

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

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ Олександр Сокольський

« _____ » _____ 2024 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Інжиніринг пакувань та пакувального обладнання»

зі спеціальності – 131 «Прикладна механіка»

на тему: Конвеєр стрічковий для транспортування вугілля з модернізацією
роликаопор

Студентка IV к, групи ЛУ-01 _____
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник проекту: _____
(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультанти з питань

МОДЕРНІЗАЦІЇ: д.т.н., проф. Щербина В.Ю. _____

ТЕХ. МАШ.: ст. викл. Борщик С.О. _____

ОХОРОНИ ПРАЦІ: ст. викл. Ковтун А.І. _____

РЕЦЕНЗЕНТ _____

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

Студент (-ка) _____

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 – *131 Прикладна механіка*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Олександр Сокольський**

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Продайко Соф'ї Дмитрівні

1. Тема проекту «Конвеєр стрічковий для транспортування вугілля з модернізацією роликоопор», керівник проекту Гондлях Олександр Володимирович професор, доктор технічних наук, затверджені наказом по університету від «17.05» 2024 р.

№ _____

2. Термін подання студентом проекту 15.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту

Фракційність частин – ≤ 100 мм; розрахункова продуктивність – 60 т/год; час роботи в добу – 18 годин; швидкість стрічки – 1,4 м/с; довжина стрічки – 54 м; висота підйому вантажу – 6 м; насипна щільність – 0,8 т/м³; коефіцієнт внутрішнього тертя – 0,8.

4. Зміст пояснювальної записки

Вступ. 1. Призначення та галузь застосування стрічкового конвеєра у технологічній лінії транспортування вугілля. 2. Технічна характеристика стрічкового конвеєра. 3. Опис конструкції, її основних частин та принципу дії. 4. Літературно-патентний огляд для вибору варіанту модернізації роликоопор стрічкового конвеєра. 5. Розрахунки стрічкового конвеєра, які підтверджують його працездатність. 6. Охорона праці та навколишнього середовища. 7. Технологія машинобудування. Загальні висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Лінія подрібнення і сушіння вугілля. 2. Загальний вигляд стрічкового конвеєра для транспортування вугілля з модернізацією роликоопор. 3. Креслення вузла немодернізованої роликоопори. 4. Креслення вузла модернізованої роликоопори. 5. Плакат по 3D-моделюванню базової і модернізованої конструкції роликоопор. 6. Плакат виконання числового розрахунку базової і модернізованої конструкції роликоопор.

6. Консультанти розділів проекту*

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

7. Дата видачі завдання 27.05.2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ. Призначення та галузь застосування стрічкового конвеєра у технологічній лінії транспортування вугілля	27.05.24-28.05.24	
2	Технічна характеристика стрічкового конвеєра	29.05.24-30.05.24	
3	Опис конструкції, її основних частин та принципу дії	31.05.24-01.06.24	
4	Літературно-патентний огляд для вибору варіанту модернізації роликоопор стрічкового конвеєра	02.06.24-03.06.24	
5	Розрахунки стрічкового конвеєра, які підтверджують його працездатність	04.06.24-05.06.24	
6	Охорона праці та навколишнього середовища	06.06.24-07.06.24	
7	Технологія машинобудування	08.06.24-11.06.24	
8	Оформлення пояснювальної записки та креслень	12.06.24-15.06.24	

Студент

Соф'я ПРОДАЙКО

Керівник проекту

Олександр ГОНДЛЯХ

РЕФЕРАТ

Розроблено дипломний проект на тему «Конвеєр стрічковий для транспортування вугілля з модернізацією роликоопор».

Пояснювальна записка проекту складається зі вступу, 7 розділів, висновків, списку літератури, 40 рис., 14 табл. Загальний обсяг записки, з урахуванням додатків, становить 89 сторінок.

Метою даної роботи є розробка ефективної модернізації роликоопори стрічкового конвеєра для підвищення його працездатності та надійності в умовах вугільної промисловості. Основні завдання включають аналіз існуючих конструкцій, вибір оптимального варіанта модернізації, 3D-моделювання в CAD-системі, а саме SolidWorks, та проведення порівняльних розрахунків на міцність за допомогою програмного комплексу ANSYS.

В бакалаврському дипломному проекті детально описані технічні характеристики та принципи дії стрічкових конвеєрів і роликоопор. Проаналізовано літературні та патентні джерела для визначення потенціалу модернізації. Також розглянуто важливість забезпечення охорони праці при проектуванні та експлуатації стрічкових конвеєрів задля зниження ризиків травматизму та підвищення ефективності роботи.

Розробка та впровадження модернізованої роликоопори дозволить забезпечити збільшення терміну служби стрічкових конвеєрів, зменшення експлуатаційних витрат, та покращення безпеки транспортування вугілля. Результати роботи можуть бути використані для модернізації існуючих та розробки нових конвеєрних систем на вугільних шахтах та інших промислових об'єктах.

Ключові слова: СТРІЧКОВИЙ КОНВЕЄР, ВУГІЛЛЯ, РОЛИКООПОРА, РОЛИКИ, СТРІЧКА, МОДЕРНІЗАЦІЯ, МЕТОД СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

ABSTRACT

A diploma project was developed on the topic "Belt conveyor for transporting coal with modernization of roller bearings".

The explanatory note of the project consists of an introduction, 7 chapters, conclusions, a list of references, 40 figures, 14 tables. The total volume of the note, including the appendices, is 89 pages.

The purpose of this work is to develop an effective modernization of the roller support of the belt conveyor to increase its efficiency and reliability in the conditions of the coal industry. The main tasks include analysis of existing structures, selection of the best option for modernization, 3D modeling in the CAD system, namely SolidWorks, and comparative strength calculations using the ANSYS software package.

The bachelor diploma project describes in detail the technical characteristics and principles of operation of belt conveyors and roller supports. Literature and patent sources were analyzed to determine the modernization potential. The importance of ensuring labor protection in the design and operation of belt conveyors in order to reduce the risk of injury and increase work efficiency is also considered.

The development and implementation of a modernized roller bearing will allow to increase the service life of belt conveyors, reduce operating costs, and improve the safety of coal transportation. The results of the work can be used to modernize existing and develop new conveyor systems at coal mines and other industrial facilities.

Key words: BELT CONVEYOR, COAL, ROLLER SUPPORT, ROLLERS, BELT, MODERNIZATION, FINITE ELEMENT METHOD

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

B – ширина конвеєрної стрічки, мм;

v – швидкість стрічки, м/с;

ρ_{Π} – насипна щільність вантажу, кг/м³;

$Q_{\text{розрах}} – розрахункова продуктивність (масова), кг/год;$

L_{Γ} – довжина горизонтальної проекції шляху конвеєра, м;

H – висота підйому вантажу, м;

N – потужність, кВт;

σ_p – межа міцності, МПа;

i – кількість ущільнень рами;

D – діаметр приводного барабана, мм;

β – кут нахилу конвеєра, °;

F_0 – тягова сила конвеєра, Н;

η – ККД приводу;

i_p – передавальне відношення вибраного редуктора;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

f – коефіцієнт зовнішнього тертя;

α – кут обхоплення барабана стрічкою, °.

