

**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**

« ____ » _____ 2023 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності: 133 – *галузеве машинобудування*

на тему: Каландр для виробництва гумової стрічки з модернізацією пристрою для регулювання зазору

Студент групи IV к. ЛП-93
(шифр групи)

Ратніков Андрій Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник проєкту:

Асистент Герасименко Ю.Ю.

(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультанти з питань

МОДЕРНІЗАЦІЯ _____

Щербина В.Ю.

ТЕХ. МАШ. _____

Борщик С.О.

ОХОРОНА ПРАЦІ _____

Ковтун А.І.

РЕЦЕНЗІЯ _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ 2023 рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
зі спеціальності – *133- Галузеве машинобудування*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **О.Л.Сокольський**

« ____ » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Ратнікову Андрію Сергійовичу

1. Тема проєкту «Каландр для виробництва гумової стрічки з модернізацією пристрою для регулювання зазору», керівник проєкту Герасименко Юлія Юріївна, затвержені наказом по університету від «26 . 05» 2023 р. № 2024-с

2. Термін подання студентом проєкту 20.06.2023р.

3. Вихідні дані до проєкту

Вихідні дані до проєкту: об'єкт розробки – каландр для виробництва гумової стрічки; Валок 300 мм, робоча довжина 1000 мм, оберти 20 хв⁻¹.

4. Зміст пояснювальної записка містить такі текстові частини: «Пояснювальна записка», «Розрахунки» і «Технологія машинобудування», «Загальні висновки», «Перелік посилань», «Додатки». ПЗ включає такі розділи: Вступ; Призначення і галузь застосування каландра; Технічні характеристики каландра; Опис конструкції та призначення каландра; Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації;

Розрахунки що підтверджують працездатність; Охорона праці; Очікувані механіко-економічні показники; Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):_Плакат технологічна схема виготовлення гумових листів з використанням каландру. А1; Трьохвалковий каландр. ЗВ.А1; Модернізований пристрій для регулювання зазору. СК.А1; Валок. А1; Блок-схема та програма розрахунку підшипників валка. А1; Плакат розрахунки регулюючого гвинта на міцність в програмі Ansys.А1; Пристрій для фрезерування. СК.А1.

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 23.05.2023 р.....

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Літературно-патентний пошук	22.04.2023	
2.	Виконання параметричних розрахунків	24.05.2023	
3.	Виконання креслень загального виду	25.05.2023	
4.	Виконання креслень технологічної схеми	27.05.2023	
5.	Виконання розрахунків на міцність	28.05.2023	
6.	Виконання креслень модернізації	29.05.2023	

7.	Виконання розділу ТМ	01.06.2023	
8.	Виконання розділу ОП	01.06.2023	
9.	Виконання розрахунків на ПЕОМ	05.06.2023	
10.	Загальні висновки по ДП	06.06.2023	
11.	Виконання креслень приводу	07.06.2023	
12.	Виконання креслень вала	08.06.2023	

Студент

(підпис)

А.С. Ратніков

(ініціали, прізвище)

Керівник проєкту

(підпис)

Ю.Ю. Герасименко

(ініціали, прізвище)

Зміст текстової частини дипломного проекту

Реферат з ключовими словами (українська мова).....	1
Реферат з ключовими словами (іноземна мова).....	1
Перелік позначень.....	1
Пояснювальна записка	30
Розрахунки	26
Технологія машинобудування	12
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	1
ЛІТЕРАТУРА.....	2
ДОДАТКИ.....	13

РЕФЕРАТ

"Каландр для виробництва гумової стрічки з модернізацією пристрою для регулювання зазору": Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за напрямом підготовки 133- Галузеве машинобудування (програма професійного спрямування «Інженіринг, обладнання та технології виробництв полімерних та будівельних матеріалів і виробів») / КПІ ім Ігоря Сікорського; Керівник - Герасименко Юлія Юріївна. Виконавець – Ратніков Андрій Сергійович.

Робота складається з вступу і трьох розділів. Загальний обсяг роботи 95 аркушів основного тексту та 13 додатків.

Метою роботи є визначити недоліки каландра та шляхів їх усунення, недоліків. З цією метою проведено літературний і патентний пошук, який дозволив визначити напрямок модернізації і провести конструкторську розробку модернізації каландра. Для модернізованого каландра проведені інженерні числові і кінематичні розрахунки, які підтвердили можливість використання модернізації каландра, пристрою для регулювання зазору. Спроектована лінія дозволить випускати гумову стрічку різної товщини.

Розглянуто технологію виготовлення пристрою для обробки модернізованого каландру.

У роботі спроектований каландр для виробництва гумової стрічки, проведено опис конструкції каландра, зроблено числові розрахунки такі як розрахунок геометричних параметрів та розрахунок потужності приводу, проведено розрахунок на міцність та жорсткість валків каландра, розрахунок довговічності опор кочення валків каландра, розраховано механізм регулювання зазору.

ВАЛОК, КАЛАНДР, ГУМА, СТРИЧКА, ВИРОБНИЦТВО,
МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗРАХУНКИ, ПРИСТРІЙ.

Abstract

"Calendar for the production of rubber tape with the modernization of the device for regulating the gap": Diploma project of the educational and qualification level "bachelor" in the field of training 133- Industrial mechanical engineering (program of professional direction "Engineering,

equipment and technologies for production of polymer and construction materials and products") / KPI named after Igor Sikorskyi; Head - Yuliia Herasymenko, assistant. The executor is Andrii Ratnikov.

The work consists of an introduction and three sections. The total volume of work is 95 sheets of the main text and 13 appendices.

The purpose of the work is to identify calender defects and eliminate these defects. For this purpose, a literature and patent search was conducted, which made it possible to determine the direction of modernization and carry out the design development of the modernization of the calender. For the basic modernization, engineering parametric and kinematic calculations were carried out,

which confirmed the possibility of using the modernization of the calender, a device for adjusting the gap. The designed line will allow the production of rubber tape of various thicknesses.

The technology of manufacturing a device for processing a modernized calender is considered.

In the work, a calender for the production of rubber tape was designed, a description of the construction of calenders was carried out,

parametric calculations were made, such as the calculation of geometric parameters and the calculation of the power of the drive, the calculation of the strength and stiffness of the calender rolls, the calculation of the durability of the rolling supports of the calender rolls, the clearance adjustment mechanism was calculated.

ROLL, CALENDER, RUBBER, TAPE, PRODUCTION, MODERNIZATION, CALCULATIONS, DEVICE.

Перелік позначень

D, d – діаметр, м;

F – площа поверхні, m^2 ;

f – коефіцієнт тертя;

f – площа поперечного перерізу, m^2 ;

Gr – критерій Грасгофа;

G – Продуктивність (кг/год)

L, l – довжина, м;

M – момент, Н·м;

m – маса, кг;

t – температура, °С;

T – температура, К;

W – момент опору, m^3 ;

ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості, m^2/s ;

ρ – густина, kg/m^3 ;

Nu – критерій Нуссельта;

Pr – критерій Прандтля;

Re – критерій Рейнольдса;

δ – товщина, м;

β – термічний коефіцієнт лінійного розширення, $1/K$.

α – коефіцієнт тепловіддачі, $W/(m^2 \cdot K)$;

λ – коефіцієнт теплопровідності, $W/(m \cdot K)$;

ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості, m^2/s ;

Пояснювальна записка
До дипломного проєкту
на тему: «Каландр для виробництва гумової стрічки з модернізацією
пристрою для регулювання зазору»

Київ-2023-року

Зміст

Вступ.....	2
1. Призначення та галузь використання лінії для виготовлення гумової стрічки.....	3
1.1 Опис технологічного процесу виготовлення гумової стрічки.....	3
1.2 Опис конструкції та принцип дії каландра.....	6
1.3 Патентно-літературний огляд, обґрунтування запропонованої модернізації.....	9
1.3.1 Патентно-літературний огляд.....	9
1.3.2 Вибір та обґрунтування запропонованої модернізації.....	22
2. Охорона праці.....	23
2.1. Електробезпека.....	23
2.2. Промислове освітлення.....	24
2.3. Шум.....	25
2.4. Повітря робочої зони.....	29
3. ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ.....	30

					ЛП93.097256.01.70ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Ратніков А.С.</i>			<i>Каландр для виробництва гумової стрічки з модернізацією пристрою для регулювання зазору</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Герасименко Ю.</i>				1	30	
<i>Конс.</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ІХФ</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Сокольський</i>						

Вступ

Еластомірні матеріали знаходять найширше застосування при виробництві виробів у різних галузях машинобудування в авто-, авіа-, ракето-, суднобудуванні. Без них неможливо уявити видобувні галузі, ядерну енергетику, космічну промисловість. Еластомірні матеріали та вироби незамінні у виробництві засобів захисту людини від зовнішніх агресивних впливів, у медицині, у виробництві різних видів побутових виробів, причому чим складнішою стає сучасна техніка, тим, як правило, більше еластомірних матеріалів та виробів у ній використовується. Таке широке застосування еластомірних матеріалів обумовлено унікальним комплексом їх властивостей і, перш за все, високою еластичністю в широкому інтервалі температур, прекрасною працездатністю в умовах впливу динамічних навантажень, здатністю поглинати і розсіювати механічну енергію.

До еластомерів відносяться і традиційні гуми, одержувані з високомолекулярних каучуків шляхом їх вулканізації, і гуми, герметики, клеї, одержувані з рідких олігомерних або каучуколігомерних композицій, і термоеластоласти різного типу, включаючи термопластичні гуми або динамічні вулканізати.

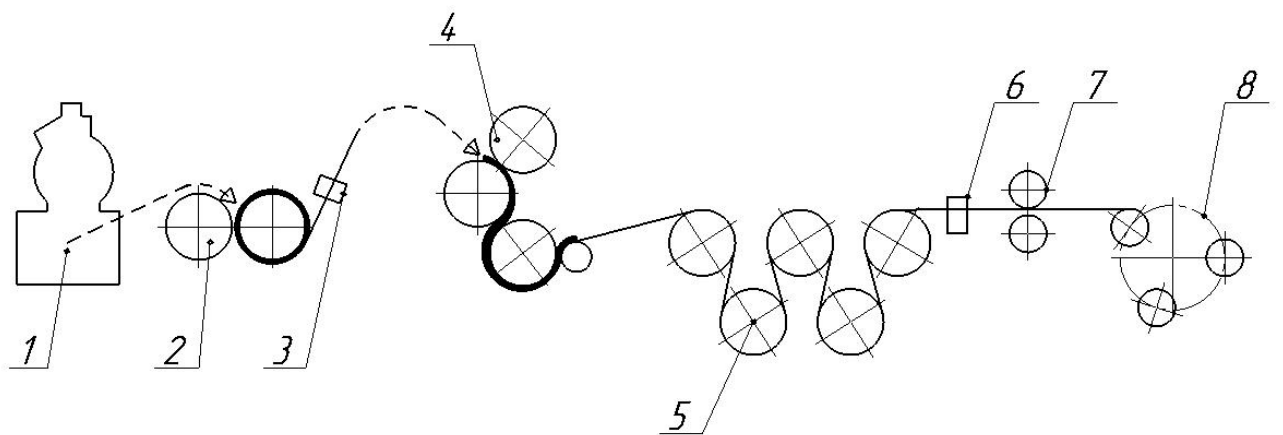
Об'єктом розробки та проектування є моделювання процесу виготовлення гумової стрічки. Розроблюваний механізм регулювання зазору каландра дозволяє отримувати потрібну товщину гумової стрічки при заданій компоновці валів, що дозволить значно зменшити витрати електроенергії та металоємність.

					ЛП93.097256.01.70ПЗ	2
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		

1. Призначення та галузь використання лінії для виготовлення гумової стрічки

1.1 Опис технологічного процесу виготовлення гумової стрічки

Принцип роботи каландру у лінії виготовлення гумової стрічки показаний на рис. 1.1 [3]. Гумова суміш з резинозмішуючих вальців 1 надходить на живильні вальці 2.



1 – резино-змішувач періодичної дії; 2 – живильні вальці; 3 - детектор металу; 4 каландр, 5 охолоджувальна установка; 6 - прилад контролю товщини стрічки матеріалу; 7 - механізм для обрізання кромки; 8 – намотувальний пристрій

Рисунок 1.1 – Принцип роботи каландру в лінії виготовлення гумової стрічки

Безперервно зрізана з вальців смужка матеріалу проходить через детектор металу 3 і подається в зазор між першим і другим валками каландру 4. Детектор металу призначений для зупинки поживного транспортера у разі попадання суміші металевих предметів.

У зазорі між першим і другим валками суміш набуває форми стрічки необхідної ширини, пресується та ущільнюється. Остаточне формування стрічки

					ЛП93.097256.01.70ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		3

та калібрування її за товщиною відбувається у зазорі між третім та другим валками каландру. Стрічка проходить через охолоджувальну установку 5, прилад 6 для контролю товщини (калібру) листа, механізм 7 для обрізання кромки і намотується в рулон на намотувальному пристрої 8.

У деяких випадках для отримання листів гумової суміші застосовують тривалковий каландр з вертикальним розташуванням валків (рис. 1.2, а) і чотирьох валкові каландри, в яких матеріал проходить три зазори.

Для отримання дубльованого листа, що складається з двох різних шарів, використовують чотирьох валкові каландри (рис. 1.2 б). На рис. 1.2 в показаний чотирьох валковий каландр з Г-подібним розташуванням валків для двосторонньої обкладки тканини гумовою сумішшю. Тканина роликком притискається до валка, покритого сумішшю, проходить зазор між другим і третім валками, де обкладається сумішшю з іншого боку. При такій схемі промазки тканин полегшуються живлення каландру сумішшю регулювання зазору між другим і третім валками, що дозволяє збільшити точність калібру одержуваного матеріалу, тканини показані на малюнку рис. 2.2 г. Одностороннє промазування і обкладка тканини і корда можуть проводитися на тривалкових каландрах за схемами, показаними на рисунку 2.2, д, е, є.

					ЛП93.097256.01.70ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		4

1.2 Опис конструкції та принцип дії каландра

В літературі [3] дається визначення, що каландр є машиною, що має в якості робочого органу кілька паралельних валків (зазвичай три і більше), що обертаються назустріч один одному і призначених для листування, профілювання і тиснення листів гумової суміші, а також для обкладання, дублювання та прогумування тканини. Матеріал обробляється в зазорі між валками каландра, причому на відміну від вальців через кожен зазор він пропускається не багато разів, а лише один раз. Каландр відноситься до машин безперервної дії.

Сучасний каландр (рис. 1.3) - складна і масивна машина з потужним приводом і розвиненою системою допоміжних механізмів для забезпечення безперервної високопродуктивної роботи агрегату. Продуктивність каландрів досягає 80 і більше метрів готового матеріалу за хвилину. Живлення каландрів проводиться очищеною від сторонніх включень та попередньо розігрітою сумішшю. Найчастіше суміш готують на поживних вальцях. Каландри доцільно живити гумовою сумішшю, що безперервно подається до нього у вигляді стрічки, що зрізається з вальців, або одержуваної на черв'ячній машині.

