370 * 1} = 2,99 \text{ м}^3/\text{год},$$

Об'ємні витрати перегрітої води

$$V = \frac{G_B}{\rho_B} = \frac{2,99}{900} = 0,0033 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 11,9 \text{ м}^3/\text{год}$$

де $\rho_B = 900 \text{ кг/м}^3$ – густина перегрітої води.

Для обігріву першого, найбільш енергоємного та навантаженого валка, розхід теплоносія становить 11,9 м³/год.

5.3. Визначення гідравлічного опору каналів

системи терморегулювання валка

Метою цього підпункту є розрахунок гідравлічного опору який виникає на кожній ділянці з метою підбору насоса для транспортування теплоносія та електромотора для даного приводу.

Вихідні дані:

Теплоносій у валках – вода.

Температура води, °C	111
----------------------	-----

Об'ємна витрата теплоносія, м ³ /с	0,05
---	------

Параметри центрального каналу:

– діаметр отвору, м	0.15
---------------------	------

– Дзовн центральної труби, м 0.15

– Двнутр центральної труби, м 0.15

Характеристичні дані периферійних каналів:

– діаметр, м 0.035

– кількість 18

Параметри похилих каналів валка:

– діаметр, м 0.035

– кількість 36

загальні втрати по тиску Δp_v на подолання місцевих опорів та опору тертя на ділянках валка:

$$\Delta p_v = \sum \Delta p_i$$

де i – кількість ділянок валка

Опір i -ї ділянки розраховується формулою:

$$\Delta p_i = (\lambda_i \sum_i \frac{l_i}{d_{ei}} + \sum_j \xi_j) \frac{\omega_i^2 \rho_v}{2},$$

де λ – коефіцієнт тертя на i -й ділянці; l – довжина i -ї ділянки; d_{ei} – еквівалентний діаметр i -ї ділянки; ξ – коефіцієнт місцевого опору на i -й ділянці; ω – швидкість води на i -й ділянці; ρ_v – густина теплоносія (води).

1) Втрати по тиску в міжтрубному просторі центральної труби Δp_1 :

$$\Delta p_1 = \left(\lambda \frac{l}{d_e} + \xi \right) \frac{\omega^2 \rho}{2} = \left(0,056 * \frac{3,72}{0,15} + 1 \right) * \frac{0,205^2 * 919}{2} = 46,12 \text{ Па}$$

де $\xi=1$ при повороті у міжтрубному просторі на 90° .

Коефіцієнт тертя λ є залежним від величини критерію Рейнольдса: при ламінарному режимі ($Re < 2300$):

$$Re = \frac{\omega d_e \rho}{\mu} = \frac{0,205 * 0,115 * 919}{188 * 10^{-4}} = 1152$$
$$\lambda = \frac{63}{Re} = \frac{64}{1152} = 0,056.$$

Швидкість в міжтрубному просторі центральної труби:

$$\omega = \frac{4Q}{\pi(d_4^2 - d_1^2)} = \frac{4 * 0,274 * 10^{-2}}{3,14(0,15^2 - 0,075^2)} = 0,205 \text{ м/с.}$$

2) Втрати тиску в похилих каналах валка Δp_2 :

$$\Delta p_2 = \left(\lambda \frac{l}{d_e} + \xi \right) \frac{\omega^2 \rho}{2} = \left(0,3 * \frac{0,5}{0,25} + 1,2 \right) \frac{0,175^2 * 919}{2} = 101,3 \text{ Па,}$$

де ξ – визначаємо методом інтерполяції: $\xi=1,5$ при 180° , $\xi=1$ при 90° , отже $\xi=1,2$ при 115° .

Коефіцієнт тертя λ залежить від величини критерію Рейнольдса: при ламінарному режимі ($Re < 2300$):

$$Re = \frac{\omega d_e \rho}{\mu} = \frac{0,175 * 0,025 * 919}{188 * 10^{-4}} = 213$$
$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{63}{213} = 0,3$$

Швидкість в похилих каналах:

$$\omega = \frac{4Q}{\pi d^2 n} = \frac{4 * 0,274 * 10^{-2}}{3,14 * 0,025^2 * 32} = 0,175 \text{ м/с,}$$

де n – кількість похилих каналів.

3) Втрати тиску в периферійних каналах Δp_3 :

$$\Delta p_3 = \left(\lambda \frac{l}{d_e} + \xi \right) \frac{\omega^2 \rho}{2} = \left(0,42 * \frac{2,4}{0,034} + 1,05 \right) \frac{0,089^2 * 919}{2} = 112 \text{ Па,}$$

де ξ – визначається методом інтерполяції: $\xi=1,5$ при 180° , $\xi=1$ при 90° , отже $\xi=1,05$ при 115° за умови плавного повороту потоку теплоносія.

Коефіцієнт тертя λ є залежним від величини критерію Рейнольдса: при ламінарному режимі ($Re < 2300$):

$$Re = \frac{\omega d_e \rho}{\mu} = \frac{0,089 * 0,035 * 919}{188 * 10^{-4}} = 152,27$$

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{152,27} = 0,42.$$

Швидкість теплоносія в периферійних каналах:

$$\omega = \frac{4Q}{\pi d^2 n} = \frac{4 * 40,274 * 10^{-2}}{3,14 * 0,06^2 * 32} = 4,45 \text{ м/с},$$

4) Втрати тиску в центральній трубці Δp_4 :

$$\Delta p_4 = \left(\lambda \frac{l}{d_e} + \xi \right) \frac{\omega^2 \rho}{2} = \left(0,056 * \frac{3,72}{0,15} + 1 \right) \frac{0,155^2 * 919}{2} = 24,46 \text{ Па},$$

де $\xi=1$ при повороті у міжтрубному просторі на 90° .

Коефіцієнт тертя λ є залежним від величини критерію Рейнольдса: при ламінарному режимі ($Re < 2300$):

$$Re = \frac{\omega d_e \rho}{\mu} = \frac{0,155 * 0,115 * 919}{188 * 10^{-4}} = 1136.$$

Сумарні втрати тиску при проходженні води крізь валок каландра:

$$\Delta p = \Delta p_1 + 36\Delta p_2 + 18\Delta p_3 + \Delta p_4,$$

$$\Delta p = 46,12 + 36 * 101,3 + 16 * 112 + 24,46 = 5509,4 \text{ Па.}$$

5.4 Розрахунки для базової моделі модернізованого вузла

5.4.1 Розрахунок базового валка у програмі ANSYS 2020

Я вирішив використати програмне забезпечення ANSYS 2020, призначене для вирішення таких завдань. Було використано програмні модулі стаціонарного теплового аналізу та статичного структурного аналізу. Створюємо схему проекту **Stady-State Thermal** та **Static Structural**

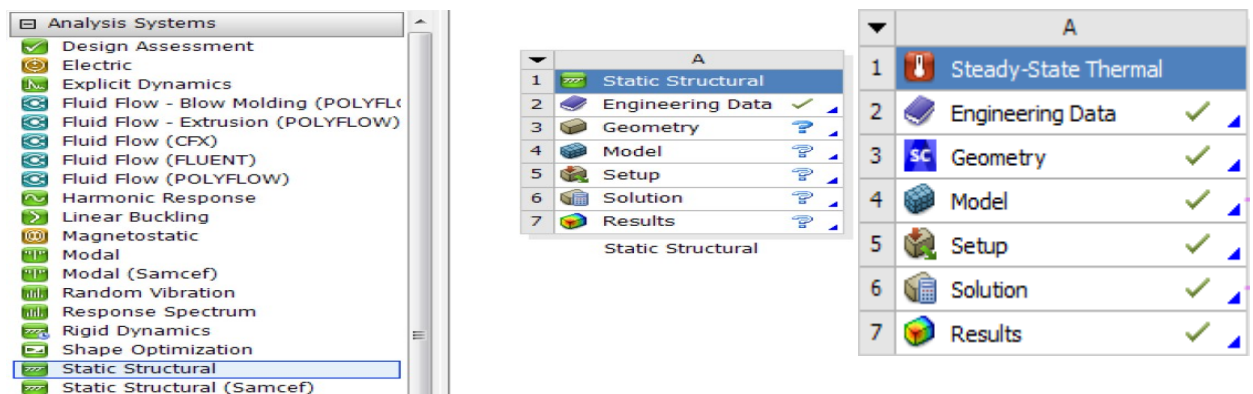


Рисунок 5.3 – створення середовища для виконання розрахунку

Модель було створено в SOLIDWORKS 2018 і збережено у форматі .stp. Щоб додати її до проекту, клацніть правою кнопкою миші на геометрії постійної теплопровідності, виберіть Імпорт геометрії та виберіть раніше створену модель Close Design Modeler.

Потім переходимо до стаціонарної теплової моделі. Задаємо середнє значення розміру елемента в меню Контур дерева > Деталі дерева проекту сіті > Розмір > Розмір елемента. Або скористаємося автоматичним вибором сітки. Якщо результат не є задовільним,

виправимо його вручну.

В розділі Стаціонарної теплового стану задаємо температуру ззовні та всередині деталі.

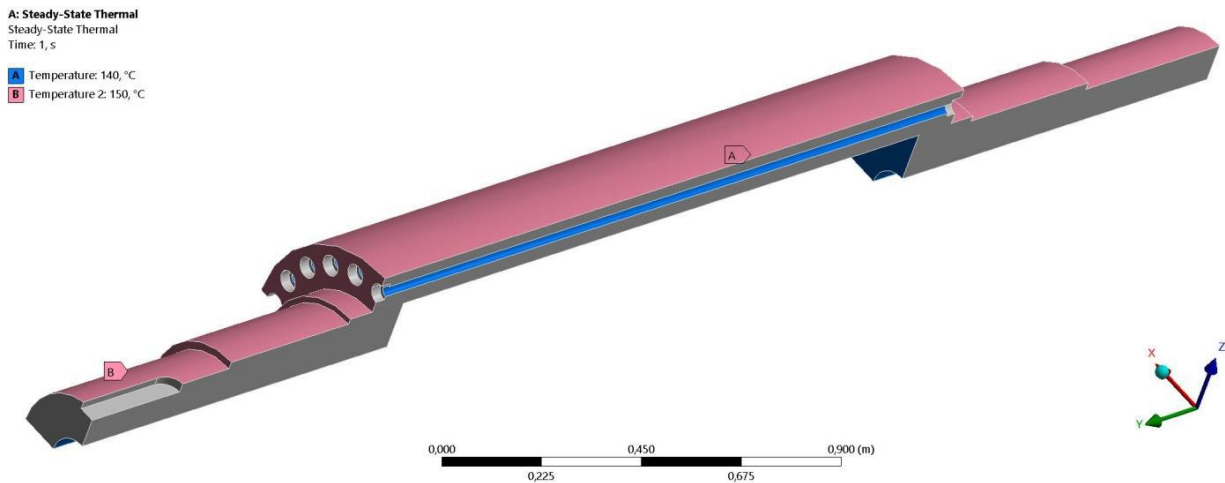


Рисунок 5.4 – схема задання температур в тілі

У розділі Розрахунок виберемо розрахунок, який хочемо побачити. У цьому випадку це температура і загальний тепловий потік.