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Конвеєр стрічковий для транспортування вугілля з
модернізацією роlikоопор»

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА.....	11
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА.....	14
3 ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА.....	16
3.1 КОНВЕЄРНІ СТРІЧКИ.....	16
3.2 РОЛИКОВІ ОПОРИ.....	18
3.3 ПРИВОДИ КОНВЕЄРІВ.....	19
3.4 НАТЯЖНІ ПРИСТРОЇ.....	19
3.5 ЗАВАНТАЖУВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ.....	20
3.6 РОЗВАНТАЖУВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ.....	20
3.7 ОЧИСНІ ПРИСТРОЇ.....	21
4 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД ДЛЯ ВИБОРУ ВАРІАНТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ РОЛИКООПОРИ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА.....	23
4.1 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВАРІАНТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ РОЛИКООПОРИ.....	25
5 РОЗРАХУНКИ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА, ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ЙОГО ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ	27
5.1 ПАРАМЕТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА.....	27
5.2 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА.....	30
5.3 КІНЕМАТИЧНІ РОЗРАХУНКИ РЕДУКТОРА СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА.....	30
5.4 РОЗРАХУНОК НАВАНТАЖЕННЯ НА РОЛИК СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА.....	32

					ЛУ01.093116.09-90ПЗ					
Змн	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Конвеєр стрічковий для транспортування вугілля з модернізацією роликоопори			Лист	Лист	Листів
Розроб.	Продайко С.Д									
Перевір.	Гондляр О.В.								8	70
Т. контр.								КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ		
Н. контр.										
Зав. каф.	Сокольський									

5.5 3D-МОДЕЛЮВАННЯ НЕМОДЕРНІЗОВАНОЇ РОЛИКООПОРИ В СИСТЕМІ SOLIDWORKS.....	33
5.6 3D-МОДЕЛЮВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОЇ РОЛИКООПОРИ В СИСТЕМІ SOLIDWORKS.....	37
5.7 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ НЕМОДЕРНІЗОВАНОЇ РОЛИКООПОРИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ANSYS.....	41
5.8 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ МОДЕРНІЗОВАНОЇ РОЛИКООПОРИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ANSYS.....	44
5.9 ВИКОНАННЯ ПАРАМЕТРИЧНОГО РОЗРАХУНКУ ЗА ДОПОМОГОЮ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ C++.....	46
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	48
6.1. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ З СТРІЧКОВИМ КОНВЕЄРОМ.....	49
6.2. ЗАСОБИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ.....	50
6.3. МІКРОКЛІМАТ.....	51
6.4. АНАЛІЗ ШКІДЛИВО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ВИРОБНИЧИХ ФАКТОРІВ.....	52
6.5. ЗАХОДИ ПО УСУНЕННЮ НЕБЕЗПЕК.....	53
7 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	55
7.1 ОПИС ТА ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ.....	55
7.2 ВИБІР ПРИСТОСУВАННЯ.....	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	68
ДОДАТКИ	

ВСТУП

У рамках сучасного розвитку промисловості та збільшення потреби в ефективних транспортних системах, особливо виділяють удосконалення технологій у галузі конвеєрного транспорту. Зазвичай це стосується галузей з високим рівнем виробничих навантажень, таких як гірничодобувна промисловість і, зокрема, транспортування вугілля [1]. Вугілля як один з ключових енергетичних ресурсів потребує особливої уваги до ефективності, безпеки та екологічності його транспортування. У цьому контексті стрічкові конвеєри з модернізованими роликоопорами відіграють ключову роль.

Роликові опори відіграють ключову роль у функціонуванні стрічкових транспортерів, оскільки від їх ефективності залежить тривалість служби стрічки та енергоспоживання привода. Важливо, щоб вони були економічними, витривалими, мали низький рівень опору при обертанні, а також були легкими у монтажі та подальшому використанні.

Метою дипломної роботи є створення удосконаленого стрічкового конвеєра з оновленими опорами для роликів, призначеного для експлуатації в умовах вугільної промисловості. Основна увага приділяється зниженню втрат вантажу під час його транспортування, а також подовженню терміну служби роликів, їх опор та самої транспортної стрічки. Це, в свою чергу, має сприяти покращенню механічних та економічних характеристик конвеєра, збільшенню його ефективності та надійності.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА У ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ЛІНІЇ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВУГІЛЛЯ

Загалом, конвеєри можна класифікувати залежно від різноманітних ознак, а саме:

- За функціональним призначенням вони бувають універсальні, (застосовувані на шахтних поверхнях та на збагачувальних фабриках), підземні, для відкритих гірничих робіт, а також спеціальні.
- За типом вантажу розрізняють конвеєри для сипучих матеріалів та для шматкових блоків.
- Конвеєри розрізняють за типом несучої гілки: із верхньою несучою гілкою (рис. 1, а), підземні з нижньою несучою гілкою (рис. 1, б), а також моделі з двома несучими гілками (рис. 1, в).
- За розташуванням холостої гілки: існують моделі з нормальним розташуванням (рис. 1, а, б), де холоста гілка опирається на ролики брудним боком, та моделі з перевернутим розташуванням, де холоста гілка підтримується роликами чистим боком (рис. 1, г).
- За формою поперечного перерізу несучої гілки вони поділяються на моделі з плоскою стрічкою (рис. 1, д) та з жолобчастою стрічкою (рис. 1, е).
- Щодо виду траси конвеєра, вони бувають: прямолінійні, криволінійні в профілі та криволінійні в плані.

Для більш глибокого аналізу стрічкових транспортерів зобразимо у вигляді таблиці 1.1 їх головні переваги і недоліки.

Стрічкові конвеєри відіграють ключову роль у неперервних процесах перевезення, особливо цінні завдяки своїй ефективності та універсальності у різноманітних сферах промисловості [2]. Вони вирізняються здатністю до роботи на значних відстанях, простотою у будові, високим рівнем надійності та легкістю в експлуатації. Такі конвеєри призначені для ефективного переміщення як сипучих, так і кускових матеріалів, включаючи різні види

гірських порід. Вони здатні працювати як на горизонтальних, так і на нахилених ділянках, дозволяючи транспортувати вантажі вгору або вниз.

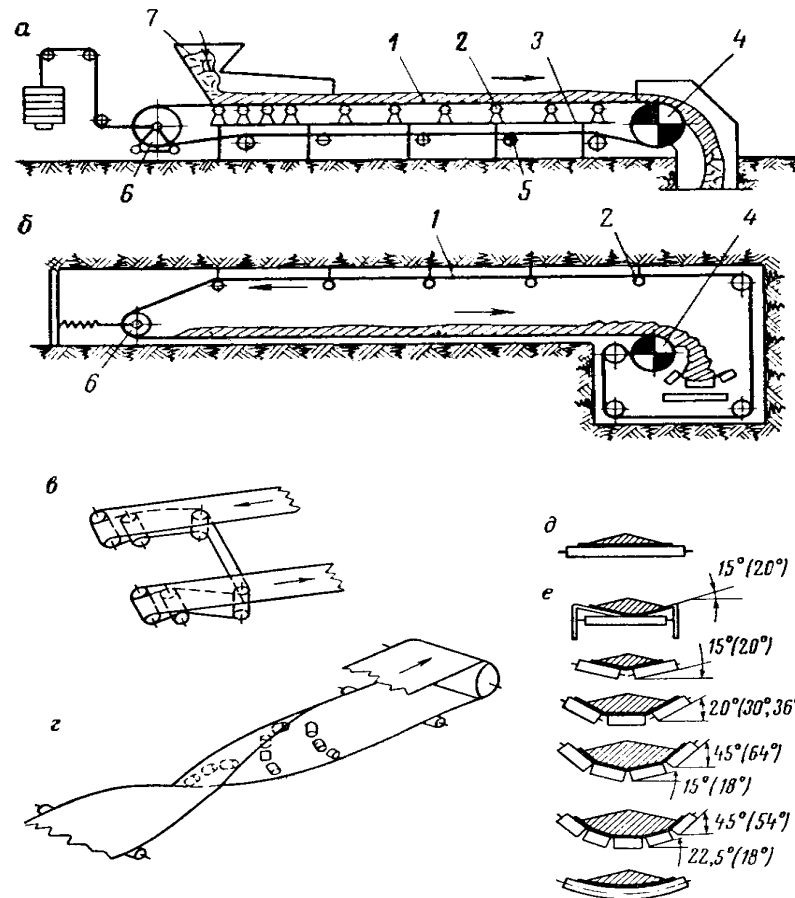


Рис. 1.1 – Принципові схеми стрічкових конвеєрів

Таблиця 1.1 – Переваги і недоліки стрічкових конвеєрів

Переваги:	Недоліки:
висока продуктивність	неспроможність перевезень при кутах нахилу $>18-22^\circ$ та по сильно викривлених трасах
здатність транспортування по горизонталі та під кутом вгору чи вниз	доволі короткий час експлуатації роликів і стрічок в комплексі з їх високою ціною
відносно мала енергоємність при значній довжині одного устаткування	ефективність роботи залежить від погодних умов (для відкритих)
можливість автоматизації	потреба в попередньому подрібненні великошматкових матеріалів