					ЛП93.097256.01.70ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		6

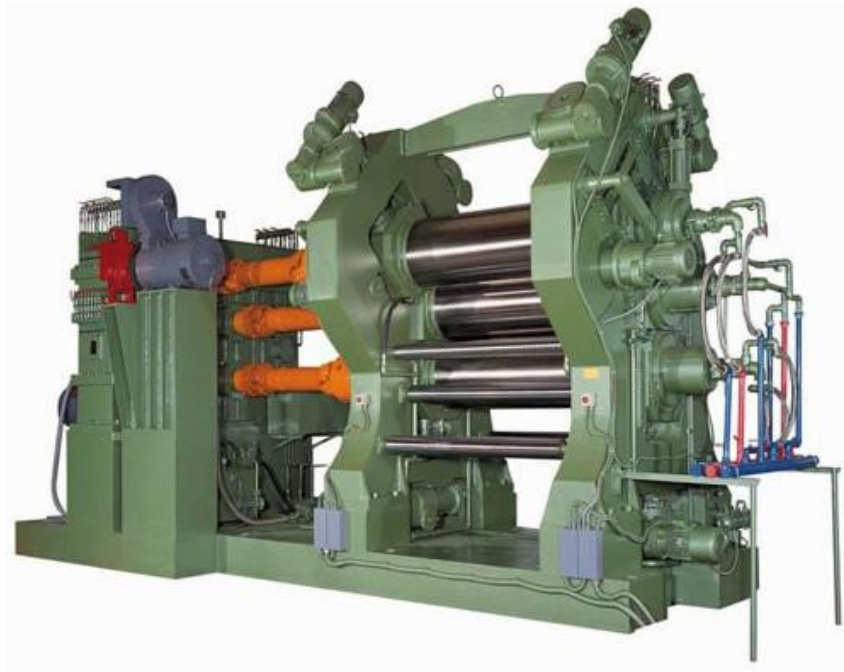
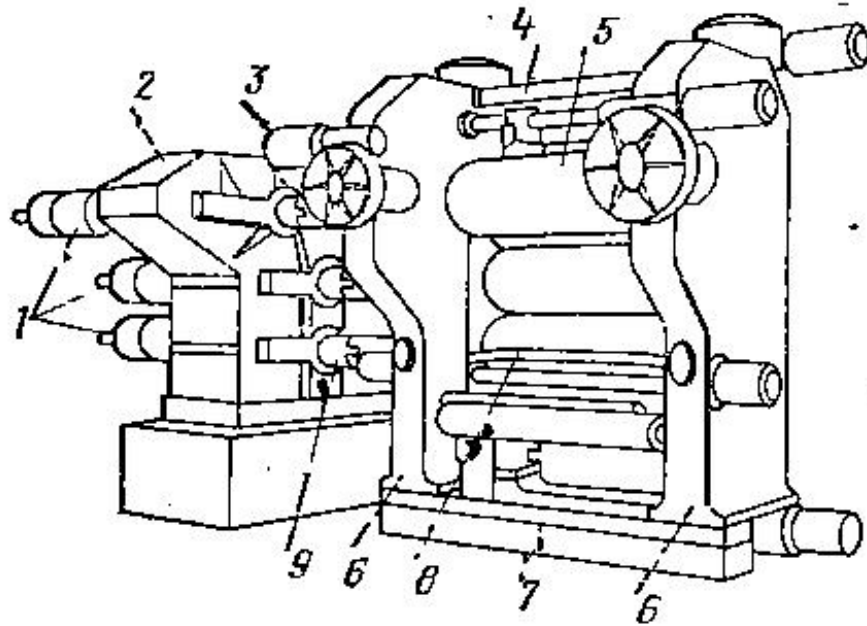


Рисунок 1.3 – Загальний вигляд сучасного каландра

Більшість каландрів використовують у лініях для промазування корду гумовою сумішшю, обкладки тканин та отримання гумових листів. Залежно від можливостей зміни режиму роботи каландри поділяють на спеціальні та універсальні, пристосовані для виконання кількох операцій.

Влаштування основних вузлів каландру та їх компоновання на станині показано на рис. 1.4. Станина 6 - масивна металева конструкція, досить міцна і жорстка, щоб зберігати свої розміри та форму під дією значних зусиль, що виникають між валками у процесі каландрування.

					ЛП93.097256.01.70ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		7



1 - електродвигуни; 2 - блок-редуктор; 3 - механізм переміщення підшипників валка; 4-траверса; 5 - валок; 6 - станина; 7 - фундаментна плита; 8-ширільний пристрій; 9-карданний вал

Рисунок 1.4 Основні вузли із яких складається каландр

Станина спирається на фундаментну плиту 7, встановлену на бетонному фундаменті. Верхні частини станини збільшення жорсткості конструкції пов'язані траверсою 4. У станині монтуються підшипники, в яких обертаються робочі валки 5 (в даному випадку чотири валка) . Валки наводяться в обертання від електродвигунів через 1 блок-редуктор 2 і карданні вали 9. Кожен валок отримує обертання від свого вихідного валу редуктора. Для зміни зазору між валками передньої частини станини змонтовані механізми регулювання зазору 3, якими за допомогою невеликих електродвигунів і редукторів можна переміщати підшипники валків. З метою запобігання утворенню складок на тканині при її вступі до каландру застосовують ширільні дуги 8. Окремі вузли каландрів можуть значно відрізнятися один від одного по конструкції. Набір основних та допоміжних пристроїв також може бути різним.

					ЛП93.097256.01.70ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		8

1.3 Патентно-літературний огляд, обґрунтування запропонованої модернізації

1.3.1 Патентно-літературний огляд

В [4] наведений пристрій для регулювання зазорів трьохвалкових каландрах.

Винахід відноситься до хімічного машинобудування і може бути використане в конструкції тривалкових каландрів для виробництва листових, плівкових та гумотехнічних матеріалів. Метою винаходу є підвищення якості матеріалу, що переробляється і розширення його асортименту. На кресленні (рис. 1.5) зображено пристрій, загальний вигляд.

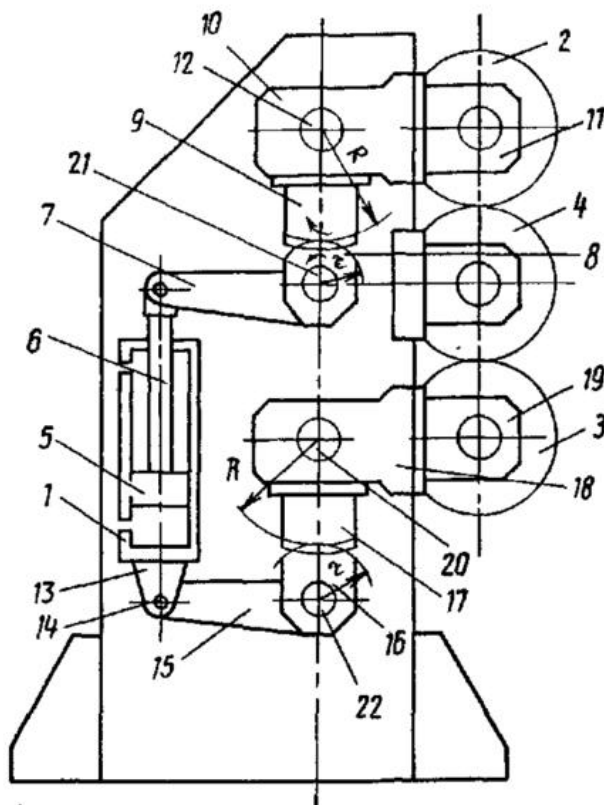


Рисунок 1.5 – Загальний вигляд пристрою для притискання валків

Пристрій містить два пневмоциліндра 1 подвійної дії, розташованих по обидва боки верхнього і нижнього валків 2 і 3, що переміщуються, каландра, встановлених з можливістю притиску до середнього нерухомого валку 4. Кожен поршень 5 пневмоциліндра 1 за допомогою штока 6 і шарніра з'єднаний з додатковим 7 сектора 8. Вхідний сектор 8 входить у зачеплення з веденим сектором 9, жорстко пов'язаним з важелем 10, на кінці якого закріплений корпус підшипника 11 верхнього валка 2, а самі важелі 10 з обох сторін жорстко закріплені на валу 12. більшим, ніж ведучий зубчастий сектор 8. Корпус пневмоциліндра 1 закріплений на підставі 13 і шарніром 14 з'єднаний з важелем 15 ведучого зубчастого сектора 16 меншого діаметра. Сектор 16 входить у зачеплення з веденим зубчастим сектором 17 більшого діаметра, жорстко пов'язаного з важелем 18, на кінці якого закріплений корпус підшипника 19 нижнього валка 3, а важелі 18 жорстко закріплені на валу 20. Провідні зубчасті сектори 8 і 1 осях 21 та 22 (відповідно). Для зменшення габаритів пристрою вали 12 і 20 і осі 10 21 і 22 розташовані в одній площині, паралельній площині валків 2-4 каландра.

Пристрій працює наступним чином.

При подачі стисненого повітря в пневмоциліндр (рис. 1.5) 1 (наприклад, надпоршневу порожнину) поршень 5 спільно зі штоком 6 рухається вниз і повертає важіль 7 і ведучий зубчастий сектор 8 навколо осі 22 проти годинникової стрілки. При цьому сектори 9 спільно з ригачами 10 і корпусами 11 підшипників з валом 12 повертаються по годинниковій стрілці з обох сторін одночасно. Внаслідок чого валок 2 притискається до нерухомого середнього валку 4. Оскільки тиск стисненого повітря на поршень і на корпус дорівнює, то одночасна основа 13 пневмоциліндра 1 рухається вгору і через шарнір 14 повертає важелі 15 і ведучий зубчастий сектор 16 навколо осі 2. При цьому ведені зубчасті сектора 17 спільно з важелями 18 і корпусами підшипників 19 повертаються з валом проти 20 годинної стрілки з обох сторін одночасно. Таким чином, нижній валок 3 притискається до нерухомого середнього валку 4. При подачі стисненого повітря підпоршневу порожнину пневмоциліндрів 1 верхній

						ЛП93.097256.01.70ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум. №	Підпис	Дата			10

валок 2 переміщається вгору, а нижній валок 3 - вниз. Валки розлучаються. Далі цикл повторюється.

В [5] наведений пристрій для регулювання зазорів прокатних станах може бути використаний як прототип в конструюванні каландів.

Корисна модель, шпindelний пристрій, відноситься до механічного устаткування. Використовується в прокатному виробництві, а саме в конструкції привода робочих валків головної лінії прокатного стану.

Конструкція прототипу має наступні недоліки: складність із підведенням змащення, нерівномірний і великий знос вкладишів, що приводить до збільшення зазорів у шарнірах, викликає значні витрати дорогої бронзи для виготовлення запасних вкладишів, маса кожного з яких на великих станах досягає 300кг. Нерівномірний і великий знос бабітового шару подушок механізму зрівноважування шпинделя також приводить до значних витрат бабіту для наплавлення подушок і втрати тиску в системі змащення через збільшення зазору між подушкою і шпинделем, що викликає недостатнє змащення універсальних шарнірів шпindelного пристрою. Ці недоліки приводять до збільшення динамічних навантажень на привод робочих валків, що веде до скорочення терміну експлуатації деталей шпindelного пристрою і всього привода, а також аваріям.

Задача, що стоїть перед автором, складається в удосконаленні конструкції шпindelного пристрою для збільшення терміну експлуатації деталей шпindelного пристрою і привода робочих валків у цілому.

Поставлена задача досягається тим, що в конструкцію шпindelного пристрою, наприклад, привода робочих валків головної лінії прокатного стану, що складається із двох шпindelів з вставленими в кожен голівку кожного шпинделя двома вкладишами і сухарем, чотирьох сполучних муфт, механізму зрівноважування шпинделя, що складає із двох подушок та пристрою, що врівноважує, [1], а саме, на вкладиші і сполучні муфти універсальних шарнірів, а також на подушки, додатково встановлюються механізми регулювання зазорів між деталями універсальних шарнірів та між подушкою і шпинделем. Кожен

					ЛП93.097256.01.70ПЗ	11
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		

складається з двох шпинделів 1, у голівках 2 яких встановлені по парі вкладишів 3 із сухарями 4, механізму зрівноважування шпинделя, що складає з подушок 5, змонтованих на шийки 6 шпинделів, і пристрою 7, що врівноважує, а також механізмів регулювання зазорів 8, установлених на подушках 5, вкладишах 3 і сполучних муфтах 9 робочих валків з однієї сторони і сполучних муфтах 10 привода з іншої. Кожен механізм регулювання зазорів рис. 1.6 (Фіг.2, Фіг.3) складається із упорної планки 11, закріпленої на вкладиші 3 болтами 12, у яку загвинчений регулювальний гвинт 13, фіксований від довільного руху контргайкою 14, і клина 15 Тобразного перетину, встановленого в прорізаний у вкладиші Т-образний паз. Кут ухилу паза дорівнює куту клина. Такий вид клина (Фіг.4, Фіг.5) і паза прийнятий для виключення випадання клина з паза і його рівномірного та плавного переміщення. У клині виконаний Т-образний паз, причому розміри його приймаються такими, щоб зборка і розбирання з'єднання клина з хвостовиком регулювального гвинта була можлива тільки у вертикальному напрямку і вільно забезпечувався робочий хід а площини К клина. Розміри Е та Ж розраховуються так, щоб не відбулося наступу клинів вкладишів на клини сполучної муфти при осьовому переміщенні шпинделя (Фіг.6). Аналогічну конструкцію мають і механізми регулювання зазорів, встановлені і на сполучних муфтах 9, 10 і на подушках 5 рис. 1.6 (Фіг.7). Робота шпиндельного пристрою відбувається в такий спосіб. Обертаючий момент, створюваний приводом, передається сполучними муфтами 9, за допомогою вкладишів 3 і сухарів 4 універсальні шарніри, шпинделям 1, а від шпинделів, за допомогою вкладишів і сухарів - сполучним муфтам 10 робочих валків. При виявленні збільшеного зазору між голівками шпинделів 2 і вкладишами 3, сполучними муфтами 9 та 10, а також між подушками 5 і шпинделями 1 під час зупинки стану роблять регулювання цих зазорів за допомогою механізмів регулювання зазорів 8 рис. 1.6(Фіг.1, Фіг.2, Фіг.3). Віддається контргайка 14, регулювальний гвинт 13 угвинчується в упорну планку 11, надаючи клину 15 поступальний рух. Клин, переміщаючи по похилому пазу, піднімається на розмір

					ЛП93.097256.01.70ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата			13

а, вибираючи зазор між деталями до нормативного. Так само робиться регулювання на кожному механізмі регулювання зазорів. При таких положенні клинів, сполучні муфти контактують не з вкладишами, а із самими клинами. При демонтажі шпindelного пристрою віддається контргайка 14, регулювальний гвинт 13 вигвинчується з упорної планки 11, і тому що хвостовик-регулювального гвинта знаходиться в зачепленні з клином 15, останній приводиться у вихідне положення рис. 1.6 (Фіг.2, Фіг.3, Фіг.6). Робота механізмів регулювання зазору між подушками і шийками шпindelів Рис. 1.6 (Фіг.7) відбувається в такий спосіб. Зборка подушки і наступне розточення отвору під шийку шпindelя виробляються при піднятих на розмір В клинами 15. В міру збільшення зазору між подушкою і шийкою шпindelя, вигвинчують регулювальні гвинти 13, попередньо відпустивши контргайки 14, і, витягаючи клини 15, зменшують розмір В на розмір збільшення зазора. Конструкція запропонованого шпindelного пристрою передбачає застосування механізмів регулювання зазорів як спільно в універсальних шарнірах і в подушках механізмах зрівноважування шпindelя, так і окремо. Тобто застосування механізмів регулювання зазорів в універсальних шарнірах без застосування їх у подушках механізму зрівноважування шпindelя і навпаки, застосування механізмів регулювання зазорів у подушках без застосування їх в універсальних шарнірах. Технічним результатом забезпечення регулювання зазорів є збільшення терміну експлуатації деталей шпindelного пристрою і всього привода валків, виключення аварійних ситуацій, економія дорогого матеріалу бронзи і бабіту, зменшення тривалості планових ремонтів устаткування стану