На робочому столі переміщаємо модель з розділу Стаціонарний тепловий розрахунок та модель з розділу Статична конструкція і розв'язок Стаціонарний тепловий розрахунок на Налаштування статичної конструкції. Ці операції призведуть до наступних результатів:

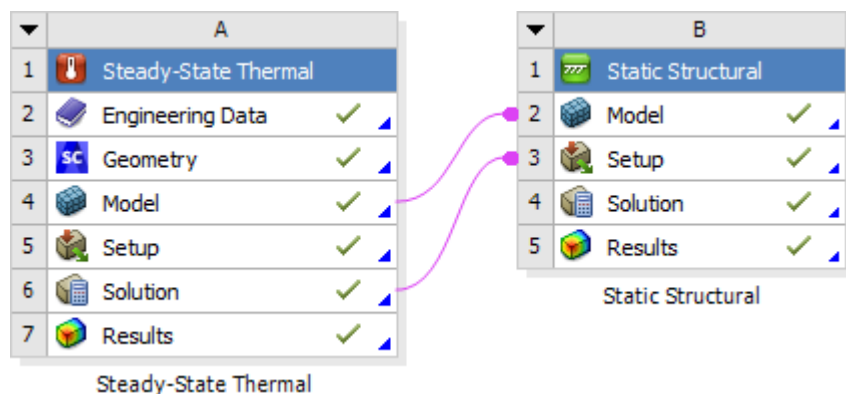
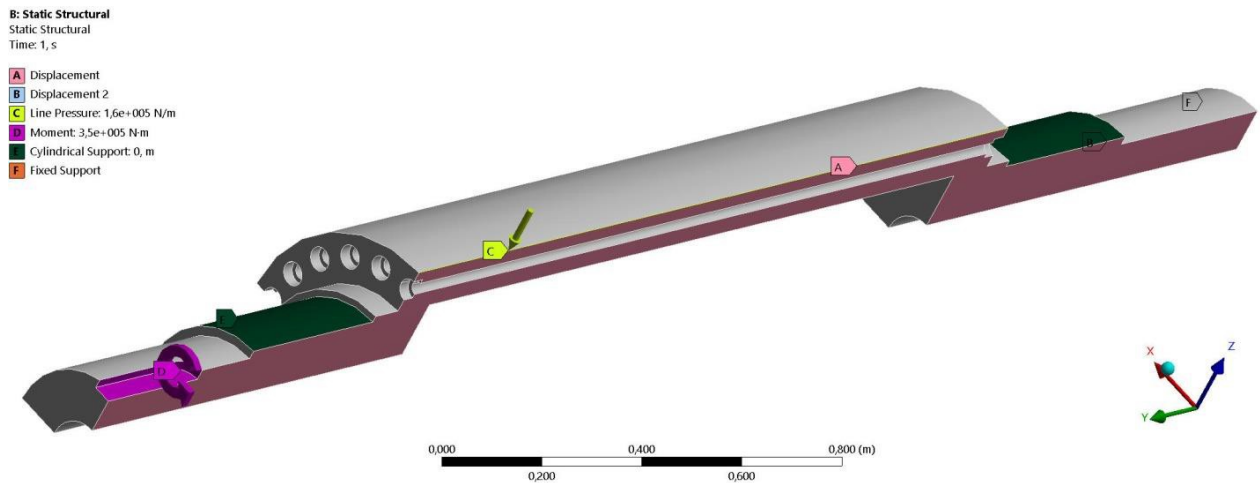


Рисунок 5.5 – розташування середовищ в робочому столі

Далі переходимо до середовища Static Structural > Model (Статична Структура > Модель). Після додавання моделі та сіті до попереднього



середовища, ми переходимо безпосередньо до налаштувань Fixtures and Forces. Оскільки у нас є чверть деталі, нам потрібно змінити їх так, щоб розрахунки виконувалися для всієї деталі.

Рисунок 5.6 – закріплення та сили, що діють на тіло

Далі перейдемо до розділу Розв'язок. Тут додаємо результати, які хочемо побачити: повну деформацію, еквівалентну пружну деформацію, еквівалентне напруження і коефіцієнт запасу міцності. Команда Розв'язати використовується для розрахунку заданого тіла.

Згідно з отриманими результатами, основними "критичними" факторами для оцінки збірок є тепловий потік (total heat flow), сумарна деформація (total deformation) і коефіцієнт запасу міцності (safety factor)..

Першим кроком є оцінка механічних характеристик вузла. Коефіцієнт запасу міцності допомагає визначити, чи є компонент фатально деформованим. Щоб визначити це, коефіцієнт в даному розрахунку повинен бути більше 1,2 ($k > 1,2$).

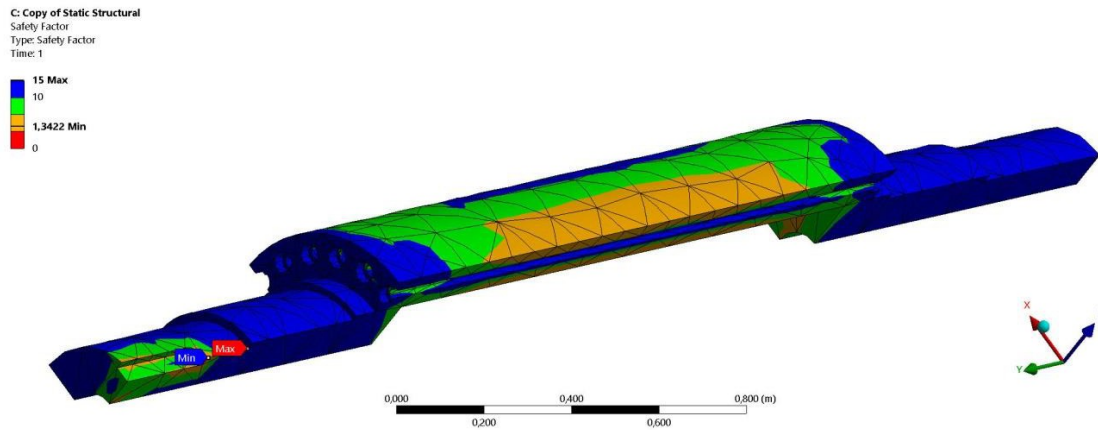


Рисунок 5.7 – результат розрахунку запасу міцності

Розрахунки показали задовільний коефіцієнт запасу міцності, тобто більше 1,2. Це означає, що компонент не зламається.

Далі необхідно подивитися на результати повної деформації, які показують розташування і величину найбільш напружених зон. (Рисунок 5.8).

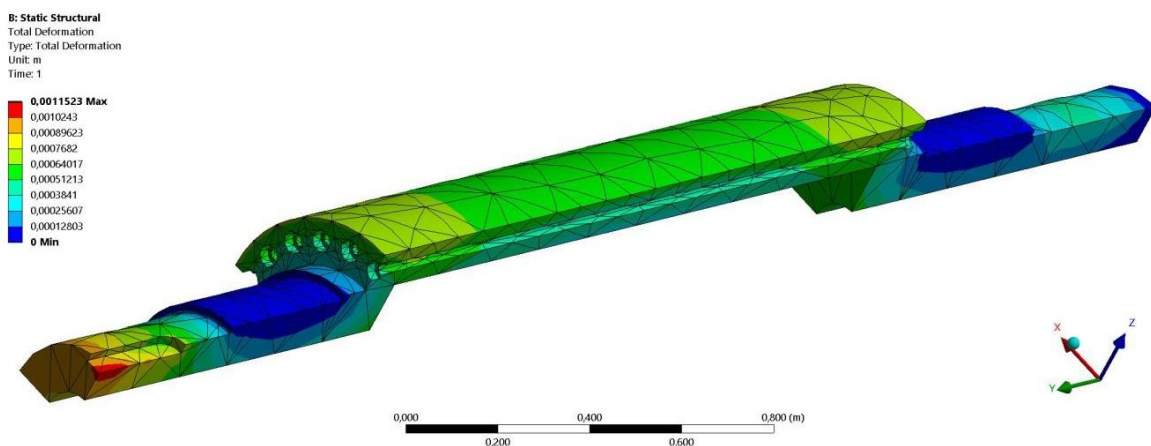


Рисунок 5.8 – результат розрахунку загальних деформацій

На малюнку видно, що шпонковий паз є найбільш напруженою і деформованою зоною.

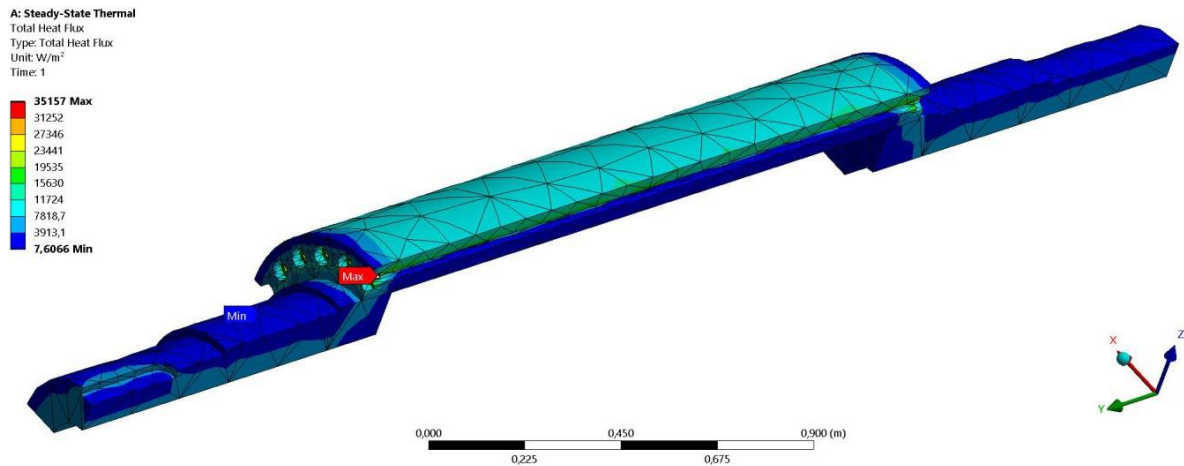


Рисунок 5.9 – результат розрахунку теплового потоку

Це пов'язано з прикладеним крутним моментом. Ділянка деформована на 1,15 мм, що є прийнятним значенням.

Після того, як визначено, що конструкція витримує навантаження, можна переходити до основного результату - визначення величини теплового потоку на робочій поверхні валка (рис. 5.8).

5.4.2 Розрахунок модернізованого валка у програмі ANSYS 2020

Для модернізованої моделі потрібні ті самі кроки, що описані в розділі 5.4.1. Тому для модернізованої моделі представлені лише діаграми температури, навантаження та налаштування пристосування (рис. 5.10-5.11). Важливо отримати результати і порівняти їх з результатами базової моделі.

A: Steady-State Thermal
Steady-State Thermal
Time: 1, s

A Temperature: 140, °C
B Temperature 2: 150, °C

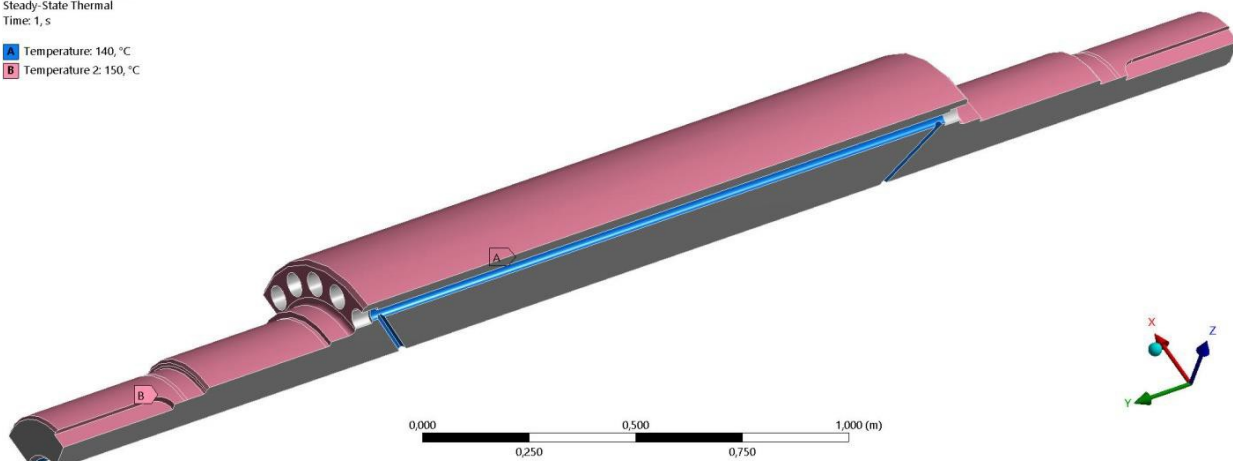


Рисунок 5.10 – схема задання температур в модернізованому валку

B: Static Structural
Static Structural
Time: 1, s

A Displacement 2
B Displacement
C Line Pressure: 1,6e+005 N/m
D Cylindrical Support: 0, m
E Moment: 3,5e+005 N·m
F Fixed Support

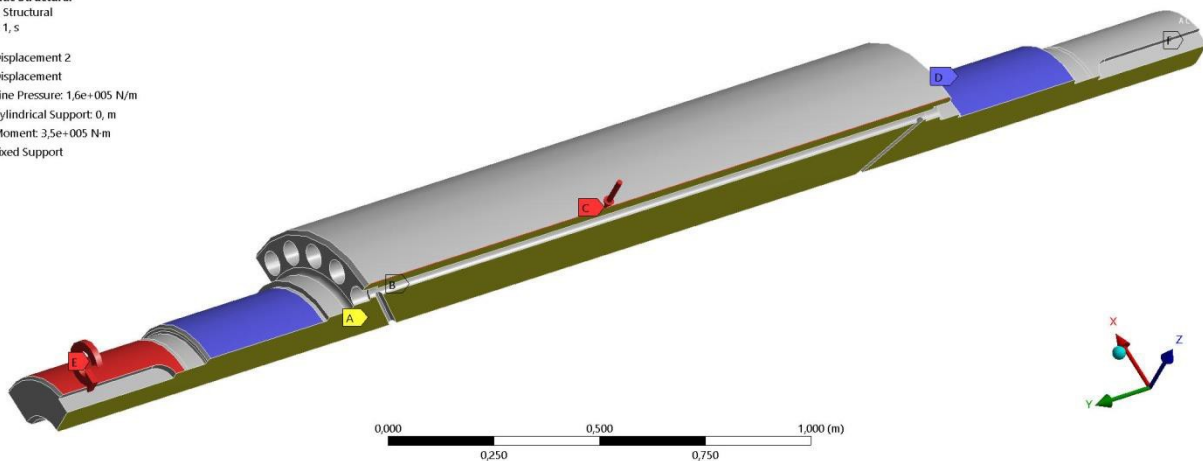


Рисунок 5.11 – схема задання температур в модернізованому валку

Знову ж таки, необхідно оцінити механічні властивості, такі як запас міцності та загальна деформація.