Серед основних переваг стрічкових конвеєрів — здатність перевозити вантажі на великі дистанції від одного джерела живлення, їх легке обслуговування, тиха робота та ефективність споживання енергії. Можливість автоматизації процесів перевезення підкреслює їх важливість для сучасної промисловості.

Однак, існують і певні обмеження у використанні стрічкових конвеєрів: обмежений кут нахилу, на якому вони здатні ефективно працювати, вища вартість і порівняно короткий термін служби стрічки та роликів. Крім того, важливим аспектом є необхідність врахування особливостей перевезення матеріалу, таких як його абразивність та розмір, а також обмеження на викривлені траси, що вимагає прямолінійного розташування конвеєрної системи.

Стрічкові конвеєри є незамінними в технологічних лініях транспортування вугілля, де вони використовуються для переміщення грузів у шахтах, на обробних заводах та на відкритих розробках. Їхнє широке застосування в гірничодобувній промисловості, зокрема у вугільній галузі, демонструє їх значення та потенціал для оптимізації транспортних потоків.

Інші моделі конвеєрів не здатні конкурувати зі стрічковими і зазвичай призначаються до використання лише у випадках, коли не можна застосувати стрічкові (великий кут нахилу, викривлення в плані тощо).

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА

Ширина стрічки, мм	Швидкість руху стрічки, м/с	Продуктивність, м ³ /с	Момент крутий, Нм	Потужність приводу, кВт
400	0,5-2,0	45-160	360-5200	До 45

Таблиця 2.1 – Вихідні дані

Вид вантажу	Вугілля кам'яне
Рядовий чи відсортований вантаж	Рядовий
Фракційність частин, мм	До 100
Розрахункова продуктивність, т/год	60
Рухливість вантажу	Середня
Абразивність, мг	Малоабразивний, до 5
Місце встановлення	Під навісом
Температура навколишнього середовища, С°	-20+30
Вологість повітря, %	65-90
Вміст абразивного пилу в повітрі, мг/м ³	100-150
Час роботи в добу, годин	18
Швидкість стрічки, м/с	1,4
Довжина стрічки, м	54
Висота підйому вантажу, м	6

Вугілля кам'яне є сипучим вантажем з наступними характеристиками: насипна щільність - 0,8 т/м³ і відноситься до категорії середньої щільності [3]. Кусковатість - за однорідністю кусків вантаж нормальний, розмір кусків до 100 мм, отже, насипний вантаж має середню кусковатість. Рухливість вантажу - середня, абразивність - низька.

Для подальших розрахунків слід доповнити вихідні дані відсутніми. Показники (дані) представлені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Додаткові дані

1	Насипна щільність, т/м ³	0,8
2	Кут природного укосу, град: в спокої в русі	40 ⁰ 12 ⁰
3	Коефіцієнт зовнішнього тертя: по гумі по сталі	0,7 0,6
4	Коефіцієнт внутрішнього тертя	0,8

Живильники працюють на відкритому повітрі під навісами, що може призвести до великої кількості абразивного пилу, високої вологості, поганого доступу для технічного обслуговування, поганого освітлення та погодних умов.

Таблиця 2.3 – Показники умов роботи конвеєра

Час роботи в добу, год	18
Насипна щільність вантажу, $\frac{m}{m^3}$	0,8
Вологість повітря, %	65-90
Зміст абразивного пилу у повітрі, $\frac{m^2}{m^3}$	100-150
Температура навколишнього середовища, °C	Від -20 до +30

3 ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА

На рис 3.1 представлено схему стрічкового транспортера разом із його ключовими компонентами [4]. До складу конвеєра, крім основних елементів, також входять системи керування, моніторингу, обладнання для чищення стрічки та інші додаткові пристрої. Розглянемо детальніше основні частини.

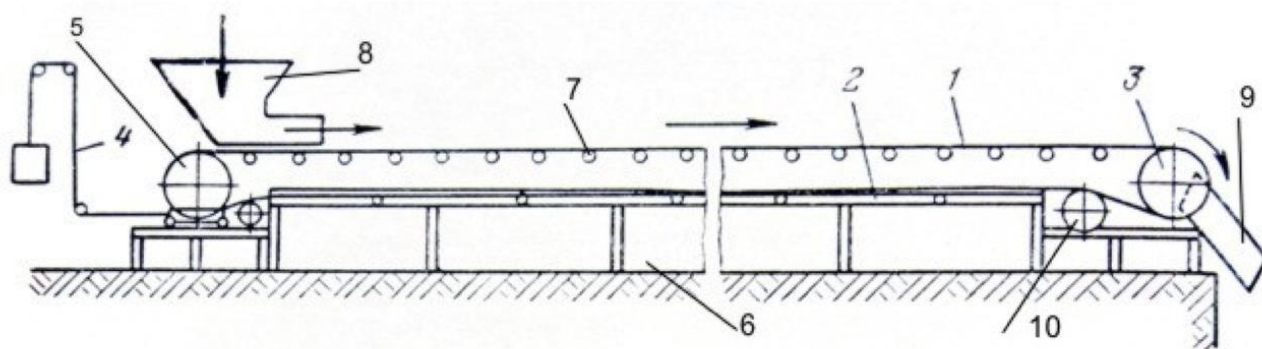


Рис. 3.1 – Схематичне зображення лінії стрічкового конвеєра: 1 – стрічка, 2 – став роликовий, 3 – барабан приводний, 4 – натяжний механізм, 5 – барабан натяжний, 6 – став конвеєрний, 7 – ролики з роlikоопорами, 8 – завантажувальний механізм, 9 – розвантажувальний механізм, 10 – барабан відхиляючий

3.1 Конвеєрні стрічки

Стрічка становить найбільші витрати в конструкції конвеєра, складаючи до 50% його загальної вартості, при цьому збільшення терміну її служби призводить до зниження вартості перевезення вантажів. Найпопулярнішим типом є гумовотканинна стрічка (рис. 3.2, а) з тяговим каркасом, оточеним еластичними обкладками, що забезпечує гнучкість і захист від зовнішніх впливів. Матеріал складається з ниток основи (з бавовни, синтетики, віскози тощо), які витримують повздовжнє навантаження, та ниток утку, які надають стрічці поперечну твердість.

Резинотросові стрічки, в яких тягове зусилля сприймаються металевими тросами, забезпечують високу міцність та довговічність. Виробляються з композиції гуми, яка містить як натуральний, так і синтетичний каучук, доповнену полімерами, такими як полівінілхлорид та поліетилен.