В [6] наведений вузол упорного гвинта механізму регулювання міжвалкового проміжку валкової машини на рис. 1.7

Корисна модель належить до валкового обладнання для перероблення високомолекулярних сполук і матеріалів з їх застосуванням, зокрема до конструкцій вальців і каландрів, якими можуть бути споряджені вальцьово-

					ЛП93.097256.01.70ПЗ	14
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		

Вузол упорного гвинта 1 механізму регулювання міжвалкового проміжку валкової машини містить закріплену в її станині 2 гайку 3, розміщений у ній упорний гвинт 1 із п'ятою 4 для взаємодії з кришкою 5 корпусу 6 валкового підшипника з одного боку та через підп'ятник 7 із закріпленням в гнізді 8 корпусу 6 валкового підшипника упорним підшипником 9 з іншого, при цьому між п'ятою 4 упорного гвинта 1 і кришкою 5 корпусу 6 валкового підшипника розташовано упорний або упорно-опорний підшипник 10 (креслення). Також ділянку упорного гвинта 1 між його п'ятою 4 і гайкою 3 може бути розміщено всередині гнучкої оболонки 11 з основами, закріпленими на станині 2 валкової машини й корпусі 6 валкового підшипника. Вузол упорного гвинта працює в такий спосіб. Під час взаємного зближення валків валкової машини упорний гвинт 1 від приводу (не показано) обертається в гайці 3 і п'ятою 4 через підп'ятник 7 тисне на упорний підшипник 9 і далі - на корпус 6 валкового підшипника.

Під час же розсунення валків упорний гвинт 1 від приводу (не показано) обертається в гайці 3 і п'ятою 4 через упорний або упорно-опорний підшипник 10 тягне за собою кришку 5 корпусу 6 валкового підшипника. При цьому в обох випадках на п'яті упорного гвинта 1 реалізується тертя кочення, що знижує енергоємність валкової машини в цілому.

Завдяки ж розміщенню ділянки упорного гвинта 1 між його п'ятою 4 і гайкою 3 всередині гнучкої оболонки 11 обмежує вільний доступ до упорного гвинта 1, що підвищує надійність механізму і валкової машини в цілому.

В [7] наведений пристрій горизонтальної установки валків для прокатного стану який можна використати як прототип в каландрі.

Пристрій горизонтальної установки валків, який містить подушки опорного і робочого валків, плунжери гідравлічних пристроїв, які встановлено у подушці нижнього робочого валка і які контактують з клинами, що встановлені на подушці верхнього робочого валка по обидві сторони від її вертикальної осі, який відрізняється тим, що контактну поверхню кожного пересувного клина

					ЛП93.097256.01.70ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		17

робочого валка по вісі опорного валка. Пристрій працює таким чином. Після встановлення робочих валків з подушками і клинами в кліть включають гідравлічну систему, за допомогою якої робочий валок підтискують до опорного валка, та їх стабілізацію у кліті. Завдяки пристрою, який запропоновано, штаба 10 отримує мінімальну поперечну різнотовщинність та неплоскостність. Клини 5 з поздовжнім пазом утримуються у подушці 4 за допомогою кріплення 9

В [8] наведений пристрій для регулювання зазорів в валкових та каланрових машинах.

Винахід відноситься до галузі хімічного машинобудування і може бути використане у всіх лініях із застосуванням тривалкових каландрів для виробництва листових, плівкових та гумотехнічних матеріалів.

Відомі пристрої регулювання зазору у валкових машинах, що є гвинтовою парою. Гайка закріплена нерухомо в станині машини, а гвинт з'єднаний з корпусом підшипників валкових через сферичні під'ятники. При обертанні гвинт переміщається поступально, переміщаючи корпус підшипника, а отже, і валок [1].

Недоліком пристрою є те, що під'ятники швидко зношуються, тому що вони сприймають розпірні зусилля і працюють при більших питомих тисках.

Наявність люфтів у механізмі ускладнюють регулювання зазору особливо між верхнім та середнім валками. При знятті навантажень верхній валок опускається на величину люфта в механізмі і тому неможливо визначити дійсний зазор між валками.

Відомо пристрій регулювання зазору, що включає чотири пари клинів, що розташовані на корпусах підшипників валків зображений на рис. 1.9 та Розріз регулюючого пристрою рис. 1.10.

					ЛП93.097256.01.70ПЗ	19
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		

рухомих валків і містить ексцентриковий механізм, що складається з ексцентричної втулки, осі, штифта та двох стопорних болтів [2]. Регулювання зазору здійснюється двома шляхами: переміщенням клинів за допомогою ходових гвинтів по напрямних, закріплених на корпусах підшипників середнього нерухомого валка, інший поворотом ексцентричної втулки механізму ексцентрикового.

Винахід пояснюється кресленням, де на рис.1.9 зображено загальний вигляд запропонованого пристрою для регулювання зазору між валками тривалкового каландру, на рис.1.10 зображено розріз однієї пари клинів.

Пристрій для регулювання зазору включає чотири пари клинів. Один з клинів 1, встановлених у напрямних 2, кожної пари має нахил робочої поверхні в напрямку, перпендикулярному осі валка і додатковий нахил робочої поверхні в напрямку, паралельному осі валка та встановлений на корпусі середнього підшипника валка. Інший з клинів 3, розміщений у напрямних 4, також має нахил робочої поверхні в напрямку, перпендикулярному осі валка і додатковий нахил робочої поверхні в напрямку, паралельному осі валка і встановлений на підшипнику верхнього або нижнього валка.

Клини 1 забезпечені ходовими гвинтами 5, а клини 3 забезпечені ходовими гвинтами 6. Ходові гвинти 5 і 6 розташовані перпендикулярно один до одного.

Пристрій працює наступним чином. Обертаючи ходові гвинти 5, відбувається переміщення клинів 1 у напрямних 2 у напрямку, перпендикулярному осі валка, клини діють на клини 3, внаслідок чого відбувається зміна зазору між валками.

З метою встановлення більшого зазору обертають приводні ходові гвинти 6, відбувається переміщення клинів 3 в напрямку, паралельному осі валка, внаслідок чого відбувається зміна зазору між валками.

					ЛП93.097256.01.70ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		21

1.3.2 Вибір та обґрунтування запропонованої модернізації

В результаті проведення літературно-патентного огляду, показує, що основним завданням для вдосконалення каландрів є підвищення ефективності, із малими затратами на це. Тому пропонується розширити технологічні можливості каландра завдяки чому поліпшиться якість продукції, із мінімальними затратами. Для модернізації каландра було обрано патент на основі прототипу [8] пристрій для регулювання зазору в валкових машинах. Винахід дозволяє підвищити надійність та розширити технологічні можливості за рахунок збільшення діапазону регулювання.

Підвищення надійності дозволяє стійко витримувати величину зазору між валками і тим самим підвищується якість листових матеріалів. До того ж при постійних габаритах пристрою можна отримувати листи більшої товщини.

Пристрій має складну конструкцію, утруднене його обслуговування, низька надійність у роботі внаслідок можливості мимовільного повороту ексцентрикових втулок, що викликають порушення паралельності осей валків, зміна величини зазору і, як наслідок, отримання браку виготовлених листових матеріалів.

Для досягнення цього завдання у прототипові для регулювання зазору у валкових машинах, що включає пари клинів з нахилом робочих поверхонь у напрямку, перпендикулярному осі валків, встановлені в напрямних корпусах підшипників валків, при цьому один з клинів кожної пари змонтований з можливістю переміщення за допомогою приводного ходового гвинта у напрямку нахилу клинів. Клини виконані з додатковим нахилом робочих поверхонь у напрямку, паралельному осі валків, другий клин зі згаданих пар встановлений з можливістю переміщення у зазначеному напрямку і має приводний ходовий гвинт, при цьому ходові гвинти парних клинів розташовані перпендикулярно один одному. Дана модернізація вводиться для полегшення регулювання та точності встановлення зазору між валками, і як наслідок зменшення браку, та зростання продуктивності виготовлення.

					ЛП93.097256.01.70ПЗ	22
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		

2. Охорона праці

Розвиток науки і техніки має важливий вплив на розвиток у всі сфери хімічного машинобудування, що дозволяє вдосконалювати технологічні процеси. При розробці нового обладнання, необхідно проводити аналіз всіх можливих шкідливих та небезпечних факторів виробництва. Необхідно розроблювати спеціальні заходи, які будуть спрямовані на усунення, або мінімізацію несприятливого впливу на працівників, які знаходяться виробництва.

Тема дипломного проекту – Каландр для виробництва гумової стрічки з модернізацією пристрою для регулювання зазору.

Машинний каландр обслуговується операторами, які спостерігають за його станом та роботою з операторського приміщення.

Каландр знаходиться у приміщенні, де розташована лінія для виробництва гумової стрічки, площа якої $S = 5500 \text{ м}^2$.

В робочій зоні є такі шкідливі та небезпечні фактори:

- небезпека враження людини електричним струмом;
- виробниче освітлення;
- виробничий шум;
- повітря робочої зони;
- пожежна небезпека.

2.1. Електробезпека

Приміщення, де встановлена лінія для виробництва композитного полімерного матеріалу за класифікацією приміщень по ступеню небезпеки враженням електричним струмом можна віднести до класу з підвищеною небезпекою.

					ЛП93.097256.01.70ПЗ	23
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		

Для освітлення операторського приміщення, площею 200 м², використовуємо 4 промислових LED лампи, А-LED-50x24-3-1000-165-25056 з потужністю 164 Вт (його напруга – 220 В, світловий потік – 25056 лм, E_{факт} = 300 лк).

Для того, щоб забезпечити рівномірне освітлення необхідно розташувати дані лампи в два ряди по 2 штук.

Лампи створюють штучне світло, яке за рівнем яскравості наближається до природного, що відповідає ДБН В.2.5-28:2018 “Природне і штучне освітлення”.

2.3. Шум

Машинний каландр знаходиться в закритому типі приміщення, а його конструкція спричиняє постійний рівень шуму, який перевищує допустимі норми. Основні джерела шуму при роботі каландра це валки, що обертаються, а також електродвигун.

Загальний рівень шуму в цеху становить 98 дБА. Шум в приміщенні перевищує норми допустимі в ДСН 3.3.6.037–99 “Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку”.

Для того, щоб знизити рівень шуму у приміщенні вжиті наступні заходи:

- балансування валків каландру з високою точністю, $\Delta L=13$ дБА;
- монтаж устаткування виконано з високою точністю, $\Delta L=5$ дБА
- своєчасна заміна мастила в підшипникових вузлах $\Delta L=7$ дБА;
- облицьовано стіни гіпсовими перфорованими плитами, які поглинають шум $\Delta L=11$ дБА.

Ці заходи знизили рівень шуму в цеху до 62 дБА, що відповідає допустимим нормам в 80 дБА.

Також були використані засоби індивідуального захисту персоналу від шуму, такі як протишумові навушники ПШН-Б, які знижують рівень шуму на 20-25 дБА;

					ЛП93.097256.01.70ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		25

2.4. Повітря робочої зони

Роботу оператора, який обслуговує лінію виробництва можна віднести до категорії легких робіт за державні санітарні норми які відносяться до мікроклімату “Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони”.

Температура повітря в робочій зоні становить:

- 20-23 °С в теплий період року;
- 18-22 °С в холодний період року.

Відносна вологість 35-70 %, швидкість руху повітря 0,3 м/с, дані параметри та вміст шкідливих домішок відповідають вимогам ДСН 3.3.6.042-99

“Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”.

Категорія легка Ia в межах 90-120 ккал/год витрат енергії 105-140 Вт.

Склад повітря робочої зони залежить від: температури, відносної вологості, а також кількості шкідливих речовин, що виділяються машиною. Допустимі і фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні представлено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Період року	Категорія роботи – легка Ia (110 ккал/год)		
	Температура	Відносна вологість	Швидкість руху повітря
	°С	%	м/с
Холодний та перехідний	Факт. 20-22	60-40	0,2
Теплий	Факт. 22-25	60-40	0,2

Під час роботи виробничої лінії відбувається виділення токсичних речовин – газів, пилу з відкритих ємностей, шляхом виходу газу через нещільність технологічного обладнання, з завантажувального бункера.

Для видалення даних шкідливих компонентів встановлена місцева та загально обмінна вентиляція, відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 “Опалення, вентиляція та кондиціонування”.

					ЛП93.097256.01.70ПЗ	26
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		

$$h_3 = \frac{A - D}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} + h_6$$

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

$h_6 = 0,2$ м – висота борту;

$$h_{31} = \frac{0,77 - 0,3}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{70}{2}} + 0,2 = 0,54 \text{ м}$$

$$h_{32} = \frac{0,64 - 0,3}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{70}{2}} + 0,2 = 0,44 \text{ м}$$

Приймаємо:

$$h_{31} = 0,6 \text{ м}$$

$$h_{32} = 0,5 \text{ м}$$

Об'єм повітря, що видаляється витяжною трубою від зонтів

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

де F – площа розрахункового перерізу, м²

$$F = 0,77 \cdot 0,77 + 0,64 \cdot 0,64 = 1,0 \text{ м}^2$$

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

$$J_3 = 3600 \cdot 1,0 \cdot 0,5 = 1800 \text{ м}^3/\text{Г}$$

Розвинутий повний тиск $H = 65$ Па.

Приймаємо осьовий вентилятор МЦ-8:

					ЛП93.097256.01.70ПЗ	28
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		

3. ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Основні недоліки каландрів базової конструкції є: зниження якості одержуваних профільованих виробів і заготовок.

Конструкція удосконалення каландра передбачає, що за допомогою клину каландр розширить свої можливості в регулюванні зазору. Це забезпечує утворення відповідно стрічку з різною товщеною та покращує якість отриманих виробів.

Використання запропонованої конструкції каландра дає можливість досягти поставлену мету, а саме покращити якість одержуваних гумової стрічки.

					ЛП93.097256.01.70ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		30

Розрахунки

До дипломного проєкту

**На тему: «Каландр для виробництва гумової стрічки з модернізацією
пристрою для регулювання зазору»**

Київ-2023-року

Зміст

1. Розрахунки.....	2
1.1. Розрахунки, які підтверджують працездатність.....	2
1.1.1. Розрахунок розпірного зусилля між валками каландра.....	2
1.1.2. Розрахунок потужності приводу каландрів.....	5
1.1.3. Розрахунок продуктивності каландра.....	6
1.1.4. Розрахунок потужності приводу каландра.....	7
1.1.5. Розрахунки на міцність та жорсткість деталей та вузлів каландра.....	9
1.2. Програма розрахунку підшипників валка написана на мові C++.....	17
1.2.1. Розрахунок пристрою для регулювання зазору.....	20
1.3. Розрахунок на міцність регулюючого гвинта за допомогою програми Ansys.....	22
Висновок.....	