A: 1
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1

15 Max
10
5
1,2489 Min
0

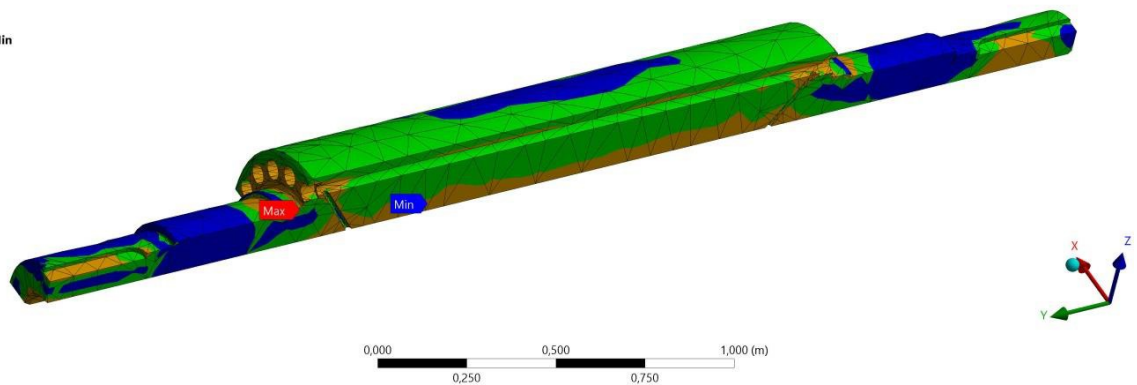


Рисунок 5.12 – результат розрахунку запасу міцності

B: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: m
Time: 1

0,00097697 Max
0,00086842
0,00075987
0,00065131
0,00054276
0,00043421
0,00032566
0,0002171
0,00010855
0 Min

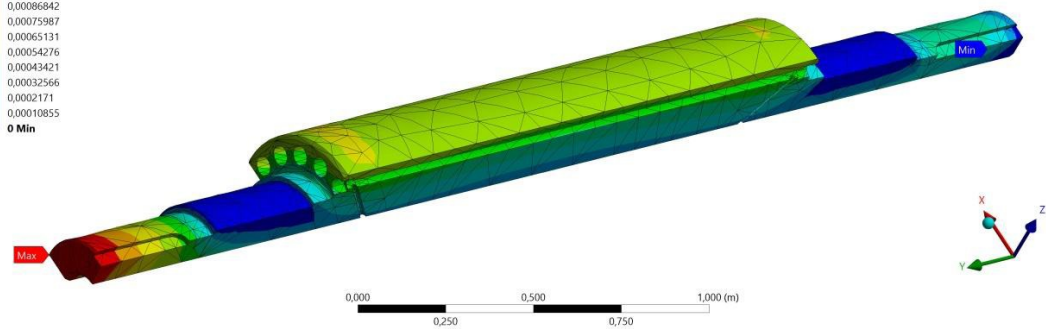


Рисунок 5.13 – результат розрахунку загальних деформацій

Результати показують, що механічні властивості модернізованого агрегату майже ідентичні механічним властивостям базового агрегату. Це свідчить про те, що модернізований блок витримує навантаження, які до нього застосовуються.

A: Steady-State Thermal
Total Heat Flux
Type: Total Heat Flux
Unit: W/m²
Time: 1

25165 Max
22369
19573
16777
13981
11185
8388,4
5592,3
2796,2
0,021075 Min

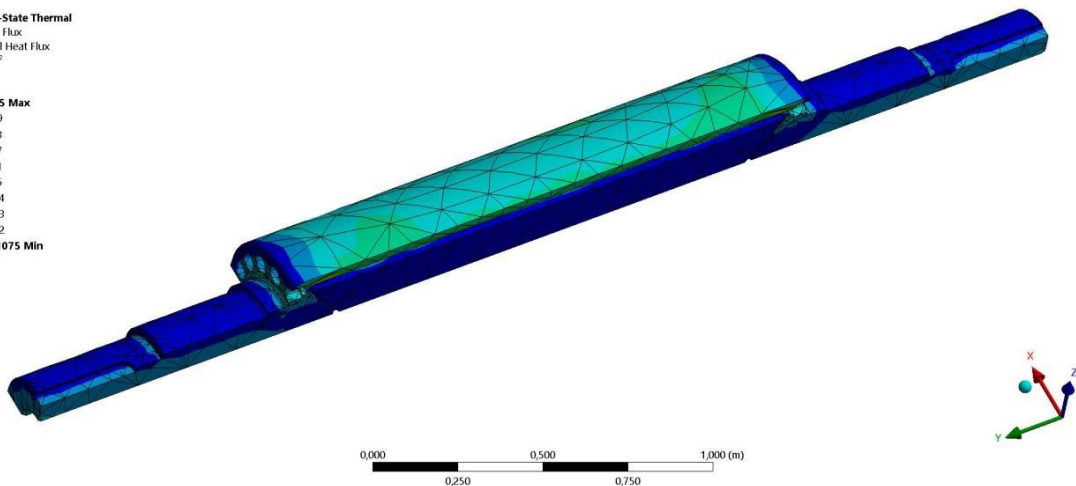
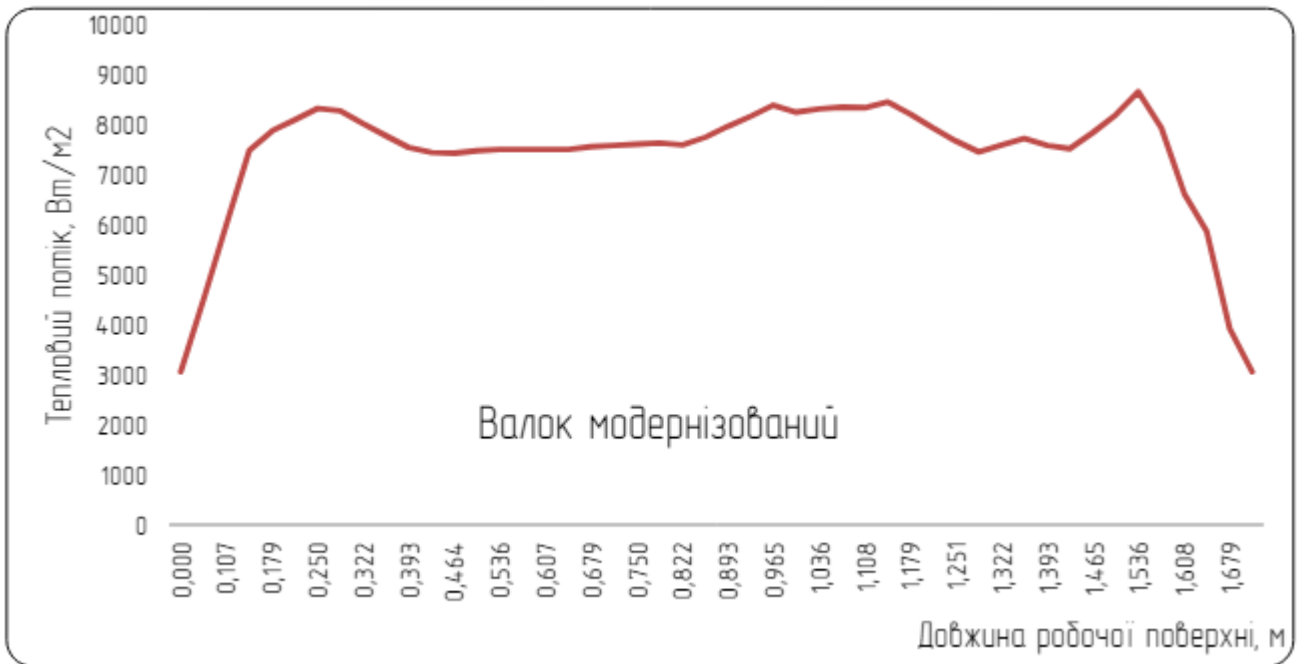


Рисунок 5.14 – результат розрахунку теплового потоку



Графік 5.1 - розподіл теплового потоку по робочій поверхні валка

На зображенні видно, що тепловий потік по робочій поверхні валка значно зменшився. Для більш достовірних результатів слід побудувати графік (рис. 5.1) і розрахувати середнє значення по поверхні.

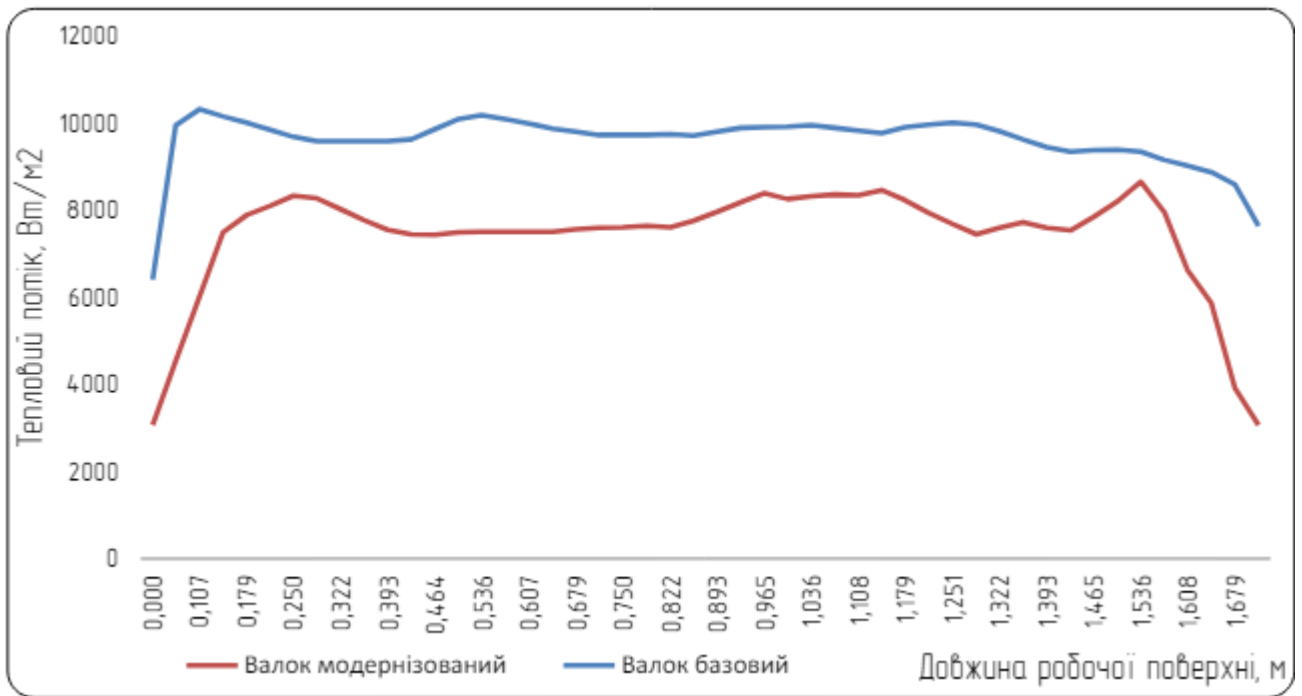
Середнє значення теплового потоку по довжині оброблюваної поверхні.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{n} (x_1 + \dots + x_n).$$

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{352355,8}{48} = 7340,74 \text{ Вт/м}^2$$

Для того, щоб кількісно оцінити вплив модернізації валків на параметри установки, необхідно визначити, наскільки змінився тепловий потік. Для цього було побудовано графік, який краще ілюструє різницю між базовою та

модернізованою моделями (рис. 5.2), а результати були визначені у відсотках від середнього розподілу теплового потоку на робочій поверхні.



Графік 5.2 розподіл теплового потоку по робочій поверхні обох валків. Визначимо зменшення середнього теплового потоку в мод. валку, де

$$\Delta = \left| \frac{Q_{c.mod} - Q_{c.baz}}{Q_{c.baz}} \right| \cdot 100\% = \left| \frac{7340,74 - 9453,56}{9453,56} \right| \cdot 100\% = 22,34\%$$

$Q_{c.mod}$ та $Q_{c.baz}$ – тепловий потік модернізованого та базового валків.

Висновок:

Використовуючі дані, отримані при моделюванні та тепловому розрахунку модернізованого валка, ми можемо констатувати, що тепловий потік зменшився на 28%, що дозволяє нам зменшити витрати на підігрів або охолодження робочої рідини (теплоносія). Це також зменшить знос теплової станції та суттєво спростить роботу персоналу.

коло машини. Підвищуючи ефективність теплообміну робочої поверхні з теплоносієм, ми можемо констатувати, що тим самим, ми можемо підвищити продуктивність виготовлення продукції шляхом збільшення швидкості вальцювання розплаву. Це дозволить нам зменшити собівартість виготовленої продукції.