Стрічки з комбінованих і синтетичних волокон мають велику міцність і меншу масу, що дозволяє скоротити вагу конвеєра. Головним недоліком так стрічок є їх вартість, яка поки залишається високою.

Згідно з ГОСТ 20-76 існує п'ять типів гладких гумовотканинних стрічок для різноманітних умов експлуатації, зокрема морозостійкі до -60°C (1М, 2РМ), негорючі (2РШ, 2Ш, для шахт) та термостійкі (2П), які витримують температуру $100...200^{\circ}\text{C}$.

Сіткова стрічка, може використовуватися для перевезення вантажів при високих температурах $350...1000^{\circ}\text{C}$, що робить її ідеальною для випадків, коли транспортування має супроводжуватися технологічними процесами, такими як термічна обробка, обпалювання кераміки і тд.

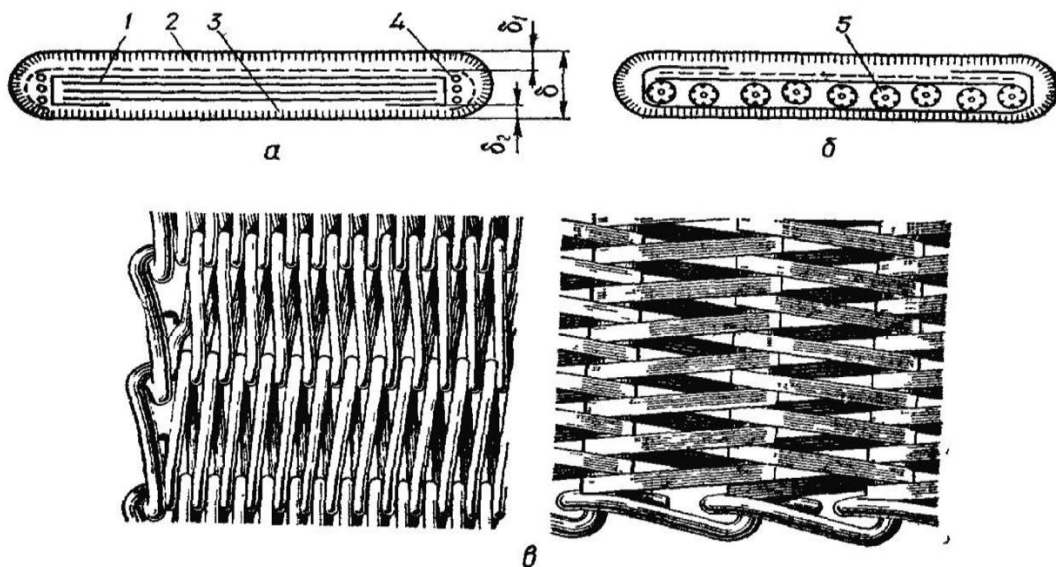


Рис. 3.2 – Різновид конвеєрних стрічок: а) гумовотканинна стрічка, б) резинотросова стрічка; в) сітчаста стрічка

1 – тяговий каркас; 2,3 – еластичні обкладки; 4 – нитки утку; 5 – металеві троси.

3.2 Роликові опори

Роликові опори — ключовий елемент стрічкових конвеєрів, що впливає на тривалість експлуатації стрічки та енергоспоживання. Вони мають бути міцними, економічними, з низьким опором обертанню, і легкими в обслуговуванні. Роликоопори класифікують на рядові, що використовуються вздовж усього маршруту стрічки, та спеціальні, такі як центруючі, амортизуючі та ролики для очищення стрічки.

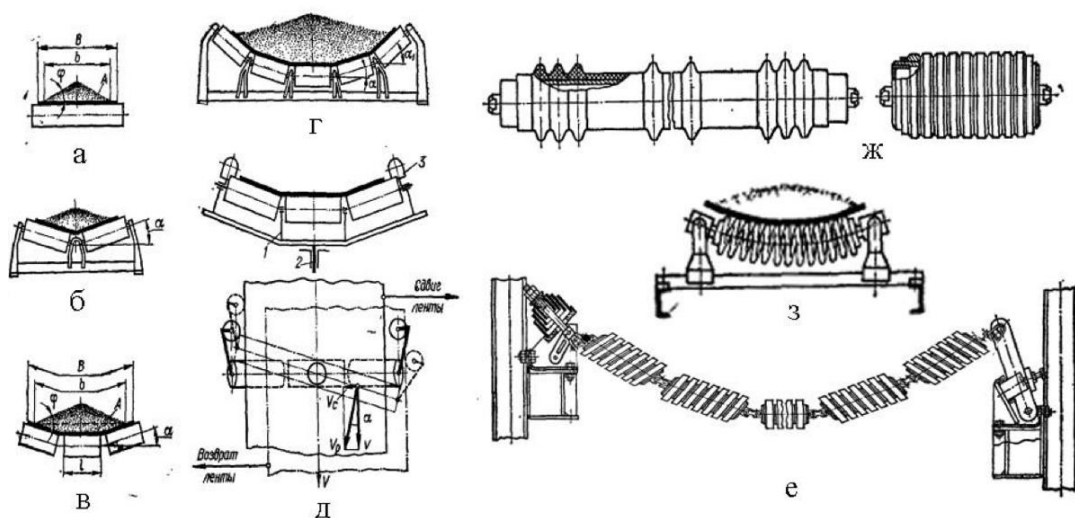


Рис. 3.3 – Схема різновидів роликоопор: а) однорוליкова; б) двохрוליкова; в) трьохрוליкова; г) п'ятирוליкова; д) центруюча роликоопора; е,з) ролико-опори на пружинах; ж) амортизуюча роликоопора

Зазвичай, для широких стрічок використовуються дворוליкові опори. Інтервал між роликами залежить від ширини стрічки та її вантажу, зазвичай це 0,9...1,5 м, а для високоміцніших стрічок — 3...4 м. Трьохрוליкові опори є найпоширенішими, дворוליкові застосовують на легких переносних конвеєрах, а п'ятирוליкові — на конвеєрах з широкими стрічками для збільшення продуктивності і глибини ринву. Однорוליкові опори застосовують для переміщення штучних або насипних вантажів задля виконання технологічних операцій, таких як зневоднювання і тд.

Центруючі опори допомагають утримувати стрічку на місці, а що амортизують — захищають стрічку від пошкоджень від падіння вантажу.

3.3Приводи конвеєрів

Привід конвеєра складається з таких основних частин: барабана, редуктора, двигуна, муфт та гальмівного механізму, що забезпечує контроль за рухом конвеєра при його зупинці та запобігає руху назад у разі вимкнення двигуна на похилій ділянці з навантаженням.

Залежно від потреби в тяговому зусиллі, використовуються приводи з різною кількістю барабанів - один, два чи більше. Існують також приводи з одним або декількома двигунами. Найпростішою і широко використовуваною є привод з одним барабаном, де стрічка охоплює його неробочою стороною, забезпечуючи оптимальне зчеплення завдяки куту обхвату в $210...230^\circ$. Для транспортування важких вантажів на далекі відстані застосовують двобарабанный привод, що збільшують тягове зусилля через збільшений загальний кут обхвату до 480° .

Окремої уваги заслуговує застосування гідравлічних приводів, особливо з використанням потужних гідродвигунів, які дозволяють уникнути механічних передач між двигуном і барабаном.

3.4Натяжні пристрої

Натяжні механізми служать для компенсації розтягнення стрічки під час експлуатації, забезпечують необхідний натяг для зчеплення з приводним барабаном і запобігають провисанню стрічки між опорами. Стрічка натягується шляхом переміщення натяжного барабана.