ЛП93.097256.01.70PP							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
		Ратніков А.С.			Літ.	Арк.	Аркушів
		Герасименко Ю.			1	1	26
					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІХФ		
		Сокольський					

*Каландр для виробництва
гумової стрічки з
модернізацією пристрою для
регулювання зазору*

1. Розрахунки

1.1. Розрахунки, які підтверджують працездатність

1.1.1. Розрахунок розпірного зусилля між валками каландра

Розрахунок проводиться за методикою приведеною в [5 с. 33].

Вихідні дані для розрахунку

Діаметр валків $D = 0,3$ м,

Частота обертання валків:

першого – 20 1/хв,

другого – 20 1/хв,

третього – 18 1/хв

Відстань між обмежувальними стрілками $L = 1$ м.

Значення фрикцій валків

$$f_1 = 1:1$$

$$f_2 = 1:1,2.$$

Товщина гумової стрічки, що каландрується $h_{стр} = 5-10$ мм = 5 мм (приймаємо для розрахунку), початковому, калібруючих зазорах каландру відповідно: $\Delta_1 = 20$, $\Delta_2 = 18$.

Реологічні константи приймаємо для резинової суміші:

$$n = 0,27;$$

$$k = 117600 \text{ Н} \cdot \text{с}^n / \text{м}^2.$$

					ЛП93.097256.01.70PP	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		2

1.1.2. Розрахунок потужності приводу каландрів

1. Визначення крутного моменту першого валка, (Н·м):

$$M_1 = \frac{3 \cdot C_2 \cdot k \cdot a_{e\phi 2}^{n-1} \cdot v_1^n \cdot (1 + f_1) \cdot R \cdot \sqrt{R} \cdot L}{\sqrt{h_0}}$$

де v_1 - Окружна швидкість найбільш повільного валка із пари перший – другий валки, м/с;

$T_2(\Delta, f)$, $C_2(\Delta, f)$ - Коефіцієнти, що залежать від Δ , f , знаходяться з табл. 7 та 11 [5] відповідно. $T_2(20; 1) = 1.169$, $C_2(20; 1) = 0.325$

$$a_{e\phi 2} = \frac{(1 + f_1) \cdot T_2}{h_0 \cdot \sqrt{\Delta_1 - 1}} = \frac{(1 + 1) \cdot 1.169}{3,76 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{20 - 1}} = 142.6 \text{ м}^{-1}$$

$$M_1 = \frac{3 \cdot 0.325 \cdot 117600 \cdot 142.6^{0.27-1} \cdot 0.314^{0.27} \cdot (1 + 1) \cdot 0.15 \cdot \sqrt{0.15} \cdot 1}{\sqrt{3,76 \cdot 10^{-3}}} = 1826 \text{ Нм}$$

2. Визначення крутного моменту другого валка (Н·м):

$$M_2 = 3kR\sqrt{RL} \left(\frac{C_1 \cdot a_{e\phi 1}^{n-1} \cdot v_1^n \cdot (1 + f_1)}{\sqrt{h_0}} + \frac{C_{22} \cdot a_{e\phi 22}^{n-1} \cdot v_2^n \cdot (1 + f_2)}{\sqrt{h_k}} \right)$$

де v_1 - Окружна швидкість найбільш повільного валка із пари перший – другий валки, м/с;

$T_2(\Delta, f)$, $C_2(\Delta, f)$ - Коефіцієнти, що залежать від Δ , f , знаходяться з табл. 7 та 11 [5] відповідно.

$$T_1(20; 1) = 1.169, C_1(20; 1) = 0.325$$

$$T_{22}(18; 1.2) = 1.37, C_{22}(18; 1.2) = 0.423$$

					ЛП93.097256.01.70PP	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		5

Валки каландрів розраховують на міцність з урахуванням силових факторів, що діють на них (рис. 3.2). Схема навантаженого стану валків каландру показано на рис. 3.2. На валки каландру діють: розподілені по робочій поверхні розпірне валка P і окружне L зусилля, що виникають при силевій взаємодії з оброблюваним матеріалом; крутний момент, що створюється окружним зусиллям L , розподіленим по робочій поверхні; реакції в підшипникових опорах валка R_1 та R_2 , що мають як горизонтальні ($R_{1Г}$, $R_{1В}$), так і вертикальні ($R_{2Г}$, $R_{2В}$) складові, їх будемо визначати використовуючи рівняння статyki.

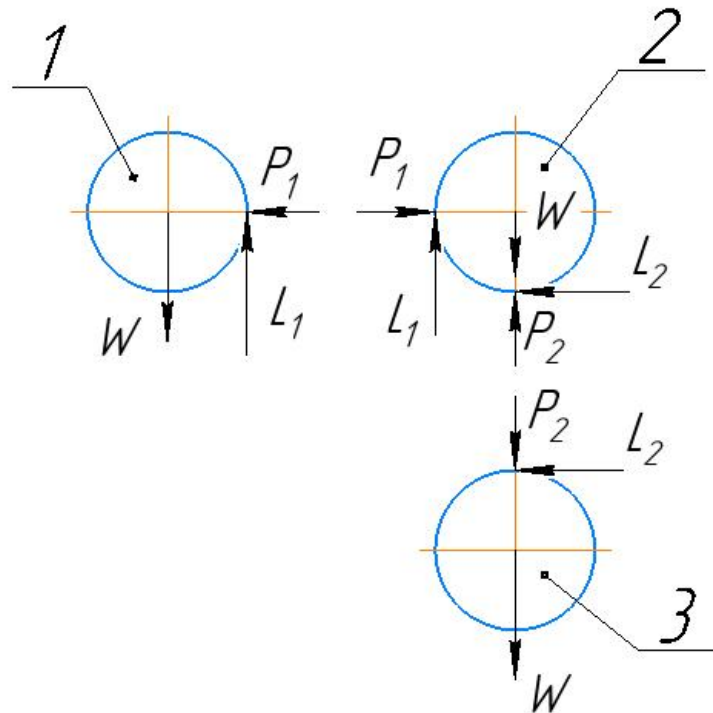


Рисунок 2.2 – Схема навантаження валків L-подібного каландру

Визначення реакцій в підшипникових опорах найбільше навантаженого валка каландра, з рисунка 4.1 може зробити висновок що це валок 2:

Значення L та P визначаємо за формулами приведенними в [1]:

$$L_1 = \frac{M_1}{R} = \frac{1826}{0,15} = 12173H$$

$$P_1 = 134.8 \text{ кН}$$

де R - радіус валка відповідно;

					ЛП93.097256.01.70PP	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		10

М і Р - момент і розпірне зусилля на валку

$$L_2 = \frac{M_2}{R} = \frac{1360}{0,15} = 9067H$$

$$P_2 = 188,2 \text{ кН}$$

Силу ваги валка знайдемо за формулою

$$W = m \cdot g = 2300 \cdot 9,81 = 22563 \text{ Н}$$

де, m – маса валка (прийнято із прототипу ГОСТ 14333-79 $m = 2300 \text{ кг}$)

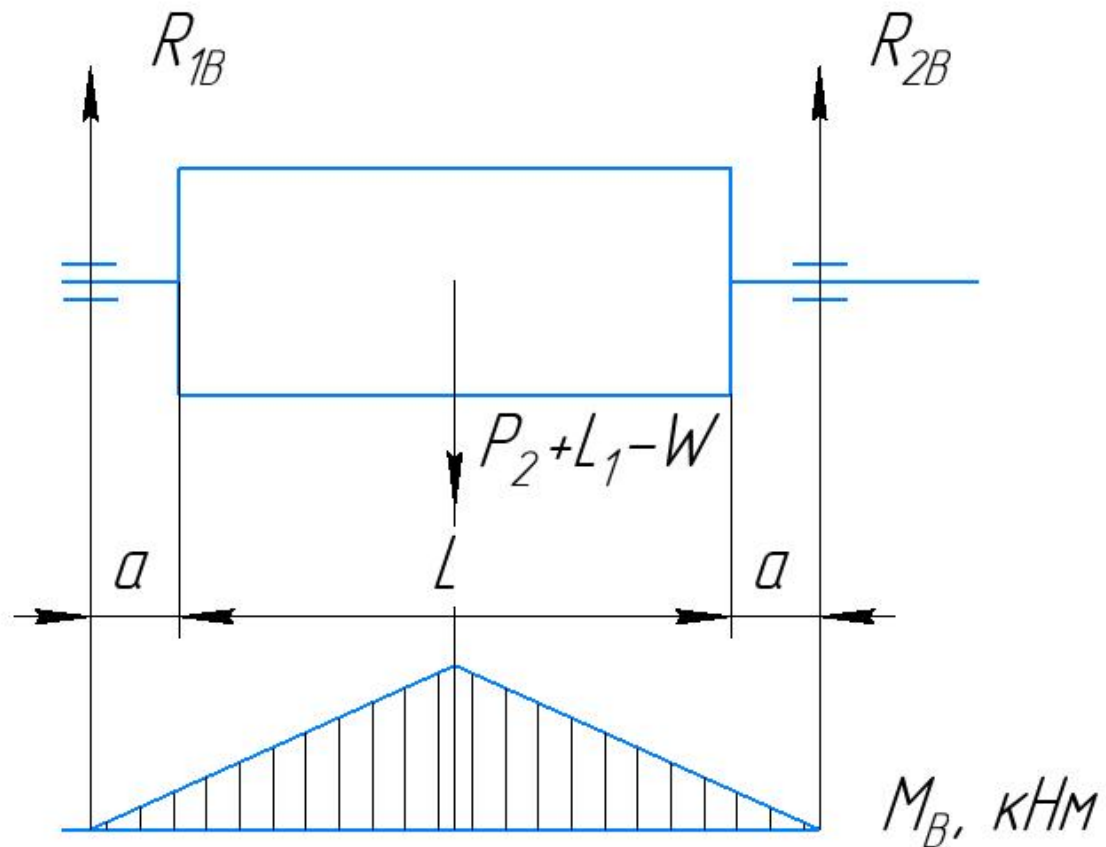


Рисунок 2.3 – Сили які діють у вертикальній площині та еюра моментів

					ЛП93.097256.01.70PP	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		11

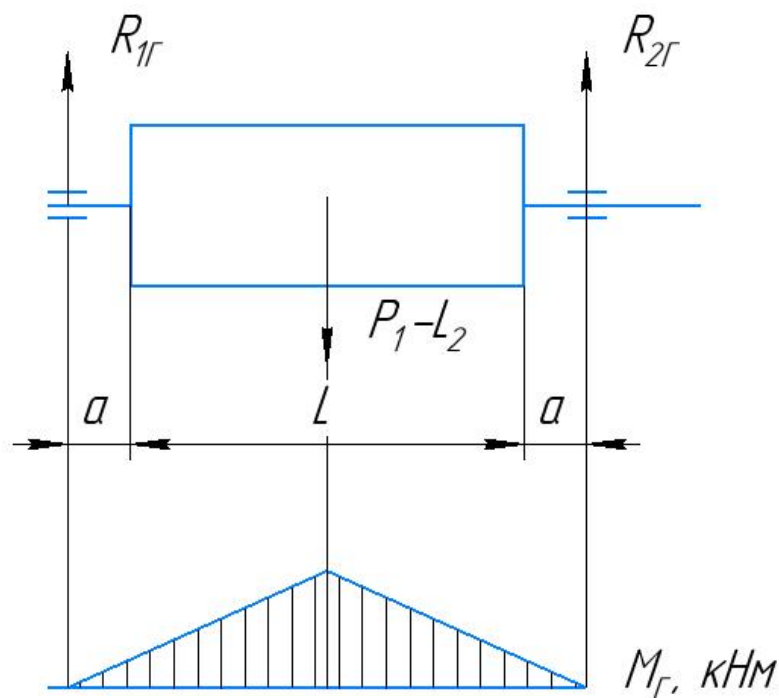


Рисунок 2.4— Сили які діють у горизонтальній площині та еюра моментів

За рівняннями статки визначаємо складові реакцій діючих в опорах
В горизонтальній площині:

$$\sum M_{1Г} = 0; R_{2Г} \cdot (2 \cdot a + L) - \left(\frac{L}{2} + a\right) = 0$$

$$R_{2Г} = \frac{(P_1 - L_2) \cdot \left(\frac{L}{2} + a\right)}{(2 \cdot a + L)}$$

$$= \frac{125733 \cdot \left(\frac{1}{2} + 0.15\right)}{2 \cdot 0.15 + 1} = 62867 \text{ H}$$

$$\sum M_{2Г} = 0; R_{1Г} \cdot (2 \cdot a + L) - (P_1 - L_2) \cdot \left(\frac{L}{2} + a\right) = 0$$

$$R_{1Г} = \frac{(P_1 - L_2) \cdot \left(\frac{L}{2} + a\right)}{(2 \cdot a + L)}$$

$$= \frac{125733 \cdot \left(\frac{1}{2} + 0.15\right)}{2 \cdot 0.15 + 1} = 62867 \text{ H}$$

В вертикальній площині:

$$\sum M_{1B} = 0; R_{2B} \cdot (2 \cdot a + L) - (P_2 + L_1 - W) \cdot \left(\frac{L}{2} + a\right) = 0$$

$$R_{2B} = \frac{(P_2 + L_1 - W) \cdot \left(\frac{L}{2} + a\right)}{(2 \cdot a + L)}$$

$$= \frac{177810 \cdot \left(\frac{1}{2} + 0.15\right)}{2 \cdot 0.15 + 1} = 88905 \text{ H}$$

$$\sum M_{2B} = 0; R_{1B} \cdot (2 \cdot a + L) - (P_2 + L_1 - W) \cdot \left(\frac{L}{2} + a\right) = 0$$

$$R_{1B} = \frac{(P_2 + L_1 - W) \cdot \left(\frac{L}{2} + a\right)}{(2 \cdot a + L)}$$

$$= \frac{177810 \cdot \left(\frac{1}{2} + 0.15\right)}{2 \cdot 0.15 + 1} = 88905 \text{ H}$$

В літературі [1] відзначається що при розрахунку на міцність валків слід мати на увазі, що вони відчувають циклічне навантаження, тому в якості міцності характеристики матеріалу (як правило, високо-міцного чавуну) слід користуватися межею втомної міцності при симетричному циклі навантаження. Розрахунковий коефіцієнт запасу повинен бути не меншим за 2. При визначенні небезпечного перерізу валка необхідно враховувати концентрацію напруг у місці стику бочки та цапфи.

Розраховуємо валка на міцність будемо вести за методикою [4] та за рекомендаціями які приведені вище перевіірочний розрахунок проведемо для місця де на валок діють найбільші навантаження:

У розрахунку використовуємо коефіцієнт навантаження $K_{\text{п}} = 2.2$.