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це розділ, у якому розглядаються типи небезпеки на виробництві, методи їх уникнення, захисту працівників від травматизму на виробництві та послідовність дій у разі аварій, чи наданні домедичної допомоги потерпілим. Розділ базується на сукупності законо-нормативних документів та актів. Також у розділі розглядаються та покращуються технічні та організаційні заходи, що направлені на зниження ризиків під час роботи на виробництві та підвищення безпеки на робочому місці.

На кожному виробництві існують різні типи небезпечних чи шкідливих факторів, що загрожують здоров'ю працівників. Відповідно, для кожного виробництва розробляються свої заходи для покращення питання безпеки.

Проте, всі заходи базуються на нормативних актах, що затверджені на законодавчому рівні в Україні. Основними законодавчими документами є: [21], [22], ПУЕ зі внесеними змінами станом на 15.02.2017.

Мій дипломний проєкт: «Лінія для виробництва стрічки з модернізацією каландра». Виробництво полімерної стрічки відбувається у виробничому приміщенні, для якого і буде розглядатись охорона праці. Площа приміщення $S = 800 \text{ м}^2$; Об'єм $V = 4000 \text{ м}^3$.

При експлуатації, обслуговуванні та ремонті даної машини виникають наступні шкідливі фактори:

- Забруднення повітря в робочій зоні;

- Можливість ураження електричним струмом;
- Підвищений рівень шуму;
- Можливість виникнення пожежної небезпеки;
- Можливість травмування рухомими частинами механізму.

6.1 Повітря робочої зони

На виробництві при роботі з каландром у регулюванні якості повітря звертають увагу на три основні чинники:

- Температура;
- Відсутність шкідливих речовин у повітрі;
- Вологість.

Усі норми можна знайти в акті [22]. Температуру для теплої та холодної пори року, а також відносну вологість наведено в таблиці. Категорія роботи – легка Ia

Період року	Категорія роботи – легка Ia		
	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
	Фактична	Фактична	Фактична
Холодний або перехідний	25÷28	60 ÷ 50	0,2
Теплий	27 ÷ 30	60 ÷ 40	0,2

Для регулювання якості повітря та його вологості встановлюють спеціалізовану централізовану вентиляційну систему з фільтрами.

Для додаткового захисту рекомендую використовувати респіраторні маски з клапаном видиху, вони дешеві і захищають легені від шкідливих речовин.

Для обігріву у холодну пору року використовується централізована опалювальна система. Для підтримки сталої температури в теплу пору року

встановлюються вентиляційні отвори з вентиляторами.

6.2 Ураження електричним струмом

Згідно до діючих правил нормативного акту ПУЕ зі внесеними змінами станом на 15.02.2017 визначено, що виробничний цех відноситься до приміщення з підвищеною небезпекою ураження струмом. Живлення машин відбувається трифазною напругою 220/380 В, з частотою 50 Гц та ізолюваною нейтраллю. У коландра є певна особливість у системі живлення: кожен валок живиться від окремого електродвигуна. Отже на одну машину приходиться 4 електродвигуни.

Виділяють основні причини ураження електричним струмом:

- Неякісна ізоляція;
- Пробивання на корпус машини;
- Несправність електродвигунів.

Для захищення працівників на всіх механізмах, що знаходяться під напругою, встановлюються відповідні таблички, усі силові кабелі ховають у захисні металеві рукава. На виробництві обов'язково встановлюються рубильники для екстерного знеструмлення машини чи цеху (за потреби). Окрім цього, усі працівники проходять інструктаж, щодо поводження з машинами під напругою а також інструктаж з домедичної допомоги у випадку ураження електричним струмом.

Обов'язково потрібно, щоб на виробництві була аптечка, в котрій буде нашатирний спирт. Також потрібний певний ящик, у котрому будуть діелектричні рукавиці та сокира з дерев'яною рукояткою, у випадку якщо прийдеться перерубувати проводку.

6.3 Шум

Проблема підвищеного шуму на виробництві також присутня.

Основні джерела підвищеного шуму на виробництві:

- Електродвигуни;
- Редуктор;
- Валки коландра (у випадку неякісного змащування);
- Система охолодження;

Ризики, які несе підвищений шум:

- Часткова чи повна втрата слуху;
- Підвищений тиск;
- Контузія;
- Шок та дезорієнтація;

Відповідно до «[21], на виробництві існує два типи шуму:

- Імпульсивний, максимальний рівень якого не повинен перевищувати 125 дБА;
- Такий, що коливається та переривається в часі, рівень для якого відповідно становить 110 дБА максимум.

Для зниження рівня шуму вдаються до наступних технологічних заходів:

- Планувальні (врахування розміщення машин в приміщенні);
- Звукоізоляційні (звукова ізоляція певних механізмів, що призводять до високого рівня шуму);
- Технічні (перевірка устаткування та використання сучаснішого з нижчим рівнем шуму);

Для персонального захисту впроваджують графік праці/відпочинку для зниження безперервного впливу шуму на організм. Також рекомендую

купувати протишумові навушники Delta Plus INTERLIGHT.

6.4 Пожежна безпека

При недотриманні правил безпеки та поведінки на робочому місці може відбутися пожежна небезпека. Виробниче приміщення відповідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016 має категорію В – пожежо-небезпечна.

Для мінімізування можливості виникнення пожежі дуже велику увагу приділяють технічному аспекту, а саме:

- Справність усього електричного устаткування;
- Справність системи опалення;
- Дотримання всіх вимог під час планування розміщення усіх машин та механізмів на виробництві.

Усе електричне устаткування, система опалення, вентиляційна система, а також механізми що мають мастило всередині регулярно проходить перевірку на відсутність несправностей.

Кожен працівник цеху проходить інструктаж з поведінки при пожежній небезпеці та правил надавання першої домедичної допомоги постраждалим. На виробництві обов'язково присутня аптечка з нашатирним спиртом, стерильними бинтами та пов'язками.

Також, обов'язковим елементом на виробництві є вогнегасник. Для виробництва потрібні вогнегасники, котрими можна гасити пожежі класів А, В і С. Найкращим варіантом є вуглецеві порошкові вогнегасники ОП-5 з масою суміші 5 кг. Відповідно до вимог, прописаних у ДСТУ Б В.1.1-36:2016, норма складає 1 кг суміші на 10 квадратних метрів. З розрахунку отримуємо, що на виробництво потрібно 16 таких вогнегасників. Розміщення вогнегасників здійснюється з урахуванням технологічних вимог виробництва.

6.5 Рухомі частини механізмів

Технічна лінія має купу рухомих деталей. Усі вони можуть завдати фізичних пошкоджень при несправностях чи невідповідній поведінці.

Можна зазнати наступних пошкоджень від рухомих деталей:

- Переломи;
- Подряпини;
- Глибокі поранення;
- Розриви м'язів;
- Гематоми;
- Сильне пошкодження або відриви кінцівок.

Деякі деталі сховані у спеціальні каркаси. Такі каркаси виготовляються з наступними варіаціями:

- Виготовленні з листового металу;
- З металевої сітки;
- З пластмаси;

Такі каркаси є стаціонарними. У стаціонарних каркасів є два типи частин: Змінні та відкидні. Змінні прикріплені до основи та є нерухомими, під час ремонту чи налагодження механізму вони не знімаються. Відкидні зазвичай робляться з прозорого пластику в металевому каркасі і вони є подвижними. Встановлюються вони для можливості безперешкодного налагоджування механізму чи спостереження за його працею.

Усі працівники обов'язково проходять інструктаж з роботи з машинами на виробництві. Також, на всіх машинах є кнопка екстерного вимкнення.

ВИСНОВКИ

Мною було розроблено розділ охорона праці згідно теми «Лінія для

виробництва стрічки з модернізацією каландра». Я розглянув можливі небезпеки на виробництві.

Згідно з нормативними документами, було розроблено технічні та організаційні заходи, що передбачають зниження впливу небезпечних факторів на здоров'я працівників.

Деякі фактори потребують додаткового екіпірування для працівників. А саме захист від шуму та захист від впливу шкідливих речовин в повітрі. Усі відповідні рішення я навів при конкретному розборі даних факторів.

Інші фактори (пожежна безпека, електрозахист та захист від рухомих механізмів) мають мінімальну небезпеку через вжиті попередньо технічні заходи відносно них.

7. Технологія машинобудування

7.1 Опис та призначення деталі

Корпус є деталлю станкобудування для точної установки вала та підшипників до нього. Наявність на основній поверхні А $\varnothing 45$, отвору під вал та на поверхні Б $\varnothing 80$, чотирьох отворів під гвинти М4 і товстостінної жорсткої конструкції вказує на те, що на стакан в процесі експлуатації діють великі навантаження.

Корпус відноситься до класу корпусних деталей і може бути призначений для установки в ній складальних одиниць та деталей, встановлених в отвори $\varnothing 60H7$ у виробі шляхом створення необхідного натягу.

У машині корпус базується на поверхні Б та протилежній їй чотирма гвинтами М4.

12,5 ✓ (✓)

Корпус виготовляється зі сталі 40 ДСТУ 7809

Марка :	40
Заміна:	35, 45, 40Г
Класифікація :	Сталь конструкційна вуглеродна, якісна
Применение:	труби, поковки, кріпильні деталі, вали, диски, ротори, фланці, зубчасті колеса, втулки для тривалої служби при температурах до 425 град.

Види поставки матеріалу 40

В62 – Труби зі сталі	ДСТУ 8936:2019;
----------------------	-----------------

Хімічний склад в % матеріалу 40 ДСТУ 7809

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
0.37 - 0.45	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.25

Температура критичних точок матеріалу 40.

$A_{c1} = 724$, $A_{c3}(A_{cm}) = 790$, $A_{r3}(A_{rcm}) = 760$, $A_{r1} = 680$
--

Механічні властивості при T=20°C матеріалу 40 .

Сортамент	Розмір	Напр.	σ_b	σ_T	σ_s	σ	KCU	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	-
Труби гарячекатані			600	340	16			

Твердість 40 , Прокат гарячекатаний ДСТУ 7809	HB 10 ⁻¹ = 217 МПа
---	-------------------------------

Знаючи тип виробництва, матеріал деталі і її конфігурацію, можна використовувати для отримання заготовки метод прокату для створення труби. Для цього матеріалу підходить варіант гарячого прокату

Корпус являє собою корпусну деталь. Аналіз технологічності конструкції корпусу дозволяє зробити наступні висновки:

- дозволяє обробку поверхні А під отвір Ø45 з обох сторін і подальше розширення для отримання потрібних діаметрів в отворі.

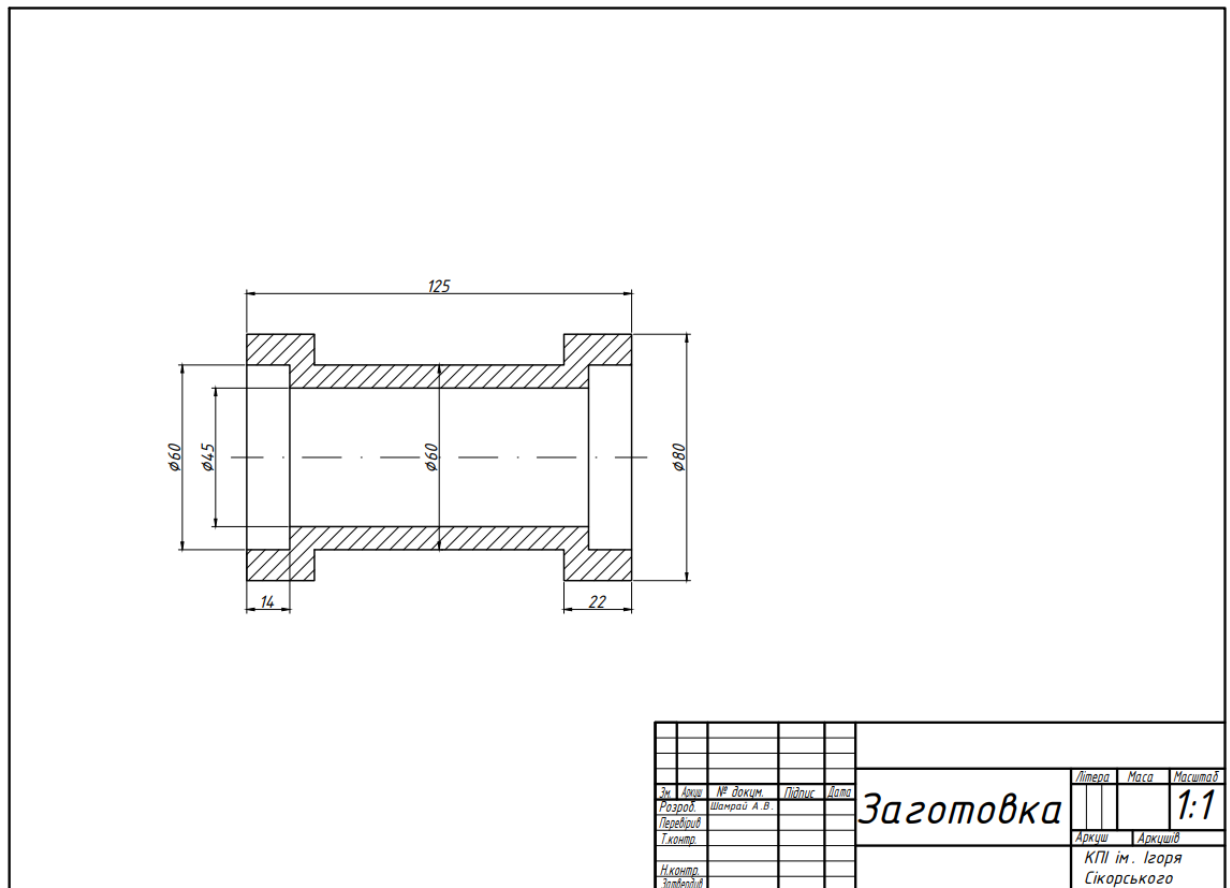
- конструкція корпусу забезпечує вільний доступ ріжучого і вимірювального інструмента до оброблюваної поверхні.
- всі оброблювані поверхні і отвори, або паралельні, або розташовані під прямим кутом один до одного.
- відрізняється високою жорсткістю і допускає високі режими різання і широке використання підвищених режимів різання.
- деталь має точні поверхні достатньо великих розмірів, які можна обробити стандартним інструментом.
- Деталь має 4 глухих точних отвори під гвинти М4

Відповідно до вимог креслення і в результаті аналізу конструкції корпусу приходимо до висновку, що найбільш доцільно використати гарячекатану трубу з зовнішнім діаметром Ø80 мм довжиною 22 мм з обох сторін, та з зовнішнім діаметром Ø60 між ними, та з центральними наскрізним отвором Ø45 мм, та центральними отворами Ø60 мм, довжиною 14 мм.