Натяжні пристрої поділяються на періодичні (гвинтові, рейкові) та автоматичні (вантажні, гідравлічні, пневматичні), з можливістю регулювання натягу. Розміщують їх у місці мінімального натягу стрічки, у похилих конвеєрах — у нижній частині.

Гвинтові пристрої ідеально підходять для конвеєрів невеликої довжини (до 60 м) і вимагають періодичного регулювання. Вантажні натяжні пристрої автоматично підтримують стабільний натяг і можуть бути розташовані як у хвостовій, так і у проміжних частинах конвеєра, ефективні для довгих конвеєрів.

3.5 Завантажувальні пристрої

Завантаження рухомої стрічки конвеєра відбувається через лоток, ширину виходу якого рекомендовано встановлювати в межах 60-70% від ширини самої стрічки з кутом нахилу бічних стінок 10...15°. Зона завантаження є критичною з точки зору потенційних пошкоджень і зносу стрічки. Для захисту стрічки та зменшення ударів від падіння вантажу використовуються похилі лотки з колосниками для просіювання дрібних фракцій, які формують захисний шар, та гумові амортизатори. Щільність розміщення роликів опор у зоні завантаження допомагає уникнути провисання стрічки.

3.6 Розвантажувальні пристрої

При розробці та використанні навантажувальних пристроїв для стрічкових конвеєрів важливо враховувати траєкторію руху вантажів, оскільки це дає можливість точно визначити місце розміщення розвантажувального механізму. Крім того, правильне визначення цієї траєкторії допомагає підтримувати ефективну роботу роликів опор та приймача.

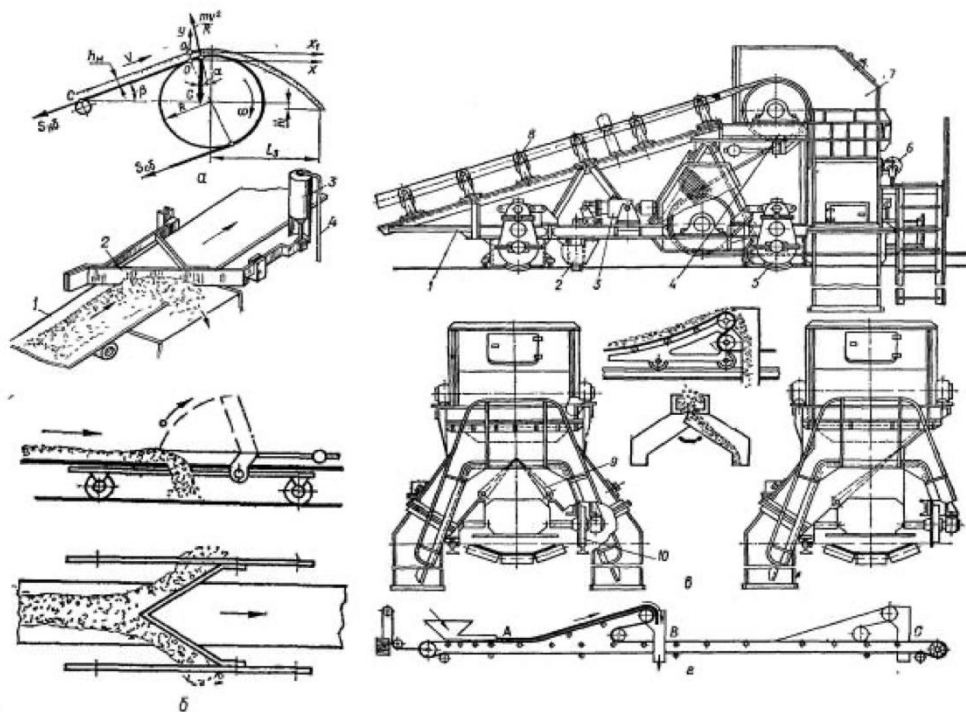


Рис. 3.4 – Розвантажувальні пристрої: а) відрив вантажу від стрічки, б) розвантаження насипних і кускових вантажів, в) розвантаження сипучих вантажів, г) загальний вид конвеєра з розвантажувальним візком

Проміжне розвантаження насипних і кускових вантажів зі стрічки 1 проводиться плужковими одно- і двосторонніми скидачами 2 (рис. 3.4, б). По конструктивному виконанню вони бувають знімні, відкидні й пересувні. На сучасних конвеєрах скидачі управляються автоматично від електромагнітного або пневматичного 3 приводів, куди повітря подається з повітропроводу 4. Поряд з недоліками (підвищене зношування стрічки, значні місцеві опори обмежують швидкість стрічки до 2 м/с і ін.) плужкові скидачі є єдиним пристроєм для проміжного знімання з конвеєра штучних вантажів.

Основним пристроєм для проміжного розвантаження сипучих вантажів із крутих конвеєрів є самохідні двохбарабанні розвантажувальні візки (рис. 3.4, в). Вони бувають із одно- і двостороннім розвантаженням. На рамі 1 змонтовано два неприводні барабани 4 і ролюкоопори 8, по яких проходить навантажена конвеєрна стрічка. При сході стрічки з верхнього барабана вантаж висипає у вирву 7, а порожня стрічка, обігнувши нижній барабан, виходить із візка на свою трасу. Візок переміщується на ходових колесах 10 по рейковому шляху за допомогою редукторного привода 5. Для забезпечення стійкості візка передбачений рейковий захват 2 із приводом 3. Шибера 9 із приводом 6 управляють випуском сипучих вантажів з вирви.

Загальний вид конвеєра з розвантажувальним візком наведений на рис. 3.4, г. Візок переміщається по рейках уздовж траси в міру потреби розвантаження матеріалу в необхідному місці (бункері). Показані крайнє С і проміжне В положення візка на трасі.

3.7 Очисні пристрої

Після розвантаження на поверхні стрічки можуть зберігатись частки вантажу, що прилипли, тому важливо забезпечити її очищення для збереження нормальних робочих умов і продовження терміну служби. Недостатнє очищення може призвести до збоїв у стабільності руху стрічки, збільшення зносу та зниження коефіцієнта тертя між стрічкою та барабаном. В системах з подвійним приводом неправильне розподілення тягових зусиль може статися під час огинання стрічкою одного з барабанів. Зимові умови додатково

ускладнюють роботу конвеєра через примерзання матеріалу до стрічки та барабанів, що може зробити експлуатацію обладнання неможливою.

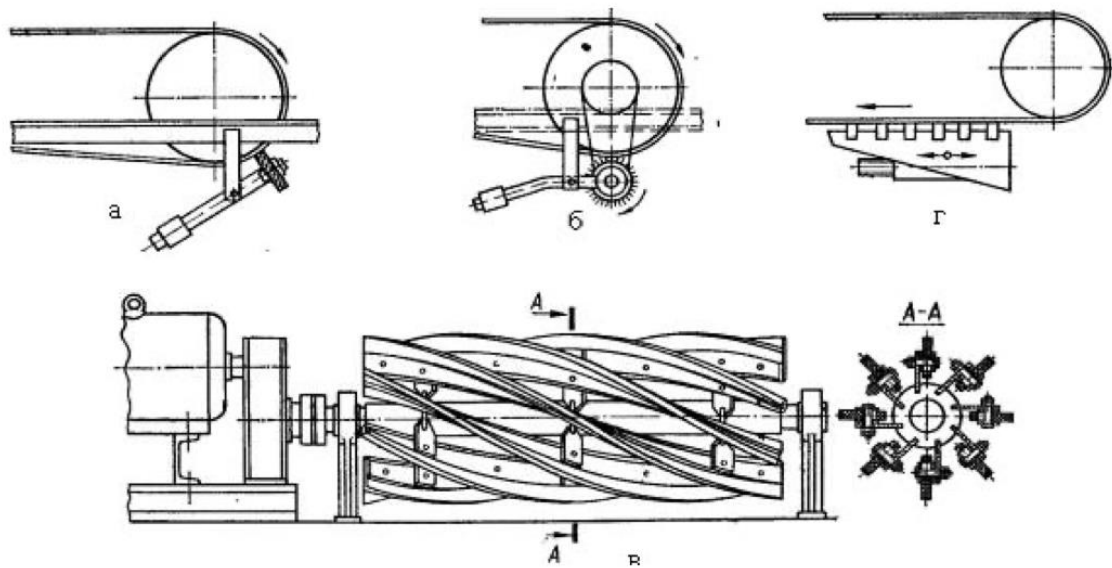


Рис. 3.5 – Типи пристроїв для очищення стрічки: а) скребкові, б) щіткові, в) винто-лопатеві, г) вібраційні, гідравлічні і пневматичні