Геометричні характеристики перерізу:

					ЛП93.097256.01.70PP	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		13

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{3.14 \cdot 300^3}{32} = 2649375 \text{ мм}^3$$

$$W_K = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{3.14 \cdot 300^3}{16} = 5298750 \text{ мм}^3$$

Визначаємо нормальні та дотичні напруги в аналізованому перерізі при дії максимальних навантажень:

$$\begin{aligned} M_{2\Gamma} &= R_{1\Gamma} \cdot (2 \cdot a + L) - (P_1 + L_2) \cdot \left(\frac{L}{2} + a\right) = \\ &= 62867 \cdot \frac{(2 \cdot 0.15 + 1)}{2} = 40864 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{2B} &= R_{1B} \cdot \frac{(2 \cdot a + L)}{2} = \\ &= 88905 \cdot \frac{(2 \cdot 0.15 + 0.8)}{2} = 57788 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

$$M_2 = \sqrt{M_{2\Gamma}^2 + M_{2B}^2} = \sqrt{40864^2 + 57788^2} = 70776 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\sigma = \frac{10^3 \cdot K_{II} \cdot M_2}{W} = \frac{10^3 \cdot 2.2 \cdot 70776}{2649375} = 58.8 \text{ МПа}$$

$$\tau = \frac{10^3 \cdot K_{II} \cdot M_{kp}}{W_k} = \frac{10^3 \cdot 2.2 \cdot 1360}{5298750} = 0.56 \text{ МПа}$$

Часні коефіцієнти запасу міцності за нормальними та дотичними напругами:

$$S_{T\sigma} = \frac{\sigma_T}{\sigma} = \frac{370}{58.8} = 6.3$$

$$S_{T\tau} = \frac{\tau_T}{\tau} = \frac{370}{0.56} = 661$$

Загальний коефіцієнт запасу міцності за межами плинності:

						ЛП93.097256.01.70PP	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата			14

$$\sigma_{-1} = 0.43 \cdot \sigma_B = 0,43 \cdot 790 = 258 \text{ МПа}$$

$$\tau_{-1} = 0.58 \cdot \sigma_{-1} = 0,58 \cdot 258 = 150 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{-1D} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D}} = \frac{340}{4,89} = 69,4 \text{ МПа}$$

$$\tau_{-1D} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D}} = \frac{150}{2,93} = 51,2 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт впливу асиметрії циклу

$$\psi_{\tau D} = \frac{\psi_{\tau}}{K_{\tau D}}$$

Коефіцієнт чутливості металу до асиметрії циклу напруги є $\psi_{\tau} = 0.10$

Тоді

$$\psi_{\tau D} = \frac{0,1}{2,93} = 0,034$$

Нарешті знаходимо коефіцієнти запасу:

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1D}}{\sigma_a + \psi_{\sigma D} \cdot \sigma_m} = \frac{69,4}{26,7} = 2,6$$

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1D}}{\tau_a + \psi_{\tau D} \cdot \tau_m} = \frac{51,2}{0,26 + 0,034 \cdot 0,26} = 190$$

$$S = \frac{2,6 \cdot 190}{\sqrt{2,6^2 + 190^2}} = 2,6$$

Оскільки $S = 2,6 \geq [S] = 2$, то опір втоми вважаємо забезпеченим

					ЛП93.097256.01.70PP	16
Змн.	Арк.	№ докум.	№	Підпис		

1.2. Програма розрахунку підшипників валка написана на мові C++

До підшипників валків каландрів пред'являються такі вимоги [2]:

- 1) велика несуча здатність;
- 2) малі габарити;
- 3) малі втрати на тертя;
- 4) можливість невеликих кутових зсувів валу;
- 5) мінімальний радіальний зазор.

Першу вимогу визначається тим, що підшипники навантажені великими радіальними зусиллями.

Друга вимога обумовлена тим, що валки практично доторкаються один до одного, тому максимально можливий габаритний розмір корпусу підшипника не може бути більшим за діаметр робочої частини валка.

Внаслідок великого радіального навантаження в парі тертя підшипника генерується значна кількість тепла, ефективне відведення якого затруднене. Підвищена температура пари тертя погіршує умови її змащення, тому задоволення третьої вимоги не лише зменшує втрати енергії на тертя, а й підвищує довговічність підшипника.

Для розрахунку довговічності та динамічної вантажопідйомності підшипників напишемо програму у середовищі Microsoft Visual Studio 2022 використовуючи мову C++ формули для розрахунків підшипників прийняті із літератури [4]. Розрахунок будемо вести на динамічну вантажопідйомність по якій будемо обирати необхідний радіальний 2-х рядний роликотпідшипник, за довідником [6].

$$R_1 = \sqrt{R_{1r}^2 + R_{1b}^2}$$

$$R_2 = \sqrt{R_{2r}^2 + R_{2b}^2}$$

						ЛП93.097256.01.70PP	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата			17

$$P_{екв} = (V \cdot X \cdot R_i + Y \cdot F_A) \cdot K_t \cdot K_{б}$$

$$C_{роз} = P_{екв} = \left(573 \cdot \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot \frac{L_h}{10^6} \right)^{\frac{10}{3}}$$

Складемо таблицю індексаторів які використовуються в програмі

№	За текстом	У програмі	Числове значення	Од. вим	Тип
1	R_1	R1	обчислюється	Н	Double
2	R_2	R2	обчислюється	Н	Double
3	$R_{1Г}$	R1Г	88905	Н	Double
4	$R_{1В}$	R1В	62867	Н	Double
5	$R_{2Г}$	R2Г	88905	Н	Double
6	$R_{2В}$	R2В	62867	Н	Double
8	n	n	20	об/хв	Double
9	$C_{роз}$	Ct	обчислюється	Н	Double
10	№ підшипника	XXX	Приймається за умовою $C_{роз} \geq C$	-	Double
11	C	C	Задається	Н	Double
12	$C0$	C0	Задається	Н	Double
13	e	e	обчислюється	-	Double
14	F_{a1}	Fa1	обчислюється	Н	Double
15	F_{a2}	Fa2	обчислюється	Н	Double
16	X	X	обчислюється	-	Double
17	Y	Y	обчислюється	-	Double
18	P_1	Pa	обчислюється	Н	Double
19	P_2	Pb	обчислюється	Н	Double
20	F_{aI}	FaI	обчислюється	Н	Double
21	F_{aII}	FaII	обчислюється	Н	Double
22	P	P	обчислюється	Н	Double

Рисунок 2.5 – Результати розрахунку

1.2.1. Розрахунок пристрою для регулювання зазору

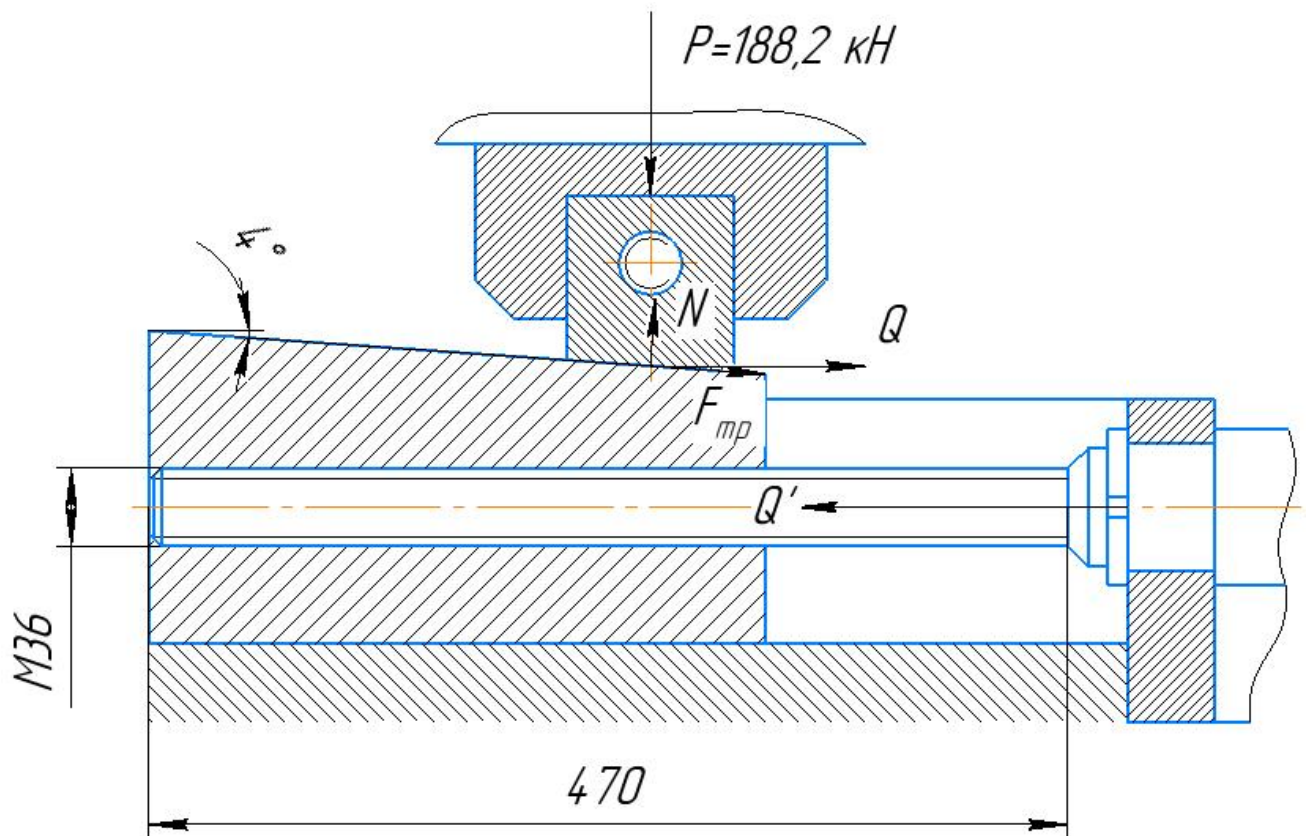


Рис. 2.7 – Розріз регулюючого пристрою

Вихідні дані для розрахунку

Різьба: метрична за ГОСТ 24705-81

Матеріали для виготовлення натяжного пристрою:

гайка - Сталь Ст3 ГОСТ 1050-88);

гвинт - сталь 45 (ГОСТ 1050-88) без гарту;

Осьова сила яка діє на гвинт

$$Q = F_{тр} \cdot \cos \alpha + N \cdot \sin \alpha$$

де N – нормальна реакція опорної площини, $N = P \cdot \cos \alpha$

$F_{тр}$ – сила тертя, Н

					ЛП93.097256.01.70PP	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		20

d_2 - Середній діаметр різьблення.

Умова самогальмування:

$$k_c = \frac{\rho'}{\varphi} \geq 1,3$$
$$\varphi = \arctg\left(\frac{1 \cdot 4}{\pi \cdot 31,67}\right) = 2,3^\circ$$
$$k_c = \frac{7,889^\circ}{2,3^\circ} = 3,42 \geq 1,3$$

Момент тертя у різьбленні:

$$T_p = 0,5 \cdot Q \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg}(\varphi + \rho') =$$
$$= 0,5 \cdot 15000 \cdot 31,67 \cdot \operatorname{tg}(2,3^\circ + 7,889^\circ) = 42690 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 42,7 \text{ Нм}$$

1.3 Розрахунок на міцність регулюючого гвинта за допомогою програми Ansys

Мета: Перевірити гвинт пристрою регулювання зазору на міцність у програмному забезпеченні Ansys.

Вихідні дані:

Осьова сила $Q = 15 \text{ кН}$

Момент тертя в різьбі $T_p = 42,7 \text{ Нм}$

Матеріал гвинта сталь 45 (ГОСТ 1050-88) без гарту.

Своримо 3Д модель гвинта рис. 2.8

					ЛП93.097256.01.70PP	
Змн.	Арк.	№ док. №	Підпис	Дата		22

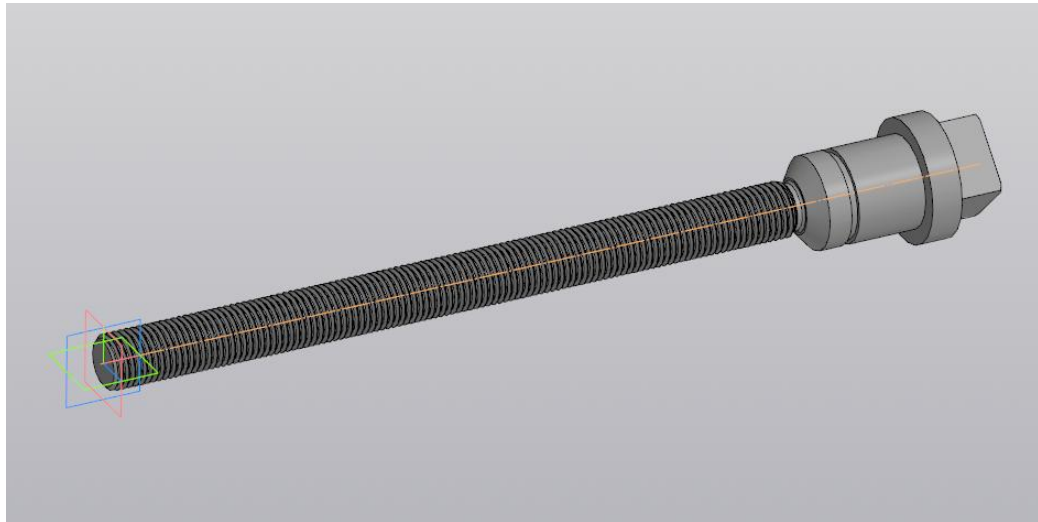


Рис. 2.8 – Структура програми проведення розрахунків
 Вибираємо в програмі вид дослідження «статичне» (рис. 2.9)