Такий вибір буде економічно вигідним, через те що матеріал дуже легко піддається прокату і з такою формою заготовки втрати матеріалу будуть мінімальні.

При прокаті потрібно отримати точну заготовку.

-точність виготовлення: 0.05...0.1 мм.



7.3 Технологічний процес виготовлення деталі

Корпус відноситься до класу "корпусні деталі", тому технологічний процес складається з таких етапів:

- обробка значної за розмірами площини, яка служить у подальшому чистовою установочною базою;
- чорнове і чистове розточування (свердління, зенкерування) основних отворів корпусної деталі;
- для отримання заданої перпендикулярності торців деталі до осей точних основних отворів, виконується остаточна обробка цих торців чистовим фрезеруванням, або тонким точінням (базою при цьому служить точний

отвір).

- чорнова і чистова обробка значних за розміром площин фрезеруванням або протягуванням;
- доведення до кінцевих розмірів основних точних отворів тонким розточуванням, розвертанням, протягуванням, шліфуванням (хонінгуванням) тощо;
- свердління і розвертання чотирьох точних глухих отворів під гвинти (4x15 мм);
- вирізання пазів та фасок;
- фрезерування невеликих другорядних площин головним чином за один перехід;
- свердління, нарізання різьби, zenкерування, розвертання неглибоких отворів з різних боків заготовки;

Виходячи з цього:

- отвір Ø60H7 – чорнове і чистове розточування;
- отвір Ø45 – чорнове і чистове розточування;
- отвір Ø60H7 – чорнове і чистове розточування;
- поверхні Ø80 – чорнове і чистове точіння;
- поверхня Ø60 – чорнове і чистове точіння;
- 4 отвори Ø4 довжиною 15 мм – свердління, нарізання різьби
- фаски – чорнове торцеве фрезерування.

Операція 005. Токарна

Заготовку всановлюється у токарний трикулачковий патрон за Ø80, при

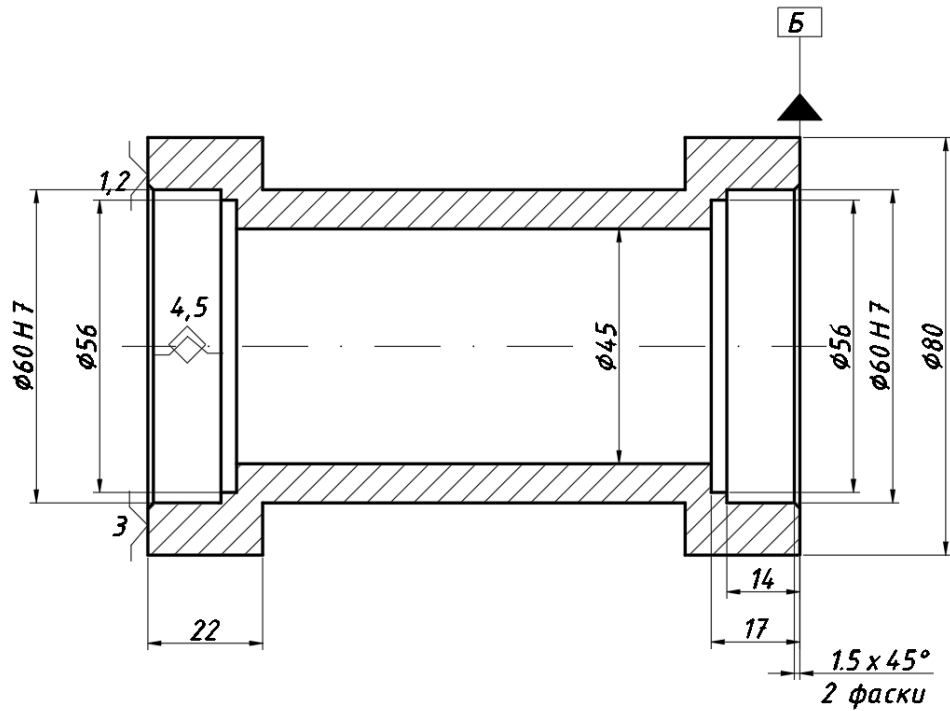
цьому торець виступає установчою базою і забезпечує три опорні точки, а поверхня Б є напрямною базою і забезпечує дві опорні точки.

1. Підрізати торець Ø80 начорно;
2. Точити Ø80 начорно, начисто;
3. Точити поверхню Ø60 начорно, начисто;

Операція 010. Токарна

Заготовка встановлюється у токарний трикулачковий патрон за Ø80, при цьому торець Ø80 виступає установочною базою і забезпечує три опорні точки, а зовнішня поверхня В є напрямною базою і забезпечує дві опорні точки.

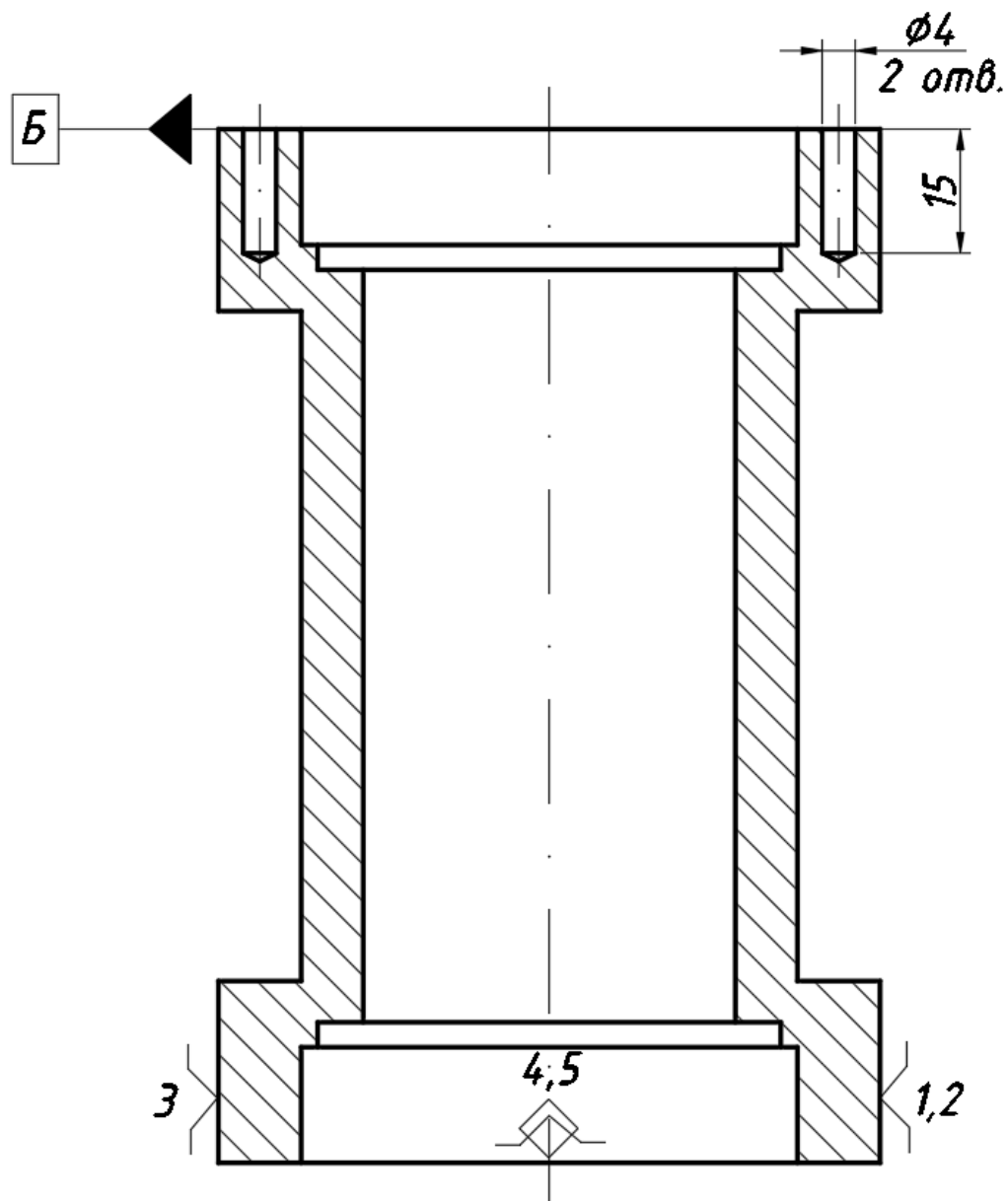
1. Підрізати торець Ø80 начорно;
2. Точити Ø80 начорно, начисто;
3. Розточити отвір Ø60 начорно;
4. Розточити отвір Ø60H7 начорно, начисто;
5. Зняти фаску 1,5x45° начорно, начисто;
6. Вирізати отвір Ø56;
7. Розточити отвір Ø56 начорно, начисто;
8. Розточити отвір Ø60 начорно;
9. Розточити отвір Ø60H7 начорно, начисто;
10. Зняти фаску 1,5x45° начорно, начисто;
11. Вирізати отвір Ø56;
12. Розточити отвір Ø56 начорно, начисто



Операція 015. Вертикально-свердлильна

Заготовка встановлюється на свердлильному станку обробленою площею В що є установчою платформою і дає три точки опору. Ще дві опорні точки надаємо зажимаючи деталь в призмі.

1. Розсвердлити 2 отвори $\varnothing 4$ та довжиною 15 мм
2. Нарізати різьбу 2 отворів $\varnothing 4$



Операція 020. Вертикально-свердлильна

Заготовка встановлюється на свердлильному станку поверхнею Б що є установчою платформою і дає три точки опору. Ще дві опорні точки надаємо зажимаючи деталь в призмі.

1. Розсверлити 2 отворів $\varnothing 4$

2. Нарізати різьбу 2 отворів Ø4

7.2 Вибір пристосування

У середньосерійному і масовому виробництві високопродуктивне універсальне і спеціальне обладнання підбирається з урахуванням сумісності основних розмірів робочого органу верстата з габаритними розмірами оброблюваної заготовки і досягнення необхідної точності і використання мінімальної кількості різних моделей верстатів. Для досягнення високої якості та продуктивності при виготовленні деталей на всіх операціях використовується спеціальне обладнання для швидкого закріплення заготовок відповідно до рекомендацій, наведених в інструкціях.

Обробка здійснюється стандартним інструментом. Матеріал ріжучих частин кінцевих фрез і фрез - твердий сплав ВК-6, рекомендований для обробки сталі. Для досягнення максимальної продуктивності при попередньому фрезеруванні рекомендується використовувати фрези з невеликим діаметром, на 10-20% більшим, ніж ширина оброблюваної поверхні, і з великою кількістю зубів.

Для свердління, розвертання отворів і нарізання різьби використовують інструмент із швидкорізальної сталі Р6М5.