4 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД ДЛЯ ВИБОРУ ВАРІАНТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ РОЛИКООПОРИ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА

Під час роботи над дипломним проектом було оглянуто технічну літературу та патенти, щоб проаналізувати елементи стрічкових конвеєрів та їх вузли, переваги та недоліки тих та інших конструкцій. До найпоширеніших недоліків можна віднести вартість виробництва стрічки та роликоопор. Вона може бути значною, що збільшує загальні капітальні витрати на транспортну систему. Також, компоненти схильні до інтенсивного зношування через постійне тертя і навантаження, що зумовлює часті заміни та ремонти. Конструкції не завжди передбачають механізми саморегулювання, що б дозволяли роликам автоматично налаштовуватися під вагу насипних вантажів, що може призводити до нестабільної роботи та підвищення зносу.

З метою покращення будови конструкції та подолання цих недоліків було проаналізовано патентну літературу. Для оцінки варіантів модернізації було знайдено 5 технічних рішень, кожне з яких має свої особливості. Розглянемо їх детальніше.

У патенті [5] запропонована роликоопора стрічкового конвеєра, що містить два ролики, встановлені на основі через з'єднувальні вузли, зі зміщенням відносно поперечної осі стрічки із заходом один за одного, при цьому спрямовані під кутом до подовжньої осі стрічки. Запропоновані конструктивні рішення приводять до збільшення терміну служби стрічки за рахунок зменшення її перегину і зносу, кращому centruванню, а так само до збільшення довговічності конструкції роликоопори, що забезпечується заміною підшипникового вузла на з'єднання, що містить мінімальну кількість елементів.

У патенті [6] розглянуто роликоопору, що містить комплект роликів, закріплених на гнучкій осі з кінцевими цапфами, і підшипникові вузли, яка відрізняється тим, що кінцеві цапфи мають конічну форму, а підшипникові вузли складено з корпусу, у який угвинчено приєднувальний штуцер і вклеєно конічну втулку, що має зовнішню мастильну канавку і утворює в зборі з кінцевою цапфою

зазор, який заповнюється повітряним мастилом крізь виконані в конічній втулці мастильні отвори, що виходять у мастильні кишені. Дана корисна модель призведе до зниження коефіцієнта опору обертанню і збільшення терміну служби роликоопори.

У патенті [7] показано роликоопору стрічкового конвеєра, що містить ролик, що складається із закріплених зі зміщенням під кутом залізних прутів, встановлених на відповідних основах через з'єднувальні елементи, яка відрізняється тим, що кожен з'єднувальний елемент складається з сферичного тіла, розміщеного між виконаними конічної форми контактними поверхнями жорстко закріпленої на основі втулки і виконаного у вигляді основи ступичного диска, що виключає використання осі, при цьому одна з втулок закріплена з можливістю переміщення уздовж осі і регулювання осьового зазору. Завдяки даній корисній моделі досягається можливість збільшення ресурсу роликоопори при виключенні значної кількості рухомих елементів, спрощення конструкції, за рахунок цього скорочення простоїв, витрат на ремонт, в цілому збільшення терміну служби всього конвеєра.

У патенті [8] описується енергозберігаюча роликоопора стрічкового конвеєра, що містить бічні ролики і центральні здвоєні ролики малого діаметра на шарнірно встановленій рамі, яка відрізняється тим, що центральні ролики встановлені на кінцях колихаючого коромисла, перше плече якого у 1,2-1,4 рази довше другого і спирається на демпфер, що забезпечує контакт ролика з незавантаженою стрічкою. Дана модифікація забезпечить урівноваження навантаження на центральні ролики і, як наслідок, зменшить прогинання стрічки і масу обертованих частин.

Патент [9] описує роликоопору стрічкового конвеєра, що містить одну середню та дві бокові осі з вільно і попарно встановленими на них роликами для стрічки, при цьому осі кожної пари роликів шарнірно з'єднані між ними із стійками поставу, яка відрізняється тим, що середня та бокові осі кожної пари роликів на своїх розміщених назустріч торцях виконані з глухими циліндричними отворами, а також доповнені встановленими в них обома своїми кінцями

циліндричними пружинами згину. Здійснене удосконалення роликоопори стрічкового конвеєра дозволяє підвищити її амортизаційну здатність при ударних навантаженнях завдяки виключенню здійснення такої функції тільки пружністю стрічки в місцях свого згину між парами роликів різних осей.

Ці модернізації не тільки позитивно впливають на механічні властивості конвеєра і продовжують термін його служби, але також позитивно впливають на економіку завдяки використанню стандартних компонентів, скорочуючи час, необхідний для ремонту, і значно полегшуючи ремонтні роботи.

4.1 Обґрунтування вибору варіанту модернізації роликоопори

Після проведення огляду наукових і патентних джерел було обрано модифікацію для удосконалення роликоопори, яка базується на технічному інновації [9].

Модифікація роликоопори стрічкового конвеєра, запатентована під номером UA 109767, пропонує значне удосконалення існуючих конструкцій, метою якого є підвищення амортизаційної здатності при ударних навантаженнях. Такі навантаження часто виникають під час переміщення гірських мас зі скельними включеннями, що є типовим для гірничодобувної промисловості.

Основні недоліки існуючих конструкцій полягали у тому, що амортизація здійснювалася виключно за рахунок пружності самої стрічки, що в місцях згину стрічки між роликами призводило до її передчасного зносу та потребувало частого обслуговування.

Удосконалена конструкція, як зазначено у патенті, включає глухі циліндричні отвори на торцях середньої та бокових осей, доповнені циліндричними пружинами згину. Ці пружини дозволяють забезпечити додаткову амортизацію, що знижує механічне навантаження на стрічку, продовжує її термін служби та зменшує витрати на обслуговування. Крім того, пружини допомагають покращити саморегулювання положення роликів відповідно до навантаження, розподіляючи вагу транспортованих матеріалів рівномірно, тим самим знижуючи ризик зсуву стрічки.

Запропонована конструкція відповідає задачі зменшення зносу компонентів стрічкового конвеєра та збільшення ефективності його роботи завдяки новому механізму амортизації, що забезпечується за рахунок не тільки пружності стрічки, а й за допомогою додаткових пружинних елементів.