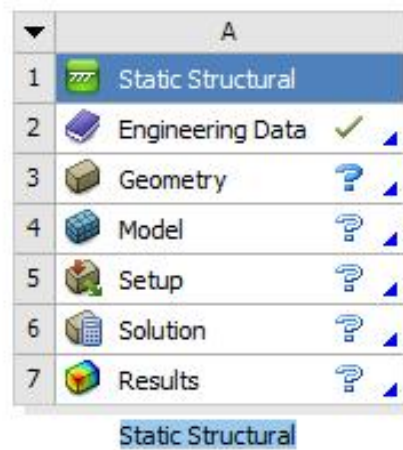


Рис.2.9 – Структура статичного дослідження

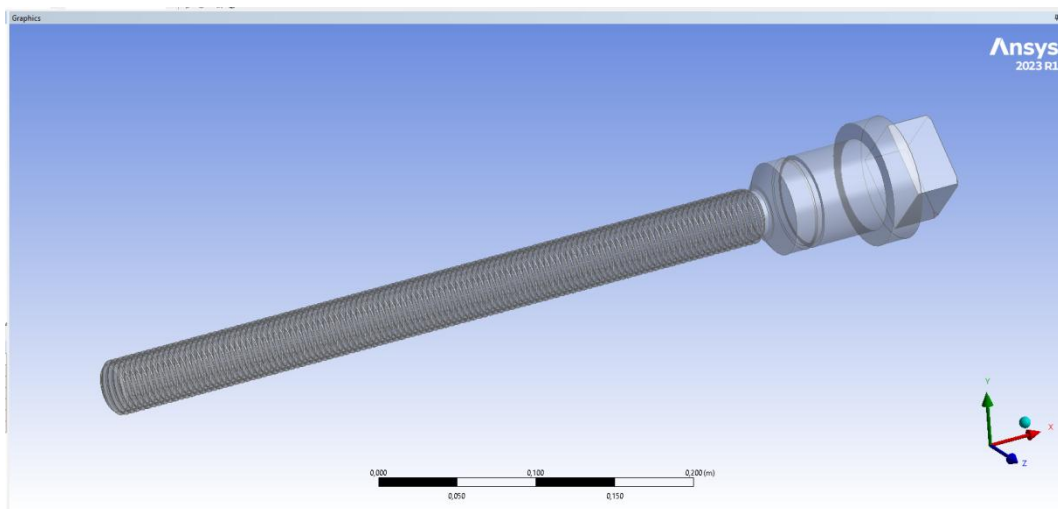


Рис. 2.10 – Початкова геометрія натяжного гвинта в програмі

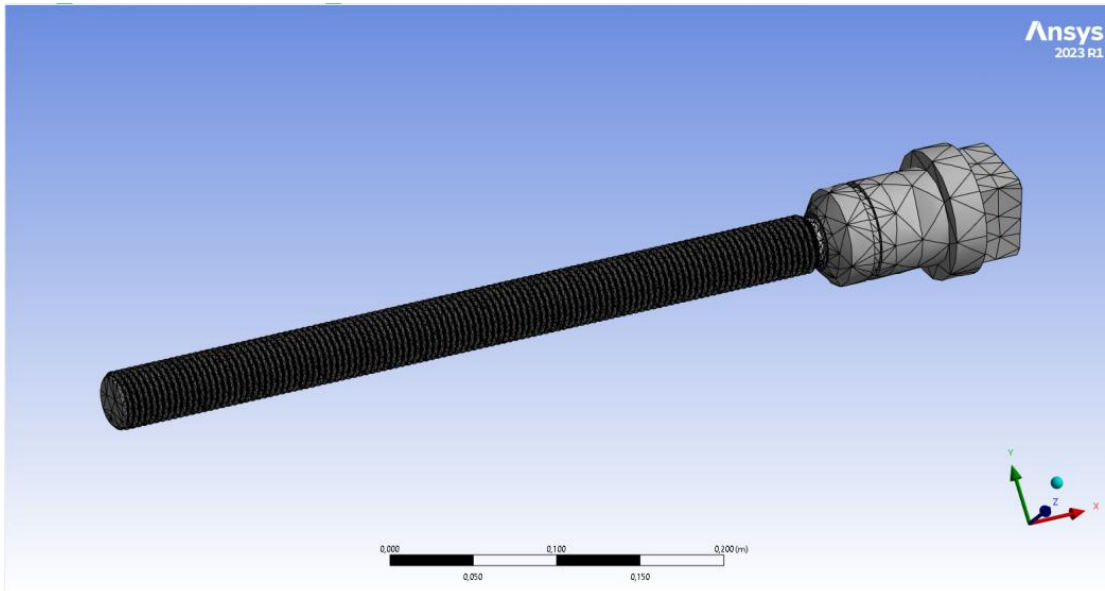
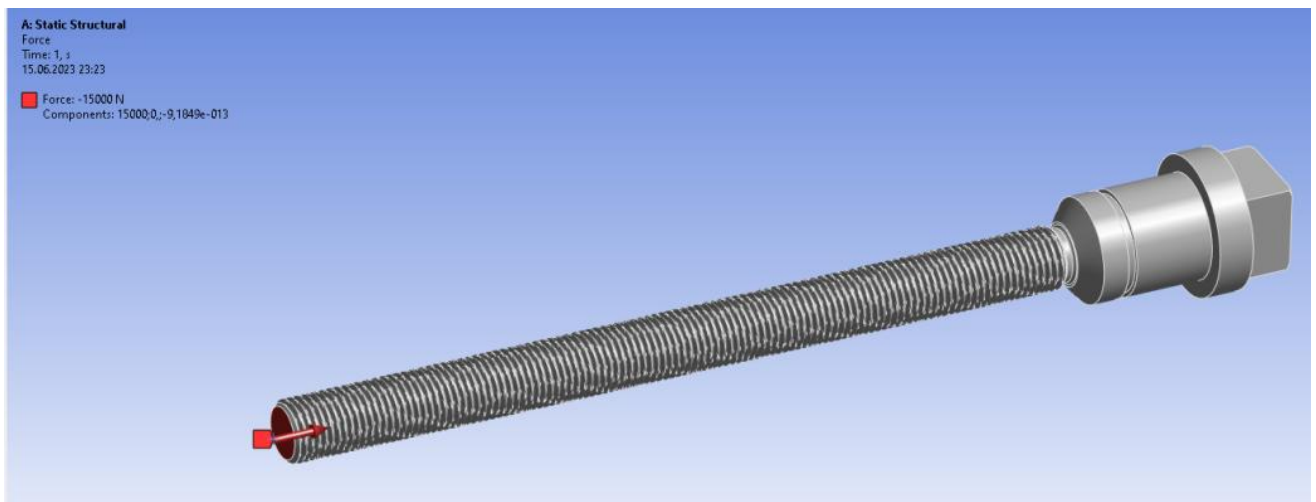


Рис. 2.11 – Задання розрахункової сітки гвинта

Задаємо сили які будуть діяти на гвинт це осьова сила та момент тертя в різьбі (рис. 2.13)



						ЛП93.097256.01.70PP	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата			24

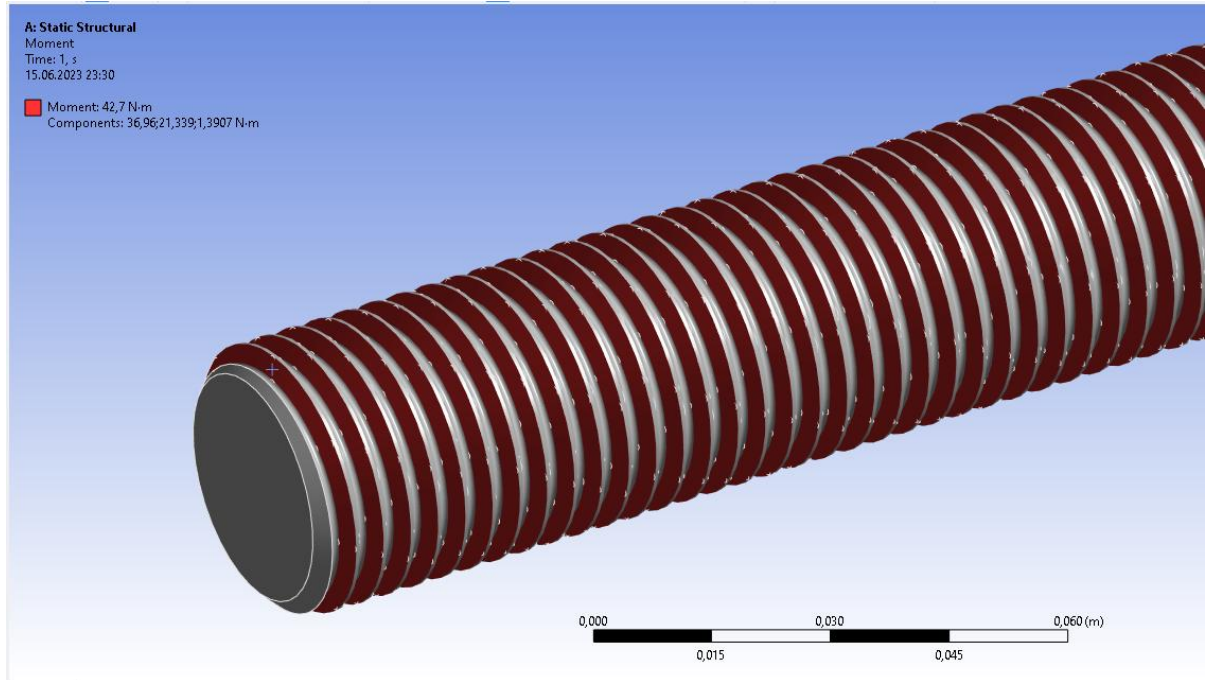


Рис. 2.13 – Задання навантаження на гвинт

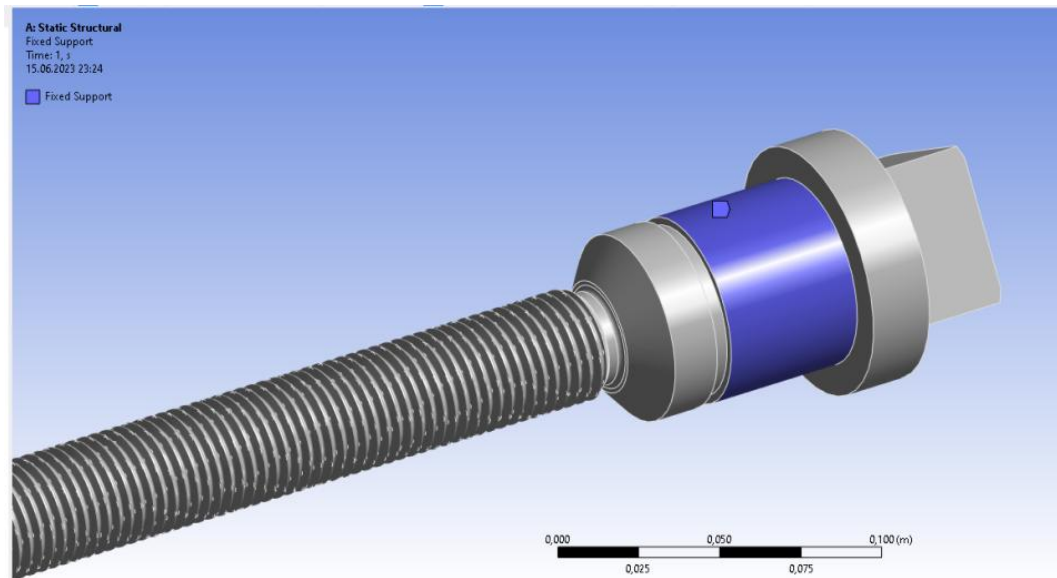


Рис. 2.14 – Задання опори заземлення для розрахунку

Технологія машинобудування
До дипломного проекту
На тему: «Каландр для виробництва гумової стрічки з модернізацією
пристрою для регулювання зазору»

Київ-2023-року

Зміст

1.	Технологія машинобудування.....	2
1.1.	Опис та призначення деталі.....	2
1.2.	Вибір заготовки для виготовлення деталі.....	3
1.3.	Технологічний процес виготовлення деталі.....	5
1.4.	Вибір пристосування опис конструкції та принцип дії.....	8
1.5.	Розрахунок сил закріплення деталі.....	9

					ЛП93.097256.01.70TE			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ратніков А.С.			<i>Каландр для виробництва гумової стрічки з модернізацією пристрою для регулювання зазору</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Герасименко Ю.					1	12
Конс.						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ІХФ</i>		
Н. Контр.								
Затверд.		Сокольський						

1. Технологія машинобудування

1.1. Опис та призначення деталі

Деталь відноситься до класу вали. Габаритні розміри $\varnothing 105 \times 519$ мм. Аналіз креслення показує, що найвищі вимоги щодо точності та якості пред'являються до вхідної та вихідної шийок валу ($\varnothing 85k6, \varnothing 80g6$) (рис. 3.1).

Конструкція деталі в основному відпрацьована на технологічність, має високу жорсткість, забезпечує вільний доступ інструменту до поверхонь, що дозволяє використовувати при обробці багато інструментальні налагодження і продуктивні режими різання.

Задана кресленням точність розмірів поверхонь, їх відносне розташування та параметри якості можуть бути економічно забезпечені традиційними методами обробки.

Разом з тим, передбачена кресленням форма паза шпонки не технологічна, так як вимагає обробки малопродуктивним методом (кінцевою фрезою, багатопрохідним фрезеруванням). Очевидно, що без шкоди для міцності валу форму цього паза доцільно було б замінити або на сегментну або напіввідкриту, і застосувати більш продуктивні дискові фрези.

Деталь має зручні базові поверхні (центрові отвори та циліндрична поверхня).

					ЛП93.097256.01.70TE	2
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		

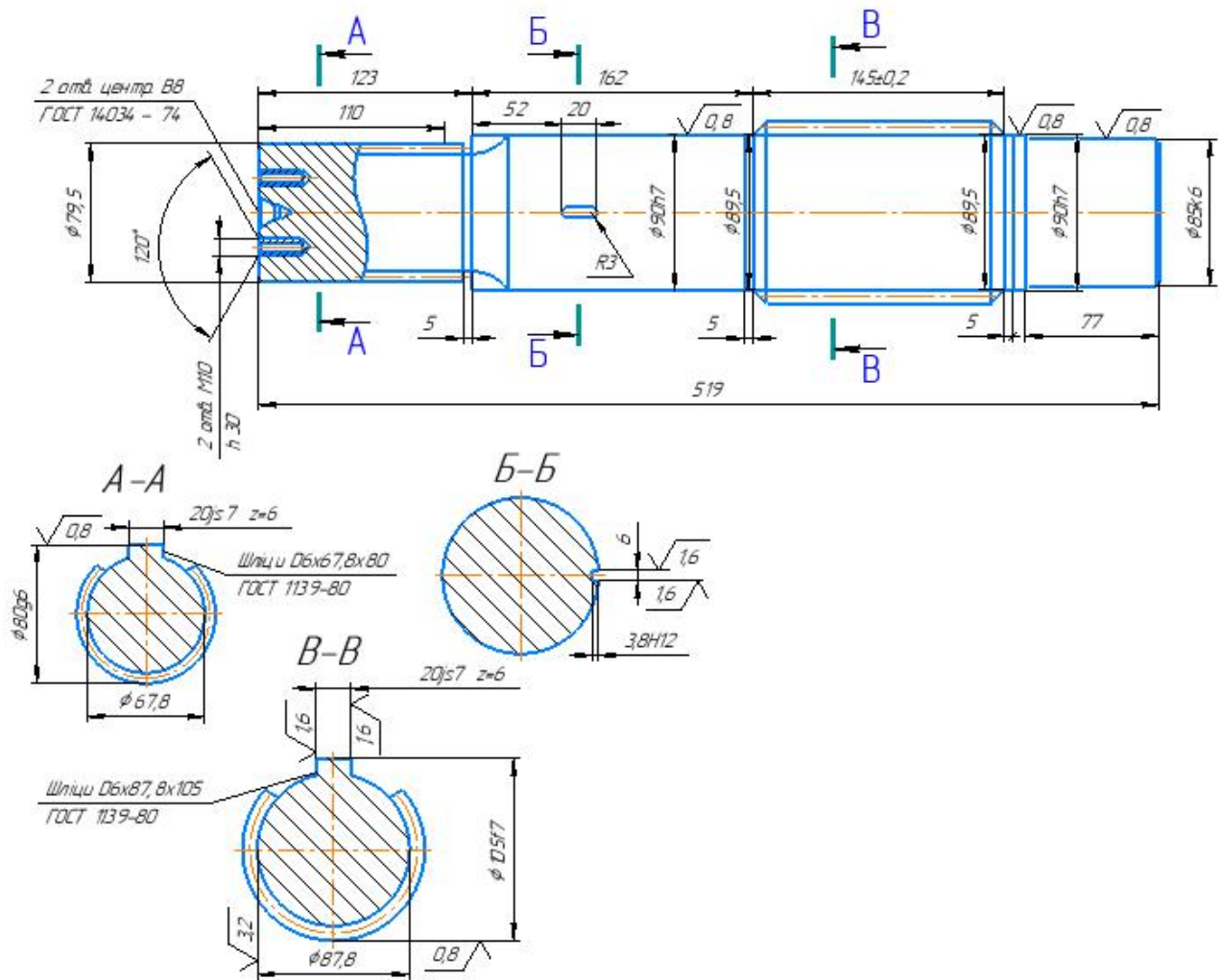


Рис. 3.1 – Деталь вал шліцевий

1.2. Вибір заготовки для виготовлення деталі

Деталь: шліцевий вал.