Операція 005, 010. Токарна

Обробка проводилась на токарному верстаті моделі 16К20 з наступними характеристиками : максимальний діаметр обробки по станині - 400 мм,

відстань між центрами - 710; 1000; 1400; 2000 мм, максимальний розмір заготовки по супорту - 220 мм, максимальний діаметр оброблюваного прутка - 50 мм, кількість ступенів частоти обертання шпинделя - 24, частота обертання шпинделя - 12,5... 1600 хв-1, тип шпинделя 1-6К по ДСТУ 2752-94, максимальний перетин фрези на супорті - 12,5... 1600 хв-1, шпиндель 1-6К по ДСТУ 2752-94, максимальний переріз фрези на супорті - 25*25 мм, кроки подач: 22 поздовжніх, 24 поперечних, подача на оберт шпинделя: 0,05-2,8 мм/об в поздовжньому напрямку, 0,025-1,4 мм/об в поперечному напрямку, потужність електродвигуна 8 кВт, розміри верстата 2505 x 1190 мм, класифікація складності ремонту: 19.

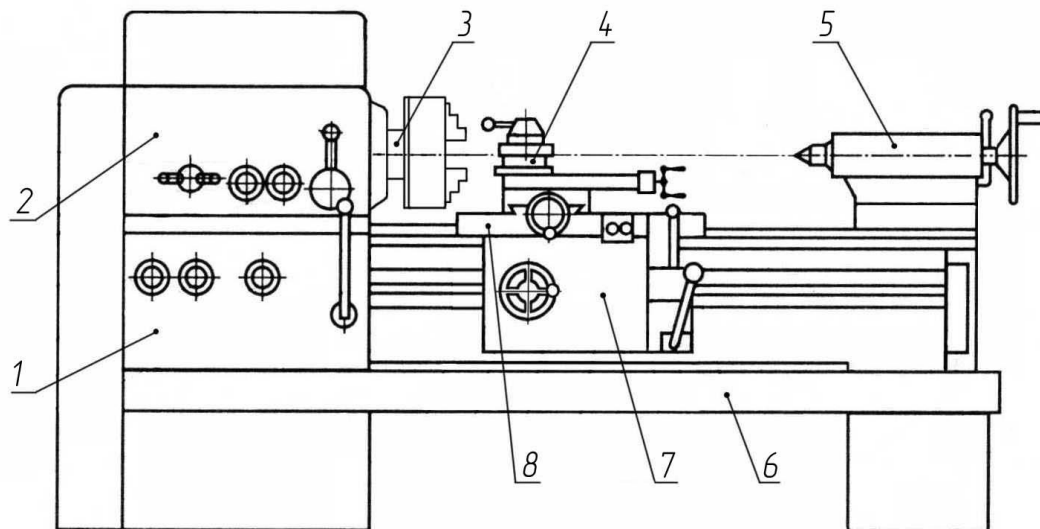


Рис 2.1 - Схема токарно-гвинторізного верстата 16K20

1 - коробка подач, 2 - передня бабка з коробкою швидкостей, 3 - шпиндель, 4 - різцетримач, 5 - задня бабка, 6 - станина, 7 - фартух, 8 - супорт

Операція 015-020. Вертикально-свердлильна

Свердління виконується з розміром столу 250x320 мм, конусність отвору по Моосу №4; частота обертання шпинделя 21°: 25; 31,5; 40; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500 об/хв.

Максимальне зусилля подачі $P = 1250$ кг; Максимальний крутний момент $M = 35,5$ кг; Потужність електродвигуна $N = 3$ кВт; Ефективна потужність $N = 0,8 \cdot 3 = 2,4$ кВт. з одним провідником для ручного затиску заготовки. Для свердління - спіральне свердло зі швидкорізальної сталі R6M5 з нормальним конусом.

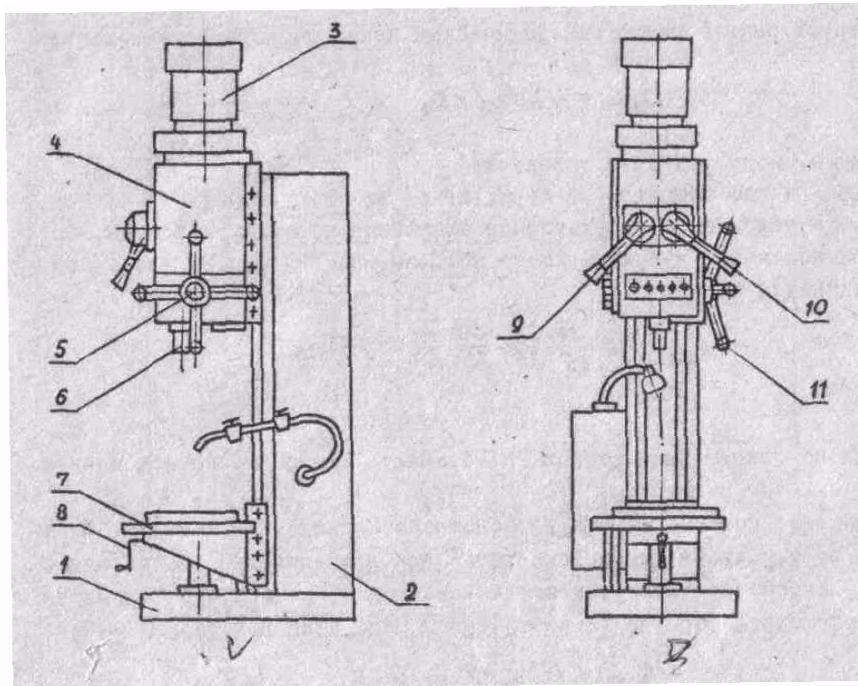


Рис. 2.2 – Схема вертикально-свердильного верстату 2Н125

Фундаментна плита 1, колона 2, електродвигун 3, свердильна головка 4, кнопка включення ручної подачі 5, шпиндель 6, робочий стіл 7, рукоятка для підйому та опускання столу 8, рукоятка перемикання швидкостей 9, рукоятка перемикання подач 10, штурвал для підйому 11.

Дубл.																			
Взамін.																			
Підпис																			
Розробив	Чомський А.М.																		
Перевірів	Борщук С.О.																		
Н. контр.																			
М01	СТАЛЬ 40 ДСТУ 7809																		
	Код	ОВ	МД	ОМ	Н.роз	КВМ	код.загот	Профіль і розміри	КД	МЗ									
М02		Кз		1					1										
А	Цех	Уч	Рм	Опер	Код, найменування операції					Позначення документу									
Б	Код, найменування обладнання					См	Проф.	Р	Уп	Кр	Коод	Он	Оп	Кшт	Тп.з	Т.шт			
А01				005	3608	Токарна					60141.00001; 20141.00001; 10П№XX-XX								
Б02	38261.XXXX					Токарно-гвинторізний верстат 16K20		18632	3	10	1	1	1	50	1				
03																			
А04				010	3608	Токарна					60141.00002; 20141.00002; 10П№XX-XX								
Б05	38261.XXXX					Токарно-гвинторізний верстат 16K20		18632	3	10	1	1	1	50	1				
06																			
А07				015	4233	Свердлильна					60141.00003; 20141.00002; 10П№XX-XX								
Б08	38261.XXXX					Вертикально-свердлильний верстат 2Н125		18632	3	10	1	1	1	50	1				
09																			
А10				020	4233	Свердлильна					60141.00004; 20141.00002; 10П№XX-XX								
Б11	38261.XXXX					Вертикально-свердлильний верстат 2Н125		18632	3	10	1	1	1	50	1				
12																			
А13																			
Б14																			
15																			
А16																			
Б17																			
18																			
МК	Обробка різанням																		

Висновок

У процесі розробки технологічного процесу виготовлення корпусної деталі «Корпус» було виконано наступне:

- розглянуто застосування деталі та особливості її конструкції;
- проаналізовано деталь та створено ескізи заготовки;
- створено план механічної обробки поверхні стакану;
- вибрано метод виготовлення заготовки;
- розроблено маршрут виготовлення корпусу.
- розроблені маршрутна карта, карта ескізів та операційна карта.

Література

1. ДСТУ 7809:2019 Труби зі сталі. Загальні технічні умови.
2. http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=30
Характеристики матеріалу сталь 40.
3. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B5_%D0%B2%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%BE Серійне виробництво.
4. Навчальне видання “Технологія машинобудування. Методичні рекомендації до вивчення дисципліни”. Уклад. С.С. Добрянський, Ю.М. Малафєєв, В.К. Фролов. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017 – 92 с.
5. ДСТУ 3.1127:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів

Висновки

Мною було виконано дипломний проект на тему «Лінія для виробництва плівки з модифікацією каландра». Метою проекту було вивчення принципу дії, конструкції каландра та проведення модернізації.

Принцип дії лінії було розглянуто на технологічній схемі. Було проведено аналіз конструкції та виявлено неефективність процесу теплообміну валків, через щоби розглянуті сучасні рішення модернізації конструкції та застосовані для валків Г-подібного каландра. Були проведені аналітичні розрахунки на міцність модернізованої конструкції та її тепловий розрахунок. Зроблені розрахунки в сучасних програмах, які показали нам збільшення ефективності теплообміну поверхні на 28% що є прекрасним показником. Збільшення ефективності теплообміну поверхні валка дозволить нам використовувати більший спектр матеріалів, які можуть бути як високотемпературними, так і низькотемпературними, що дає нам можливість забезпечити як і прозорість для аморфних матеріалів, так і високі механічні показники для напівкристалічних матеріалів.

Для проведення модернізації було обрано патент № 124146 U, який виступив основою для моєї модернізації. Використовуючи цю модернізацію, ми збільшуємо ефективність терморегулювання поверхні валка за рахунок зменшення відстані від робочої поверхні до каналів теплоносія.

В розділі Охорона праці було проаналізовано небезпеки для життя персоналу а також шкідливі фактори під час експлуатації лінії.

Було виконано розрахунки у сучасній програмі ANSYS 2020, було розраховано коефіцієнт запасу міцності, тепловий потік та загальні

деформації. Загальні деформації робочої поверхні валка склали 70мкм, що є задовільним результатом. Коефіцієнт запасу міцності сягає 1,248, що також є задовільним результатом.

У розділі Технологія машинобудування було створено технологічний процес виготовлення деталі, підбір заготовки для неї, створено операції та підібрано обладнання для них. Також було створено операційні карти, маршрутні карти та карти ескізів.

Отже, модернізація каландра є стратегічним кроком для підвищення ефективності та конкурентоспроможності виробництва, що сприяє забезпеченню сталого розвитку та успішному функціонуванню підприємства у сучасних умовах.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Автоматизированное проектирование валковых машин для переработки полимеров / Ю. Е. Лукач, Л. Г. Воронин, В. Н. Бондаренко и др. – К.: Техника, 1988. – 208 с.
- [2] Лукач Ю. Е., Рябинин Д. Д., Метлов Б. Н. Валковые машины для переработки пластмасс и резиновых смесей. – М.: Машиностроение, 1967. – 296 с.
- [3] Бекин Ю. Е. Расчет технологических параметров и оборудование для переработки резиновых смесей в изделия. – Л.: Химия, 1987. – 272 с.
- [4] Рябинин Д. Д. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей / Д. Д. Рябинин, Ю. Е. Лукач. – М.: Машиностроение, 1972. – 272 с.
- [5] Переработка пластмасс: Справ. пособие / Под ред. В. А. Брагинского. – Л.: Химия, 1985. – 256 с.
- [6] Требования к оформлению текстовой документации: Метод. указания /

В. Н. Марчевский – К.: КПИ, 1989. – 64 с.

[7] Щербина В.Ю., Лелека С.В., Безверхий І.О. Методологія проектування. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2024. 119 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/67997>

[8] Конструкции каландров и схемы переработки на них пластических масс и резиновых смесей / И. О. Микулёнок, С. А. Рощупкин, Ю.Е. Лукач и др. – К., 1989.

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

[10] Н.І. Басов, Ю.В. Казанков, В.А. Любартович Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов М. Химия 1986. – 360 с.

[11] "Polymer Processing: Principles and Design" by Donald G. Baird 2014. 270 с.

[12] Handbook of Manufacturing Engineering and Technology by Andrew Yeh Ching Nee –2021. – 253 с.

[13] Shcherbina V. Yu., Chemerys A . O., Mosiichuk O. A. Computer-aided design of calender roll. Modern engineering and innovative technologies, 2024, №33-01, pp.66-71 DOI:10.30890/10.30890/2567-5273.2024-33-01

[14] Пат. України № 55177 U, МПК (2009) В29С 43/24 (2009/01), В29В 7/00, заявл. 30.04.2009, опубл. 26.10.2009.