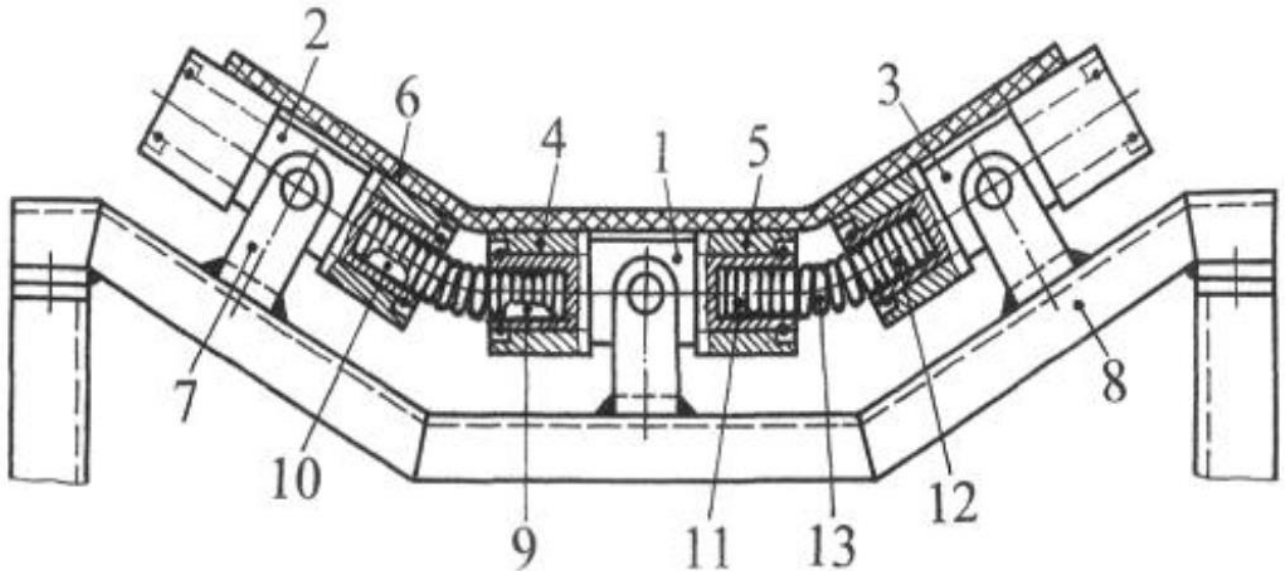


Рис. 4.1 – Удосконалена ролюкоопора стрічкового конвеєра: 1, 2, 3 – осі; 4, 5 – ролики; 6 – стрічка; 7 – стійки; 8 – постав; 9, 10 – отвори; 11, 12 – кінці пружин; 13 – пружини.

Отже, цей патент вводить ключові удосконалення в конструкцію ролюкоопори стрічкового конвеєра, націлені на підвищення амортизаційної здатності за рахунок включення циліндричних пружин згину. Ці пружини зменшують навантаження від ударів на стрічку та ролики, що теоретично може продовжити термін їхньої служби та зменшити частоту ремонтних робіт. Хоча патент не надає прямого аналізу вартості конструкції або її техніко-економічних характеристик, можна припустити, що підвищення довговічності та надійності може призвести до економії витрат в довгостроковій перспективі.

5 РОЗРАХУНКИ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА, ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ЙОГО ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

5.1 Параметричний розрахунок стрічкового конвеєра

Для вибору приводного барабана необхідно розрахувати його діаметр, а потім підібрати типорозмір, що підходить для обраного типу стрічки. Діаметр барабана розраховується за такою формулою [10]:

$$D_{\phi} = k' \cdot k'' \cdot i,$$

де k' - коефіцієнт, що залежить від міцності стрічки, при $\sigma_p = 55 \text{ Н/мм}$, приймаємо $k' = 125$;

k'' - коефіцієнт призначення барабана, для приводного барабана приймаємо $k'' = 1$;

i - число прокладок в стрічці.

$$D_{\phi} = 125 \cdot 1 \cdot 2 = 250 \text{ мм}.$$

Приймаємо стандартний діаметр барабана $D_{\phi} = 250 \text{ мм}$.

Прийнятий діаметр приводного барабана перевіряється за середнім тиском стрічки на барабан

$$p_{cp} = \frac{360 \cdot F_0}{D_{\phi} \cdot B \cdot \alpha \cdot \pi} \leq [p_{cp}],$$

де $F_0 = S_{нб} - S_{сб}$ - тягове зусилля на приводному барабані, Н

α – кут обхвату стрічкою барабана, град;

$[p_{cp}]$ - допустимий середній тиск стрічки на барабан, приймаємо

$$[p_{cp}] = 20000 \text{ Па}.$$

$$F_0 = S_{нб} - S_{сб},$$

$$F_0 = 2808 - 1093 = 1715 \text{ Н}.$$

$$p = \frac{360 \cdot 1715}{0,25 \cdot 0,4 \cdot 180 \cdot 3,14} = 110924 \text{ Па} < [p] = 20000 \text{ Па}.$$

Умова міцності барабана виконується.

Довжина барабана для стрічки шириною менше 800мм:

$$L = B + 50,$$

$$L = 400 + 50 = 450 \text{ мм.}$$

На рис. 1.1 представлений ескіз приводного барабана.

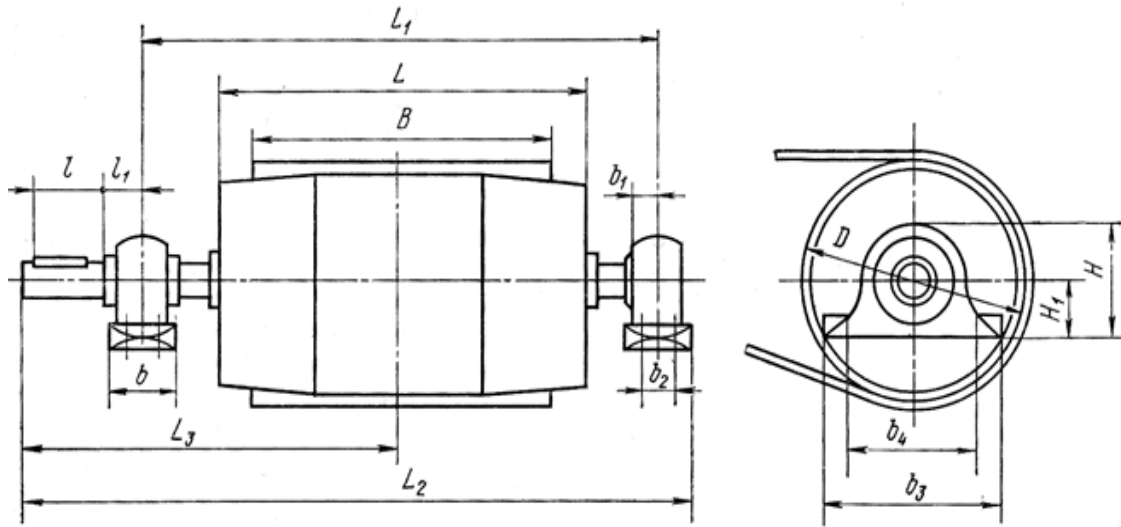


Рис. 5.1. Параметри та розміри приводного барабана

Таблиця 5.1 – Параметри та розміри приводного барабана

Ширина стрічки, мм																Підши пник	Маса обертових частин барабана, кг
	D	L	L ₁	L ₂	L ₃	H	H ₁	b	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	d ₆	l ₁	l		
400	250	500	730	917	500	120	60	60	45	-	225	170	16	68	67	1308	38

Визначимо діаметр барабана, що відхиляє.

$$D_{60} = k' \cdot k'' \cdot i,$$

де k'' - коефіцієнт призначення барабана, для барабанів, що відхиляють
приймаємо $k'' = 0,56$;

$$D_{60} = 125 \cdot 0,6 \cdot 2 = 150 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартний діаметр барабана $D_{60} = 160 \text{ мм.}$

На рис. 1.2 представлений ескіз барабана, що відхиляє.