Матеріал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Як заготовку обраний прокат круглого перерізу, тому що:

- 1 - деталь – тіло обертання;
- 2 - незначні відходи металу у процесі обробки;

Таблиця 3.1 - Хімічний склад сталі 45 ДСТУ1050-2013

Si	Ni	Cr	S	P	C	Mn
			Не більше			
0,17 - 0,37	0,30	0,30	0,045	0,045	0,40 – 0,50	0,50 -0,80

Довжина заготівлі з урахуванням припусків на підрізування двох торців повинна дорівнювати: $519+(2 \cdot 1,2) = 521,4$ мм,

де, 519 - Довжина деталі, мм;

1,2 - припуск на обробку одного торця, мм.

Визначимо масу заготівлі:

$S = 95,033 \text{ см}^2 = 0,0095 \text{ м}^2$ - площа поперечного перерізу поковки $\text{Ø}110$ мм (ГОСТ 2590-2006);

$\rho = 7595 \text{ кг/м}^3$ – щільність сплаву;

$M_{\text{заг}} = M \cdot L_{\text{заг}} = 72,153 \cdot 0,5214 = 37,62 \text{ кг}$,

де, $M = 0,0095 \cdot 7595 = 72,153 \text{ кг}$ - маса поковки довжиною 1,0 м і $\text{Ø}110$ мм;

$L_{\text{заг}} = 521,4 \text{ мм} = 0,5214 \text{ м}$ – довжина заготовки.

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K = \frac{M_{\text{дет}}}{M_{\text{заг}}} = \frac{24,3}{37,62} = 0,65 ,$$

де, $M_{\text{дет}} = 24,2965 \text{ кг}$ - маса деталі.

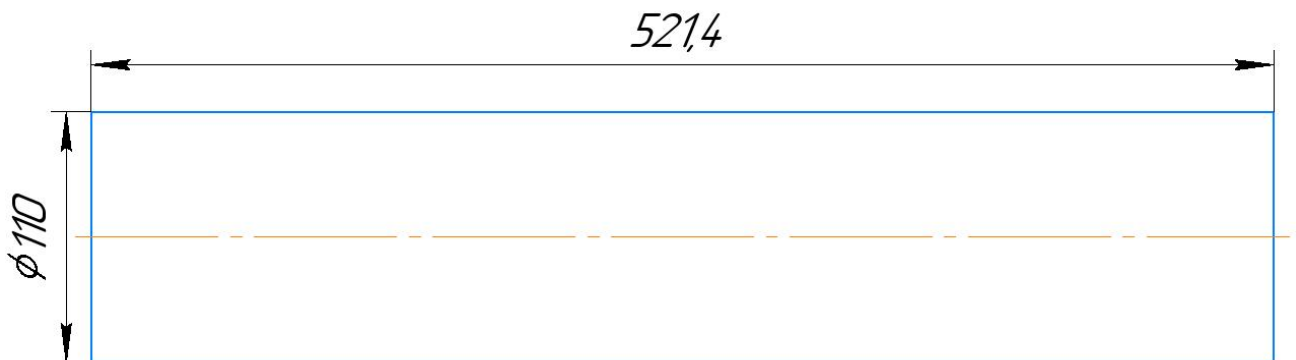


Рис. 3.2 - Заготовка

1.3. Технологічний процес виготовлення деталі

Таблиця 3 – Технологічний процес виготовлення шліцевого валу

№	Зміст переходів
	005 Відрізна (Фрезерно-відрізна 8А641)

						ЛП93.097256.01.70ТЕ	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата			5

1	Встановити заготовку Ø110x549 у призматичні лещата
2	Відрізати заготовку Ø110x521,4
3	Зняти заготовку
010 Термічна	
015 Фрезерна (фрезерно-центрувальний верстат 2Г942)	
1	Встановити заготовку Ø110x521,4 у лещата
2	Фрезерувати торці Ø110 одночасно, витримуючи розмір 519±0,2
3	Просвердлити центрові отвори Ø8 одночасно
4	Зняти заготовку
020 Токарна (токарний верстат 16К20Ф3)	
1	Встановити заготовку в центр, що обертається, з повідковим патроном.
2	Точити шийку ($\text{Ø}80_{-0,029}^{-0,01}$) до Ø85, витримуючи розмір 123
3	Точити шийку ($\text{Ø}90_{-0,035}$) до Ø95, витримуючи розмір 162
4	Точити фаски 2x45°
5	Зняти заготовку
025 Токарна (токарний верстат 16К20Ф3)	
1	Встановити заготовку в центр, що обертається, з повідковим патроном.
2	Точити шийку ($\text{Ø}85_{+0,003}^{+0,025}$) до Ø90, витримуючи розмір 77
3	Точити шийку ($\text{Ø}90_{-0,035}$) до Ø95, витримуючи розмір 12
4	Точити фаски 2x45°
5	Перевстановити заготовку
6	Точити шийку ($\text{Ø}80_{-0,029}^{-0,01}$) до Ø82, витримуючи розмір 123
7	Точити шийку ($\text{Ø}105_{-0,071}^{-0,036}$) до $\text{Ø}105,6_{-0,01}$, витримуючи розмір 145±0,2
8	Точити фаски 13x45°
9	Точити шийку ($\text{Ø}90_{-0,035}$) до $\text{Ø}90,5_{-0,01}$, витримуючи розмір 162
10	Проточити канавку Ø67,8, витримуючи розмір 5
11	Проточити канавку Ø89,5, витримуючи розмір 5
12	Зняти заготовку
030 Токарна (токарний верстат 16К20Ф3)	
1	Встановити заготовку в центр, що обертається, з повідковим патроном.
2	Точити шийку ($\text{Ø}80_{-0,029}^{-0,01}$) до $\text{Ø}80,6_{-0,074}$, витримуючи розмір 118
3	Перевстановити заготовку
4	Точити шийку ($\text{Ø}90_{-0,035}$) до $\text{Ø}90,5_{-0,87}$, витримуючи розмір 12
5	Точити шийку ($\text{Ø}85_{+0,003}^{+0,025}$) до $\text{Ø}85,5_{-0,87}$, витримуючи розмір 77
6	Точити фаски 13x45°
7	Проточити канавку Ø89,5 витримуючи розмір 5
8	Зняти заготовку

035 Фрезерна (Шпонково-фрезерний верстат 6930)	
1	Встановити заготовку в самоцентруючі лещата
2	Фрезерувати шпонковий паз $6 \times 3,8 \times 20$
3	Зняти заготовку
040 Свердлильна (Радіально-свердлильний верстат 2А554)	
1	Встановити заготовку в пристрій для свердління на торцях валів
2	Свердлити отвір ($\varnothing 10$), витримуючи розмір 30
3	Нарізати різьблення М10х1-н30
4	Зняти заготовку
045 Шліфувальна (Круглошліфувальний верстат 3М153ДФ2)	
1	Встановити заготовку в центр з поводковим патроном
2	Попередньо шліфувати шийку ($\varnothing 80_{-0,029}^{-0,01}$) до $\varnothing 80,2_{-0,022}$, витримуючи розмір 118
3	Попередньо шліфувати шийку ($\varnothing 105_{-0,071}^{-0,036}$) до $\varnothing 105,2_{-0,022}$, витримуючи розмір $145 \pm 0,2$
4	Зняти заготовку
5	Контроль робітником 100%
050 Фрезерна (Шліцефрезерний та горизонтальний напівавтомат 5А352ДФ2)	
1	Встановити заготовку в центр з поводковим патроном
2	Фрезерувати шість шліців ($\varnothing 87,8$) розмір $20,2 \pm 0,01$, витримуючи розмір $145 \pm 0,2$
3	Зняти заготовку
055 Фрезерна (Шліцефрезерний та горизонтальний напівавтомат 5А352ДФ2)	
1	Встановити заготовку в центр з поводковим патроном
2	Фрезерувати шість шліців ($\varnothing 67,8$) розмір $20,2 \pm 0,01$, витримуючи розмір 118
3	Зняти заготовку
060 Шліфувальна (Круглошліфувальний верстат 3М153ДФ2)	
1	Встановити заготовку в центр з поводковим патроном
2	Шліфувати шийку $\varnothing 80_{-0,029}^{-0,01}$, витримуючи розмір 118
3	Шліфувати шийку $\varnothing 90_{-0,035}$, витримуючи розмір 157
4	Шліфувати шийку $\varnothing 105_{-0,071}^{-0,036}$, витримуючи розмір $145 \pm 0,2$
5	Шліфувати шийку $\varnothing 85_{+0,003}^{+0,025}$, витримуючи розмір 77
6	Шліфувати шийку $\varnothing 90_{-0,035}$, витримуючи розмір 7
7	Шліфувати шість шліців ($\varnothing 87,8$) розмір $20 \pm 0,01$, витримуючи розмір $145 \pm 0,2$

					ЛП93.097256.01.70ТЕ	7
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		

8	Шліфувати шість шліців ($\varnothing 67,8$) розмір $20 \pm 0,01$, витримуючи розмір 118
9	Зняти деталь

1.4 Вибір пристосування опис конструкції та принцип дії

Фрезерування шпоночного пазу в деталі вимагає жорсткого закріплення деталі від переміщення від дії сили різання, тому для даної операції (035) будемо проектувати настільний спеціальний пристрій.

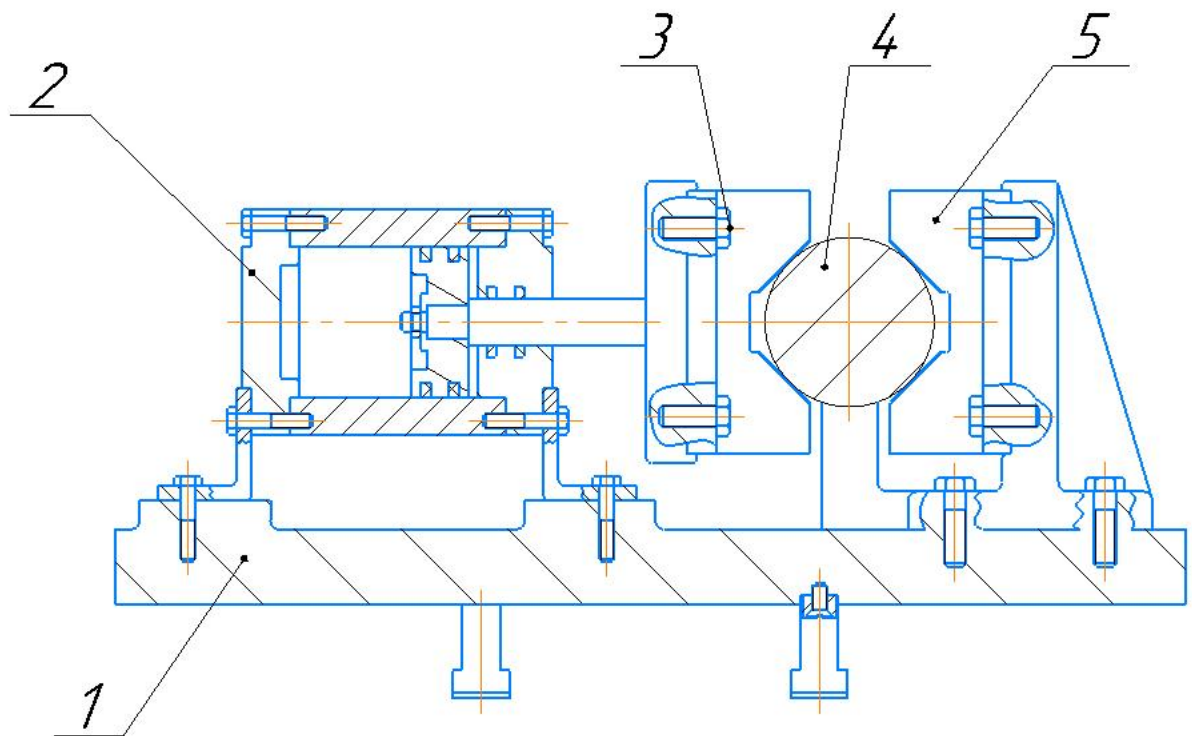


Рис. 3.3 Пристосування для фрезерування шпоночного пазу

Спеціальний пристрій складається із основної плити (1) на якій розташовані пневмо-циліндр (2), рухомий призматичний прижим (3), і нерухомий призматичний прижим (5).

Принцип роботи даного пристрою, заключається в наступному, деталь (5) установлюються між призматичними опорами (3) та (6) при відведеному штокові

					ЛП93.097256.01.70TE	8
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		

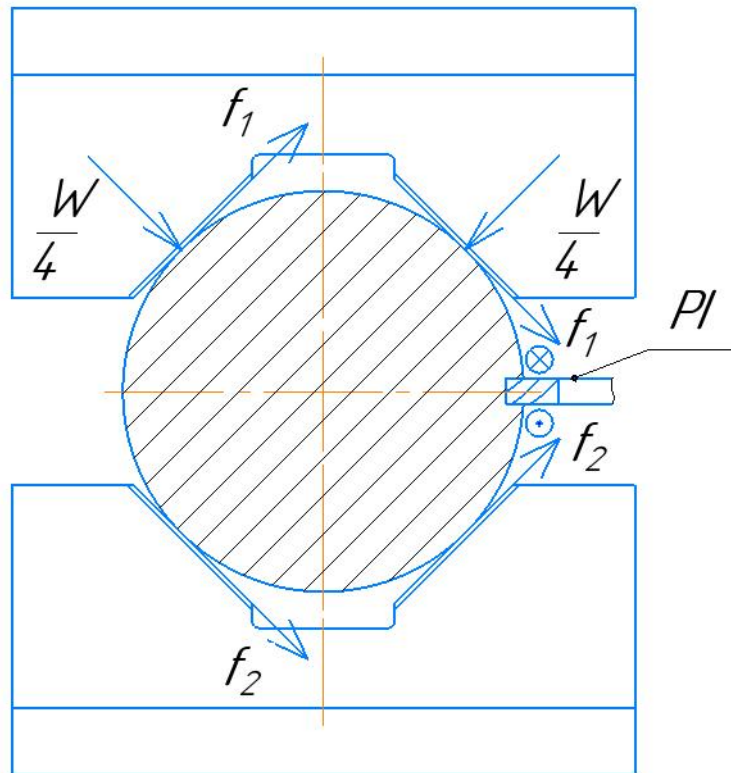


Рис 3.3 - Схема зсувних і утримувальних сил, що діють на заготовлю
 Розрахункове рівняння має такий вигляд:

$$W = \frac{k \cdot P_z}{f_1 + f_2}$$

Визначення параметрів, що входять до розрахункового рівняння
 Визначимо коефіцієнт надійності k :

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$$

для визначення скористаємося додатком [1, с.67, таблиця В.1]

$$k_0 = 1,5$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 1,0$$

$$k_3 = 1,0$$

$$k_4 = 1,0$$

$$k_5 = 1,0$$

$$k_6 = 1,0$$

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8$$

За додатком В [1, с.69, таблиця В.3] встановлюємо, що для цих умов проектування СП значення коефіцієнтів тертя дорівнюють $f_1 = 0,35$ та $f_2 = 0,35$.