[15]. Пат. України № 120214 U, МПК В29В 7/62, заявл. 27.04.2017, 25.10.2017, Бюл.№ 20

[16]. Пат. України № 104323 U, МПК В29С 43/46, заявл. 07.07.2015, опубл. 25.01.2016, Бюл.№ 2

[17] Пат. України № 124144, МПК В29В 7/58, заявл. 02.10.2017, опубл. 26.03.2018

- [18]. Пат. України № 116061 , МПК5 В29В 7/62, заявл. 24.10.2016, опубл. 10.05.2017, бюл. № 9.
- [19] Пат. України № 66229 U, МПК В29В 7/56, заявл. 16.06.2011, опубл. 26.12.2011
- [20] Пат. України № 630 U, МПК В29В 7/58 7/56, заявл. 23.12.1999, опубл. 16.10.2000
- [21] Пат. України № 94733 U, МПК В29В 7/58 7/52, заявл. 20.06.2014, опубл. 25.11.2014
- [22] Пат. України № 104486 U, МПК (2006) В29С 43/24 (2006/01), заявл. 12.05.2012, опубл. 10.02.2016.
- [23]. Пат. України № 124146 U, МПК В29С 43/46, заявл. 02.10.2017, опубл. 26.03.2018, Бюл.№ 6.
- [24] ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
- [25] ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Таблиця розглянутих патентів

Таблиця А.1 – Розглянуті патенти

№	Предмет пошуку	№ свідоцтва, країна, автор	Зміст запропонованого вдосконалення
1	Валок валкових машин з вдосконаленою системою охолодження	55177 U, Україні Винахідники: Мікульонок Ігор Олегович; Кудренко Олександр Олександрович	Винахід покращує теплообмін за рахунок зменшення товщини матеріалу між робочою поверхнею та каналом охолодження, також використовується турбулізатор для очищення каналів
2	Валок валкових машин з вдосконаленою системою охолодження	120214 U Україна, Винахідники: Мікульонок Ігор Олегович; Шаповал Андрій Андрійович ; Руденок Максим Валентинович	Винахід за рахунок модернізації покращує теплообмін між робочою поверхнею та теплоносієм, що забезпечує біль рівномірне температурне поле
3	Удосконалення ножа для повздовжнього розрізу матеріалу	104323 U, Україна Винахідники: Мікульонок Ігор Олегович; Квітко Дмитро Сергійович	Ніж має спеціальне теплоізоляційне покриття, що забезпечує вирішення проблеми відводу тепла від леза ножа
4	Удосконалення упорного гвинта механізму регулювання	124144, Україна Винахідники: Мікульонок Ігор Олегович; Гаращук Віталій Іванович	Конструктивне рішення дозволяє легше та швидше встановлювати гнучку оболонку у вузол та знімати її з нього

Продовження таблиці А.1

5	Удосконалений валок валкової машин	116061 Україна, Винахідники: Мікульонок Ігор Олегович	Порожнина бочки має змінний діаметр, що збільшує момент опору у центральній частині
6	Змінне положення валків з новим підшипниковим закріпленням	66229 U, Україна, Винахідники: Сівецький Володимир Іванович; Сокольський Олександр Леонідович; Рябінін Дмитро Дмитрович; Щербина Валерій Юрійович; Рослов Олександр Валерійович	Рішення ефективно регулює величину перехрещення валків, підвищує продуктивність та полегшує обслуговування
7	Обмежувальна стріла для валкових машин	630 U, Україна, Винахідники: Мікульонок Ігор Олегович	Спрощує процес обслуговування машини, запобігає виникненню зазорів між валками
8	Удосконалений валок валкових машин	94733 U, Україна, Винахідники: Мікульонок Ігор Олегович; Шевченко Вадим Сергійович	Створення похилих каналів охолодження валка та додавання пробок підвищує ефективність охолодження

Продовження таблиці А.1

9	Пристрій знімання листів з каландра	104486 У, Україна, Винахідники: Двойнос Ярослав Григорович; Айдінов Олексій Сергійович	Встановлення додаткових валів полегшує знімання листів з каландра
10	Удосконалена система охолодження валка	124146 У, Україна, Винахідники: Мікульонок Ігор Олегович; Байбурдов Яніс Кіріакович	Удосконалення охолодження досягається за рахунок специфічної конструкції валка

ДОДАТОК Б
Специфікації складальник креслеників

[illegible]

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание				
Справ. №		А1			ЛП-02.197254.001-70	Каландр Г-подібний	1					
										Документація		
										Складальні одиниці		
							1	ЛП-02.197254.002-70	Редуктор КЦ70-Л	1		
							2	ЛП-02.197254.003-70	Основа	1		
							3	ЛП-02.197254.004-70	Валок	1		
							4	ЛП-02.197254.005-70	Валок	1		
							5	ЛП-02.197254.006-70	Валок	1		
							6	ЛП-02.197254.007-70	Стріли обмежувальні	2		
							7	ЛП-02.197254.008-70	Доска обмежувальна	1		
							8	ЛП-02.197254.009-70	Кожух	1		
							9	ЛП-02.197254.010-70	Кожух	1		
							10	ЛП-02.197254.011-70	Кожух	1		
							11	ЛП-02.197254.012-70	Пристрій для підводу теплоносія	3		
							12	ЛП-02.197254.012-70	Комунік. густого змащування	1		
							13	ЛП-02.197254.014-70	пристрій закатоchnий	1		
							14	ЛП-02.197254.015-70	Пристрій підводу теплоносія	1		
							15	ЛП-02.197254.016-70	Пристрій для повернення кромки	2		
							16	ЛП-02.197254.017-70	Пристрій розкаточний	1		
		17	ЛП-02.197254.018-70	Пристрій аварійний	2							
		18	ЛП-02.197254.019-70	Пристрій аварійний	2							
		19	ЛП-02.197254.020-70	Ролик направляючий	6							
		20	ЛП-02.197254.021-70	Ніж для обрізування кромки	1							
		21	ЛП-02.197254.022-70	Пристрій ріжучий	1							
		22	ЛП-02.197254.023-70	Живник	2							
Подп. и дата												
Взам. инв. №												
Инв. № дубл.												
Подп. и дата												
Изм. Лист												
Разраб.												
Пров.												
Н.контр.												
Утв.												
Инд. № подл.												
Лит.												
Лист												
Листов												
Каландр Г-подібний												
НТУУ "КПІ												
ім.І.Сікорського ІХФ												
Копировал												
Формат												
А4												

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		23	ЛП-02.197254.024-70	Комунікація повітряна	1	
		24	ЛП-02.197254.025-70	Кожух	4	
		25	ЛП-02.197254.026-70	Кожух	1	
		26	ЛП-02.197254.027-70	Механізм регулювання зазору	3	
		27	ЛП-02.197254.028-70	Механізм регулювання зазору	3	
		28	ЛП-02.197254.029-70	Огородження	1	
		29	ЛП-02.197254.030-70	Пристрій розширювальний	1	
		30	ЛП-02.197254.031-70	Механізм вибору зазора	4	
		31	ЛП-02.197254.032-70	Система змащування	1	
		32	ЛП-02.197254.033-70	Станція густого змащування	1	
		33	ЛП-02.197254.034-70	Розводка дротів	1	
		34	ЛП-02.197254.035-70	Пульт керування	1	
		35	ЛП-02.197254.036-70	Установка клапанів	1	
		36	ЛП-02.197254.037-70	Трубопровід	1	
		37	ЛП-02.197254.038-70	Трубопровід	1	
		38	ЛП-02.197254.039-70	Трубопровід	1	
		39	ЛП-02.197254.040-70	Трубопровід	1	
		40	ЛП-02.197254.041-70	Трубопровід	1	
		41	ЛП-02.197254.042-70	Установка перетвор пірометричного	4	
		42	ЛП-02.197254.043-70	Кожух	1	
		43	ЛП-02.197254.044-70	Трубопровід	1	
		44	ЛП-02.197254.045-70	Муфта	1	
		45	ЛП-02.197254.046-70	Трубопровід	1	
		46	ЛП-02.197254.047-70	Кронштейн	1	
		47	ЛП-02.197254.048-70	Трубопровід	1	
		48	ЛП-02.197254.049-70	Кронштейн	1	
		49	ЛП-02.197254.050-70	Шестерня z=30 m=18	1	
		50	ЛП-02.197254.051-70	Лапа	8	
		51	ЛП-02.197254.052-70	Шестерня z=30 m=18	2	
		52	ЛП-02.197254.053-70	Лапа	2	
		53	ЛП-02.197254.054-70	Шестерня z=30 m=18	2	
		54	ЛП-02.197254.055-70	Шестерня z=30 m=18	2	

Інв. № подл.	Подп. і дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЛП-02.197254.001-70					Лист
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	2

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
		55	ЛП-02.197254.056-70	Вікно	4		
		56	ЛП-02.197254.057-70	Установка електродвигуна приводу валків	1		
				Деталі			
		57	ЛП-02.197254.058-70	Шкала	4		
		58	ЛП-02.197254.059-70	Плита	1		
		59	ЛП-02.197254.060-70	Підкладка	2		
		60	ЛП-02.197254.061-70	Підкладка	4		
		61	ЛП-02.197254.062-70	Прокладка	4		
		62	ЛП-02.197254.063-70	Штанга	1		
		63	ЛП-02.197254.064-70	Корпус підшипника	1		
		64	ЛП-02.197254.065-70	Прокладка $\phi 68/33$ Проніт ПОН-1	16		
		65	ЛП-02.197254.066-70	Кришка	1		
		66	ЛП-02.197254.067-70	Прокладка 26/21 Пароніт ПОН-1	4		
		67	ЛП-02.197254.068-70	Кришка	1		
		68	ЛП-02.197254.069-70	Пластина опорна Лист Ст3	4		
		69	ЛП-02.197254.070-70	Клин верхній	4		
		70	ЛП-02.197254.071-70	Кришка	2		
		71	ЛП-02.197254.072-70	Кришка	2		
		72	ЛП-02.197254.073-70	Палець	4		
		73	ЛП-02.197254.074-70	Гвинт	6		
		74	ЛП-02.197254.075-70	Гвинт М36х200	4		
		75	ЛП-02.197254.076-70	Зірочка підкладка	1		
		76	ЛП-02.197254.077-70	Підкладка	2		
		77	ЛП-02.197254.078-70	Шпонка	2		
		78	ЛП-02.197254.079-70	Шпонка вивідна	2		
		79	ЛП-02.197254.080-70	Шестерня $z=105$ $m=12$	1		
		80	ЛП-02.197254.081-70	Болт спеціальний	2		
		81	ЛП-02.197254.082-70	Шестерня $z=39$ $m=12$	1		
		82	ЛП-02.197254.083-70	Гайка спеціальна	2		
		83	ЛП-02.197254.084-70	Табличка заводська	1		
Інв. № подл.				ЛП-02.197254.001-70			Лист
							3
Ізм. / Лист		№ докум.		Підп.	Дата		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		84	ЛП-02.197254.085-70	Шпонка	1	
		85	ЛП-02.197254.086-70	Кронштейн	6	
		86	ЛП-02.197254.087-70	Упор	6	
		87	ЛП-02.197254.088-70	Штанга	1	
		88	ЛП-02.197254.089-70	Напівкільце	48	
		89	ЛП-02.197254.090-70	Кільце дистанційне	1	
		90	ЛП-02.197254.091-70	Фланець	1	
		91	ЛП-02.197254.092-70	Планка	28	
		92	ЛП-02.197254.093-70	Кришка	2	
		93	ЛП-02.197254.094-70	Гвинт М24х160	4	
		94	ЛП-02.197254.095-70	Шкала	2	
		95	ЛП-02.197254.096-70	Тримач	2	
		96	ЛП-02.197254.097-70	Стрілка	2	
		97	ЛП-02.197254.098-70	Шпонка	2	
		98	ЛП-02.197254.099-70	Гайка	6	
		99	ЛП-02.197254.100-70	Прокладка	6	
		100	ЛП-02.197254.101-70	Кришка з 2-х половинок	6	
		101	ЛП-02.197254.102-70	Пята	6	
		102	ЛП-02.197254.103-70	Шайба упорна з 2-х половинок	6	
		103	ЛП-02.197254.104-70	Прокладка з 2-х половинок	6	
		104	ЛП-02.197254.105-70	Стріла	4	
		105	ЛП-02.197254.106-70	Прокладка	4	
		106	ЛП-02.197254.107-70	Втулка	2	
		107	ЛП-02.197254.108-70	Втулка	2	
				Стандартні вироби		
		108		Масилка 1.2Ц6 ГОСТ19853-74	1	
		109		Масилка 25УХ/11 ГОСТ20905-81	4	
		110		Підшипник 8324 ГОСТ6874-75	6	
		111		Підшипник 3628 ГОСТ5721-75	1	
		112		Підшипник 3628 ГОСТ5721-75	1	
Інв. № подл.	Поз.	ЛП-02.197254.001-70				Лист
						4
Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		113		Вікно	1	
		114		Прокладка	1	
		115		Прокладка	4	
		116		Оправа 2У-265 ГОСТ3029-75	4	
		117		Лампа накаливання	1	
				230-240-15 ГОСТ2239-70		
		118		Ланцюг зПР-25, 4-6000	1	
				L=3900 ГОСТ135-68-75		
		119		Ланцюг зПР-25, 4-6000	1	
				L=3900 ГОСТ135-68-75		
		120		Болти ГОСТ7798-70	38	
		121		M6 *16.48.019	6	
		122		M6 *20.48.06	22	
		123		M8 *20.48.06	12	
		124		M8 *35.48.06	114	
		125		M10 *20.48.019	1	
		126		M10 *20.48.06	22	
		127		M10 *30.48.06	48	
		128		M12 *30.48.06	30	
		129		M12 *35.48.019	8	
		130		M12 *40.48.06	18	
		131		M12 *50.48.06	32	
		132		M16 *30.48.06	46	
		133		M16 *35.48.019	6	
		134		M16 *40.48.06	10	
		135		M16 *60.48.06	8	
		136		M16 *70.48.06	4	
		137		M16 *80.48.06	12	
		138		M16 *130.48.019	24	
		139		M20 *40.48.06	28	
		140		M20 *60.48.06	52	
		141		M20 *100.48.06	42	

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЛП-02.197254.001-70					Лист
										5
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

Копировал

Формат А4

[illegible]

ДОДАТОК В
Лістинг програми розрахунку

Розрахунок методом програмування мовою С++

Визначення потужності приводу каландра

Лістинг програми

```
#include <iostream>
#include <cmath>

const double eta1 = 0.99; // ККД електродвигуна
const double eta2 = 0.99; // ККД втулково-пальцевої муфти
const double eta3 = 0.90; // ККД блок-редуктора
const double eta4 = 0.99; // ККД зубчастої муфти
const double eta5 = 0.90; // ККД універсального шпинделя
const double eta_PG = eta1 * eta2 * eta3 * eta4 * pow(eta5, 2); // ККД групового привода

double calculate_N_P(double Ni_sum, double eta_PG) {
    return Ni_sum / eta_PG;
}

double calculate_N_B1(double M_Bi, double omega_Bi) {
    return M_Bi * omega_Bi;
}

double calculate_N_PV(double M_Bi, double V_B, double R_B, double eta_PV) {
    return (M_Bi * V_B) / (R_B * eta_PV);
}

double calculate_eta_PV() {
    return eta1 * eta2 * eta3 * eta4 * eta5;
}

double calculate_G_Bi(double G, double phi) {
    return (G * (3 + phi)) / 4;
}
```

```

double calculate_G(double L, double delta_li, double V_i, double rho_P) {
    return L * delta_li * V_i * rho_P;
}

double calculate_V_T(double G_T, double rho_T, double S_T) {
    return G_T / (rho_T * S_T);
}

double calculate_S_T(double G_T, double rho_T, double n_T, double d_T) {
    return (4 * G_T) / (rho_T * n_T * M_PI * pow(d_T, 2));
}

int main() {
    // Вихідні дані
    double M_Bi_sum[] = {17.0, 17.4, 18.9, 11.0};
    double V_B[] = {0.25, 0.33, 0.37, 0.37};
    double R_B = 0.355;
    double eta_PV = calculate_eta_PV();

    // Розрахунок потужностей для кожного валка
    for (int i = 0; i < 4; ++i) {
        double N_PV = calculate_N_PV(M_Bi_sum[i], V_B[i], R_B, eta_PV);
        std::cout << "Потужність електродвигуна для валка " << i + 1 << ": " << N_PV << "
кВт" << std::endl;
    }

    // Приклад розрахунку теплової потужності для одного валка
    double G = calculate_G(1.0, 1.0, 1.0, 1.0); // Вставте ваші значення
    double G_Bi = calculate_G_Bi(G, 1.0); // Вставте ваше значення phi
    std::cout << "Теплова потужність валка: " << G_Bi << std::endl;

    return 0;
}

```

ДОДАТОК Г
Особисті досягнення

Модернізація валка каландру

Чомський А.М., студент, Ішук В.С. студент
проф. Сівецький В.І., к.т.н., заст. зав. кафедри ХПСМ КПІ ім. Ігоря Сікорського
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Запропонована модернізація валка каландру, мета якої є збільшення ефективності теплообміну між валками та полімерним матеріалом і тим самим покращити якість отримуваних листових або плівкових виробів.

Ключові слова: каландр, валок, теплообмін, модернізація, енергоефективність.

Вступ. В [1] представлено відому конструкцію валка каландра для переробки полімерів. Головним недоліком базової конструкції валка є нерівномірність теплообміну по довжині робочої поверхні бочки валків.

З метою збільшення ефективності теплообміну в [2,3] було запропоновано варіанти удосконалення конструкції системи охолодження валків, рис. 1. В першому конструктивному рішенні описується валок валкових машин, що містить бочку і цапфи, виконаний вздовж них центральний канал і розташовані поблизу робочої поверхні бочки периферійні повздовжні канали, сполучені з центральним каналом за допомогою похилих радіальних каналів. У другому рішенні запропоновано додатково у центральний канал встановити пробки, що мінімізують час знаходження рідини у валку та покращать теплообмін у каналах поблизу його робочої поверхні. З цією метою в даному рішенні пропонується також теплоізолювати трубопровід подачі охолоджуючої рідини у центральний канал валка.

Відмінністю запропонованої конструкції валка від інших є те, що периферійні канали 7 з'єднані з центральним каналом 4 похилими каналами 8, виконаними під різними кутами, а додатково встановлені пробки 5 та теплоізоляція 12 трубопроводу 11 збільшують ефективність теплообміну поблизу робочої поверхні валка дозволяючи тим самим вирівнювати її температуру. Встановлення додаткових пробок 5 і зменшення площі перетину центрального каналу 4 валка внаслідок встановлення теплоізоляції 12 на трубопроводі подачі 11 охолоджуючої рідини мінімізують час її знаходження у каналах валка, а також підвищать швидкості її течії та інтенсифікують теплообмін і збільшить продуктивність обладнання.

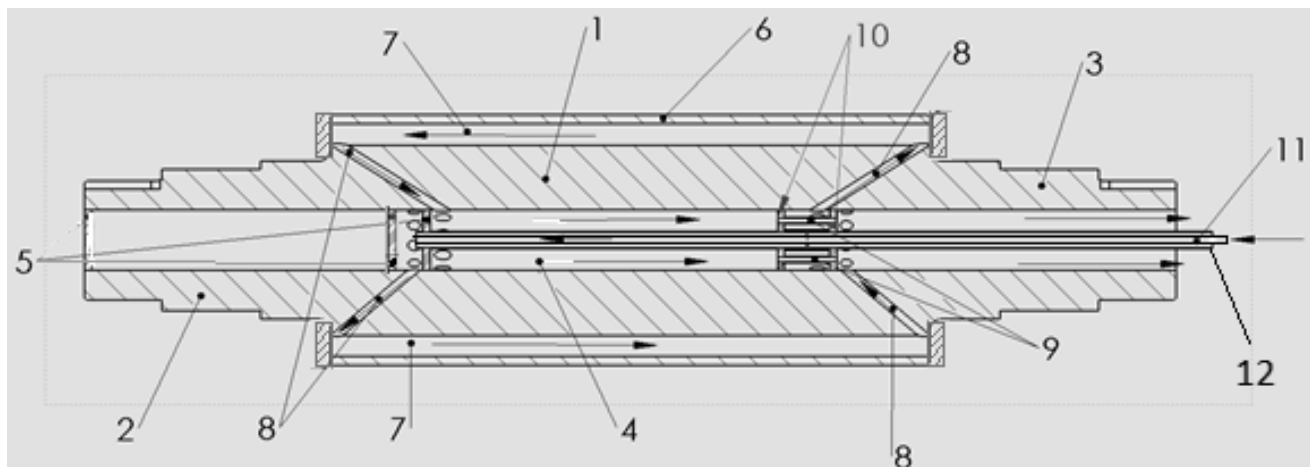


Рисунок 1 – Загальний вид валка каландра в поздовжньому розрізі:

1 – бочка; 2,3 – цапфи; 4 – центральний канал; 6 – робоча поверхня; 5 – пробки; 7 – периферійний канал; 8 – похилий канал; 9 – переливна трубка; 10 – пробка; 11 – трубопровід подачі; 12 – теплоізоляція.

З метою перевірки працездатності модернізованої конструкції валка проведено розрахунки на міцність та жорсткість з використанням системи ANSYS, рис.2.

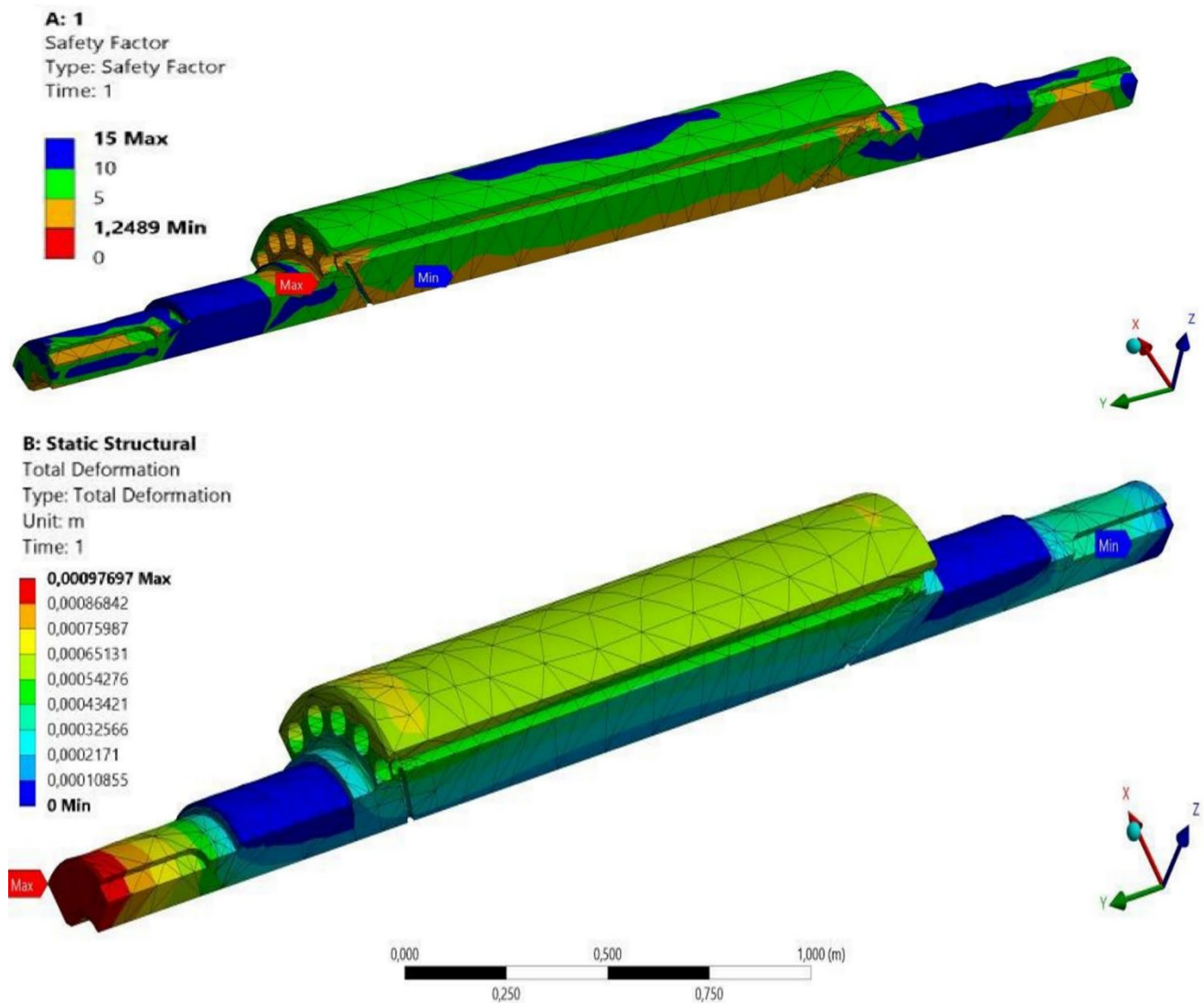


Рисунок 2 - Результати розрахунків на міцність та жорсткість

Висновки. Представлена модернізація валка каландра дозволить розширити перелік перероблюваних матеріалів, які можуть бути чутливими до перепадів температури. Перевіряючи на міцність конструкцію, переконалися, що вона відповідає вимогам міцності, а максимальна деформація робочої частини бочки валка не перевищує допустимих значень рівнотовщинностей листових та плівкових полімерних виробів.

Перелік посилань

1. Технологічні основи перероблення полімерних матеріалів: навч. посіб. / І.О. Мікульонок. – Київ: НТУУ «КПІ», 2020. – 150 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/a01b3f86-c11f-49e8-8dc5-49c03b765a0e/content>
2. Валкові машини: навч. посіб. / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В. І. Сівецький, Д. Е. Сідоров, Д. Г. Швачко. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,78 Мбайт). – Київ: НТУУ «КПІ», 2023. – 112 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/62811>
3. Валок валкових машин: пат. № 124146 У Україна / І.О. Мікульонок, Я.К. Байбурдов; № u201709607; заявл. 02.10.2017; опубл. 26.03.2018, Бюл.№ 6

ДОДАТОК Д
Перевірка на плагіат