Визначимо силу різання P_z

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot k_{mp}$$
$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 3,8^{0,5} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 6 \cdot 4}{6^{0,86} \cdot 250^0} \cdot 1,05 = 790 \text{ Н}$$

Розрахунок конкретного значення теоретичної сили закріплення W

$$W = \frac{1,8 \cdot 790}{0,35 + 0,35} = 2031,4 \text{ Н}$$

Затискний пристрій працює за принципом перетворення тягового зусилля Q .

Визначимо діаметр пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot p \cdot \eta \cdot i}} \text{ мм}$$

де

D – діаметр пневмоциліндра;

p - тиск робочого середовища в системі:

$p = 0,4 \dots 0,63$ МПа – тиск стисненого повітря;

					ЛП93.097256.01.70TE	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		11

η – коефіцієнт корисної дії:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2:$$

$\eta_1 = 0,95$ - ККД важільного механізму;

$\eta_2 = 0,85$ - ККД пневмоциліндра;

i - передатне відношення силового механізму:

$$i = \frac{l_2}{l_1}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2031,4}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,8075 \cdot 1}} = 80,05 \approx 80 \text{ мм}$$

Визначимо тягове зусилля, що створюється силовим приводом:

$$Q = \frac{W}{\eta \cdot i}, \text{ Н}$$

$$Q = \frac{2031,4}{0,8075 \cdot 1} = 2515,7 \text{ Н}$$

Визначимо діаметр штока пневмоциліндра за додатком [1, с.69, таблиця В.4].

При діаметрі пневмоциліндра $D = 80$ мм діаметр штока $d = 25$ мм

					ЛП93.097256.01.70TE	
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		12

Загальні висновки

Каландр для виробництва гумової стрічки з модернізацією пристрою для регулювання зазору"

Метою даної роботи була модернізацією пристрою для регулювання зазору каландра при виробництві гумової стрічки.

Для поставленої мети роботи були зроблені наступні кроки.

Зроблено літературний огляд за яким було проведено ознайомлення з каландрами різних видів та модефікацій, а також їх роботою. По переглянутій літературі були намічені основні недоліки конструкцій по яким обрано напрямком модернізації.

За обраним напрямком модернізації проведено патентний пошук, при якому обрали механізм регулювання зазору як основу для майбутньої модернізації яку втілено в базовий каландр.

Даний механізм дозволяє відрегулювати досить точно зазор між валками.

В наступному розділі роботи розглянуто умови безпечної роботи, згідно законодавства України. Виконано ознайомлення з діючими стандартами, нормами які пред'являються до виконання безпечного процесу роботи з екструдерами, та лініями нанесення ізоляції на дріт.

В наступному розділі проведено розрахунки які підтверджують працездатність каландру. Для розрахунку та підбору необхідних підшипників валків каландру було розроблено програму на мові C++, розрахунок за якою показує що підшипники обрано вірно. Також зроблено розрахунок гвинта яким регулюється зазор. В програмі Ansys було проведено розрахунок на міцність регулюючого гвинта.

Отже розроблена машина є повністю працездатною і має більш вигідні позиції для її використання. Вдосконалена конструкція дозволяє покращити регулювання зазору між валками і як наслідок зменшити брак продукції, за рахунок чіткого регулювання.

Перелік посилань

1. Торнер Р. В. Теоретичні основи переробки полімерів (механіка процесів). М., "Хімія", 1977. - 455 с.
2. Басов Н. І., Казанков Ю. В., Любартович В. А. Розрахунок та конструювання обладнання для виробництва та переробки полімерних матеріалів-Навчання, для вузів. - М.: Хімія, 1986. - 488 с.
3. Карпов В.М. Обладнання підприємств гумової промисловості: Підручник для технікумів. 2-ге вид., перераб. І дод. М.: Хімія, 1987 - 336 с.
4. Опис винаходу до патенту Пристрій для притиску валків каландру URL: <https://uapatents.com/4-2660-pristriij-dlya-pritisku-valkiv-kalandru.html> (дата звернення: 11.06.2023)
5. Опис винаходу до патенту Шпидильний пристрій URL: <http://uapatents.com/4-5473-shpindelnijj-pristriij.html>
6. Опис винаходу до патенту Вузол завязаного винта механізму регулювання міжвалкового проміжку валкової машини URL: <https://uapatents.com/4-94732-vuzol-upornogo-gvinta-mekhanizmu-regulyuvannya-mizhvalkovogo-promizhku-valkovo-mashini.html>
7. Опис винаходу до патенту Пристрій горизонтальної установки валків URL: <https://uapatents.com/2-87867-pristriij-gorizontalno-ustanovki-valkiv.html>
8. Опис винаходу до патенту: Пристрій для регулювання зазору в валкових машинах URL: <https://uapatents.com/4-13060-pristriij-dlya-regulyuvannya-zazoru-v-valkovikh-mashinakh.html>
9. Дунаєв П. Ф., Леліков О. П. Деталі машин. Курсове проектування: Навч. посібник для машинобудування. спец.установ середньої професійної освіти. - 5-те видання, доповн. - М: Машинобудування, 2004. - 560 с., іл.

10. Давидова В. Н., Лукасік В. А., Соловйова Ю. В. Розрахунки основного обладнання, що переробляє полімери: навч. Посібник [Текст]/В. Н. Давидова. - Волгоград: ВолгДТУ, 2008. - 98 с.

11. URL: <https://www.podshypnik.info>

Додатки

Додаток А
Специфікації

		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.								
						<u>Документація</u>		
Справ. №	A1				ЛП93.097253.002-70 СК	Валок складальне креслення		
						<u>Складальні одиниці</u>		
			1			Масленка	2	
						<u>Деталі</u>		
			2			Валок	1	
			3			Кришка підшипника	2	
			4			Кришка підшипника	1	
			5			Кришка підшипника	1	
Подп. и дата			6			Шайба упорна	1	
			7			Корпус підшипника	2	
Инв. № дробл.						<u>Стандартні деталі</u>		
			8			Гвинт ГОСТ Р ИСО 12474 - M12 x 35	48	
Взам. инв. №			9			Болт M10x28 ГОСТ 15589-70	6	
			10			Підшипник 3620 ГОСТ 5721-75	2	
Подп. и дата			11			Манжета 110x135 ГОСТ 8752-79	2	
			12			Манжета 90x115 ГОСТ 8752-79	1	
Инв. № подл.						ЛП93.097256.002-70 СП		
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Валок Складальне креслення	Лист	Лист
Разраб.		Ратніков А.С.					1	1
Пров.		Герасименко			КПІ ім. Ігоря Сікорського ІХФ			
Н.контр.								
Утв.		Сокольський						

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітки	Перв. примен.	
							Справ. №	Подп. и дата
A1			ЛП93.097256.004-70 В3	Документація				
				Складальне креслення				
				Складальні одиниці				
Б4		1		Пневмоциліндр				
				Деталі				
Б4		2		Корпус	1			
				Стандартні вироби				
				Болт ГОСТ 15589-70				
		4		M8x40	16			
		5		M12x30 (S18)	16			
		6		M12x40 (S18)	4			
				Гвинт ГОСТ 17475-80				
		8		A.M8x1-6gx18	4			
				Гайка ГОСТ 15522-70				
		10		2M10x1-6H	1			
		11		M20x1,5-6H	1			
			ЛП93.097253.004-70 СП					
			Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	
Инв. № подл.	Розроб	Ратніков А.С.						
	Перевір	Герасименко						
	Н.контр.							
	Затв.	Сокольський						
			Приспособування для фрезерування			Літера	Аркуш	Аркушів
						к	1	2

Додаток Б

Лістинг програми

```

#include <iostream>
#include <iomanip>
#include <fstream>
#include <Windows.h>
#include <math.h>
#define pi 3.14159265358979323846
using namespace std;

int main()
{
    SetConsoleOutputCP(1251);
    SetConsoleCP(1251);
    double R1, R2, R1z, R2z, R1b, R2b, XXX, C, CO, e, Fa1, Fa2, X, Y, Pa, Pb, Fal, Fall, n, P, Ct;
    cout << "\n ДАНО: \n Горизонтальна реакції опори, H R1z = ";
    cin >> R1z;
    cout << "\n Вертикальна реакції опори, H R1b = ";
    cin >> R1b;
    cout << "\n Горизонтальна реакції опори, H R2z = ";
    cin >> R2z;
    cout << "\n Вертикальна реакція опори, H R2b = ";
    cin >> R2b;
    e = 1.5 * tan(12 * pi / 180);
    cout << "e=" << e;
    cout << "\n Частота обертання вала, об/хв n = ";
    cin >> n;
    R1 = sqrt(pow(R1z, 2) + pow(R1b, 2));
    cout << "\n Реакція в опорі 1 R1 = (R1z^2 + R1b^2)^1/2 = ";
    cout << R1;
    R2 = sqrt(pow(R2z, 2) + pow(R2b, 2));
    cout << "\n Реакція в опорі 2 R2 = (R2z^2 + R2b^2)^1/2 = ";
    cout << R2;
    cout << "\n Освої сили які виникають в опорах \n Fa1 = 0.83 * e * R1 = ";
    Fa1 = 0.83 * e * R1;
    cout << Fa1 << " H";
    cout << "\n Fa2 = 0.83 * e * R2 = ";
    Fa2 = 0.83 * e * R2;
    cout << Fa2 << " H";
    if (Fa1 >= Fa2) {
        Fal = Fa1;
        Fall = Fa1;
    }
    else
    {

```

```

    Fa1 = Fa2;
    Fall = Fa2;
}
cout << "\n Освої навантаження які виникають в опорі: \n Fa1 =" << Fa1;
cout << "\n Fall =" << Fall;

if (Fa1 / R1 <= e) {
    X = 1;
    Y = 0.45 * 1 / tan(12 * pi / 180);
    cout << "\n Так як за розрахунками Fa1 / R1 <= e то приймаємо:";
    cout << "\n X = " << X;
    cout << "\n Y = " << Y;
    Pa = (X * R1 + Y * Fa1) * 1.2;
    cout << "\n Еквівалентне навантаження на підшипник \n Pa = (X * V * R1 + Y * Fa1)
* Kδ * Km = ";
    cout << Pa << " Н";
}
else
{
    X = 0.67;
    Y = 0.67 * 1 / tan(12 * pi / 180);
    cout << "\n Так як за розрахунками Fa1 / R1 >= e то приймаємо:";
    cout << "\n X =" << X;
    cout << "\n Y = " << Y;
    Pa = (X * R1 + Y * Fa1) * 1.2;
    cout << "\n Еквівалентне навантаження підшипника \n Pa = (X * V * R1 + Y * Fa1)
* Kδ * Km = ";
    cout << Pa << " Н";
}
if (Fall / R2 <= e) {
    X = 1;
    Y = 0.45 * 1 / tan(12 * pi / 180);
    cout << "\n Так як за розрахунками Fa2 / R2 <= e то приймаємо: ";
    cout << "\n X = " << X;
    cout << "\n Y = " << Y;
    Pb = (X * R2 + Y * Fall) * 1.2;
    cout << "\n Еквівалентне навантаження підшипника \n Pb = (X * V * R2 + Y * Fall)
* Kδ * Km = ";
    cout << Pa << " Н";
}
else
{
    X = 0.67;

```

```

Y = 0.67 * 1 / tan(12 * pi / 180);
cout << "\n Так як за розрахунками Fa2 / R2 >= e то приймаємо:";
cout << "\n X = " << X;
cout << "\n Y = " << Y;
Pb = (X * R2 + Y * Fall) * 1.2;
cout << "\n Еквівалентне навантаження підшипника \n Pb = (X * V * R2 + Y * Fall)
* Kb * Km = ";
    cout << Pa << " Н";
}

if (Pa >= Pb) {
    P = Pa;
    cout << "\n Розрахунок будемо вести по опорі 1, як більш навантаженої";
}
else
{
    P = Pb;
    cout << "\n Розрахунок будемо вести по опорі 2, як більш навантаженої";
}

cout << "\n Розрахункова динамічна вантажопідйомність підшипника Стр = ";

Ct = P * pow((573 * pi * n / 30 * 10000 / 1000000), 10 / 3);
cout << Ct << " Н";
cout << "\n ВИБІР ПІДШИПНИКА: \n Вибираємо радіальний 2-х рядний роликовий
підшипник №";
cin >> XXX;
cout << "\n Динамічна вантажопідйомність підшипника, Н C = ";
cin >> C;
cout << "\n Статична вантажопідйомність підшипника, Н CO = ";
cin >> CO;
if (Ct < C) {
    cout << "\n Стр < C умова виконується обраний підшипник №" << XXX << "
задовільняє умову \n";
}
else
{
    cout << "\n Умова вибору не виконується виберіть підшипник з більшою
вантажопідйомністю \n";
}
system("pause");
return 0;
}

```

ДАНО:
Горизонтальна реакції опори, Н R1г = 88905
Вертикальна реакції опори, Н R1в = 62867
Горизонтальна реакції опори, Н R2г = 88905
Вертикальна реакція опори, Н R2в = 62867
 $e=0.318835$
Частота обертання вала, об/хв $n = 20$

Реакція в опорі 1 $R1 = (R1г^2 + R1в^2)^{1/2} = 108887$
Реакція в опорі 2 $R2 = (R2г^2 + R2в^2)^{1/2} = 108887$
Осьові сили які виникають в опорах
 $Fa1 = 0.83 * e * R1 = 28815.1 \text{ Н}$
 $Fa2 = 0.83 * e * R2 = 28815.1 \text{ Н}$
Осьові навантаження які виникають в опорі:
 $FaI = 28815.1$
 $FaII = 28815.1$
Так як за розрахунками $Fa1 / R1 \leq e$ то приймаємо:
 $X = 1$
 $Y = 2.11708$
Еквівалентне навантаження на підшипник
 $Pa = (X * V * R1 + Y * FaI) * K6 * Kt = 203869 \text{ Н}$
Так як за розрахунками $Fa2 / R2 \leq e$ то приймаємо:
 $X = 1$
 $Y = 2.11708$
Еквівалентне навантаження підшипника
 $Pb = (X * V * R2 + Y * FaII) * K6 * Kt = 203869 \text{ Н}$
Розрахунок будемо вести по опорі 1, як більш навантаженої
Розрахункова динамічна вантажопідйомність підшипника Стр = $3.52363e+08 \text{ Н}$
ВИБІР ПІДШИПНИКА:
Вибираємо радіальний 2-х рядний роликовий підшипник №3620

Динамічна вантажопідйомність підшипника, Н $C = 520e+6$
Статична вантажопідйомність підшипника, Н $C0 = 410e+6$
Стр < C умова виконується обраний підшипник №3620 задовільняє умову

Результати розрахунку C++