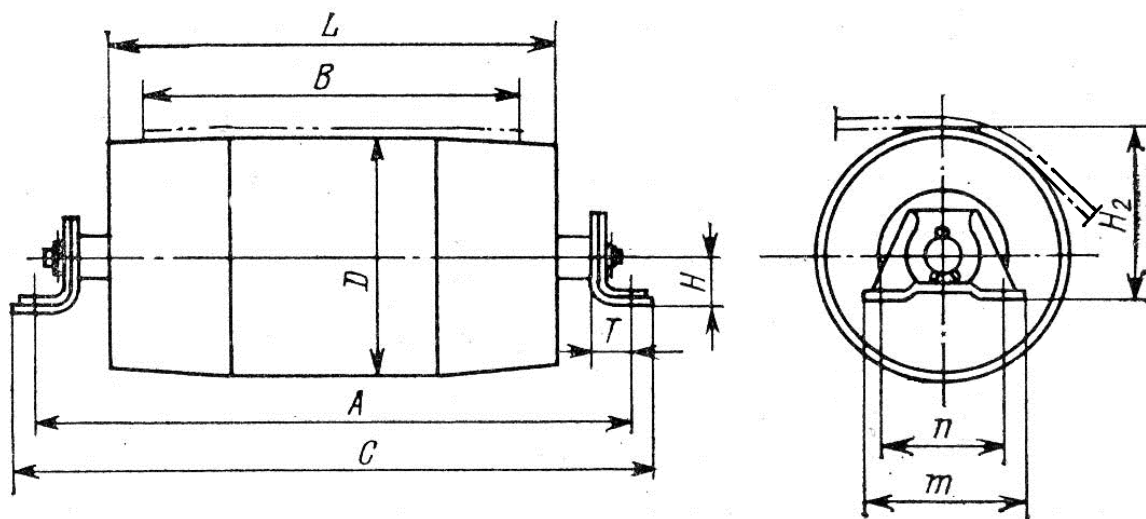


Рис. 5.2 – Параметри та розміри барабана, що відхиляє

Рядові роликоопори для робочої гілки вибираються відповідно до ширини стрічки і раніше призначеним кутом нахилу бічних роликів.

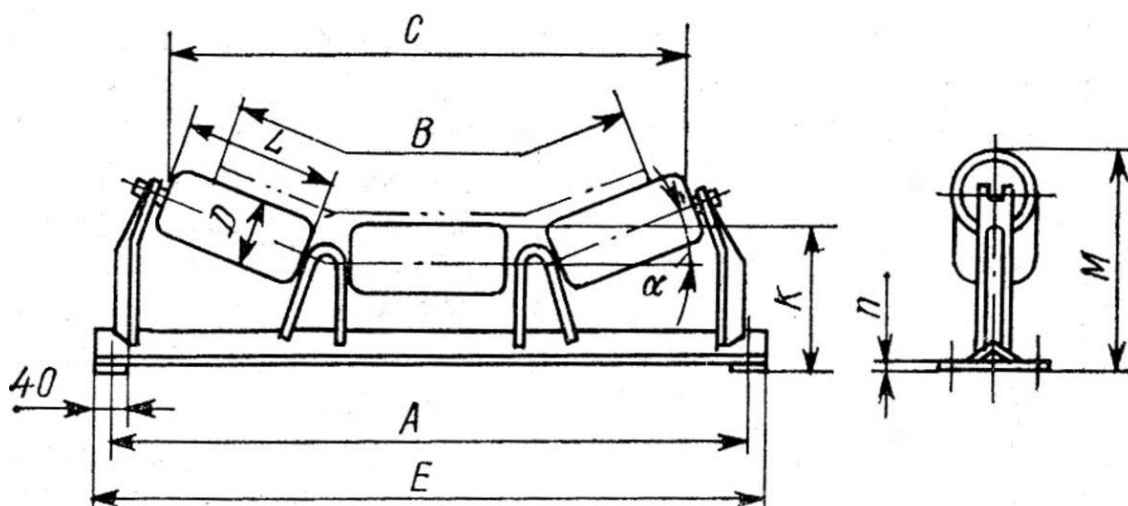


Рис. 5.3 – Схема параметрів та розмірів верхніх рядових жолобчастих роликоопор

Таблиця 5.2 – Параметри та розміри верхніх рядових жолобчастих роликоопор

Ширин а стрічки, мм	Розміри, мм								Кут нахилу α , град.	Маса обертових частин, кг
	D	K	L	A	E	C	M	n		
400	102	190	160	620	660	465	235	6	20	10,0

Рядові, плоскі роликоопори для холостої гілки вибираються з урахуванням ширини стрічки.

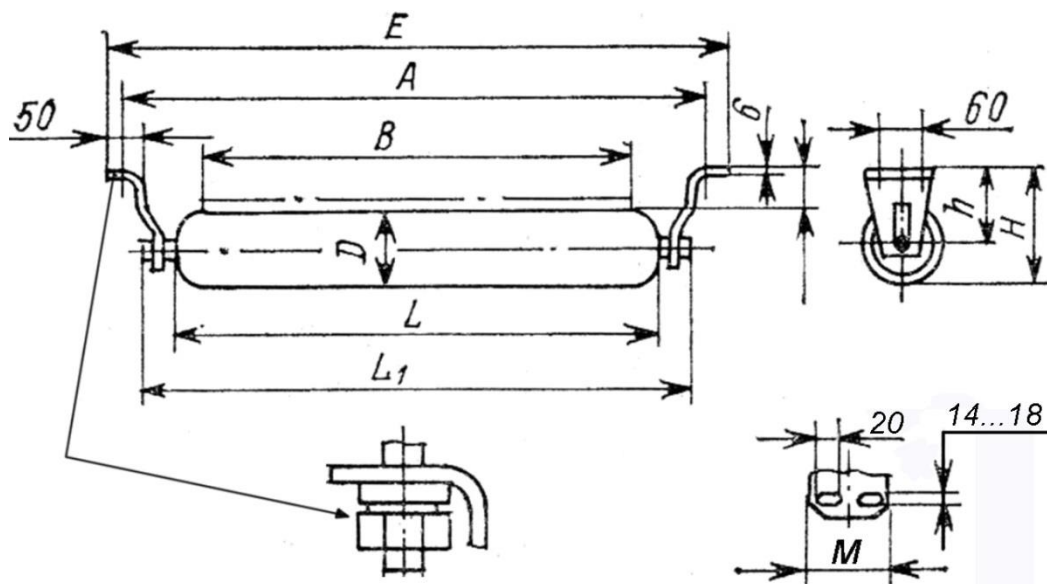


Рис. 5.4 – Схема параметрів та розмірів нижніх, прямих роликоопор

Основні параметри нижніх, прямих роликоопор зведено таблицю 1.3.

Таблиця 5.3 – Параметри та розміри нижніх, прямих роликоопор

Ширин а стрічки , мм	Розміри, мм										Маса обертових частин, кг
	D	L_1	L	A	E	H	h	M	d_0	n	
400	102	524	500	620	660	157	106	100	12	6	6,0

5.2 Розрахунки на міцність стрічкового конвеєра

Перевірка на міцність попередньо вибраної стрічки

За уточненим значенням $S_{max} = S'_6 = 2993H$ перевіряємо міцність стрічки.

Необхідна мінімальна кількість прокладок [10]:

$$i \geq \frac{S_{max}}{\sigma_{\text{л}} \cdot B},$$

$$i \geq \frac{2993}{5,5 \cdot 400} \geq 1,4.$$

Що не перевищує раніше отриману кількість прокладок $i=2$. Отже, обрана раніше стрічка приймається остаточно.

5.3 Кінематичні розрахунки редуктора стрічкового конвеєра

Потужність на приводному валу конвеєра [10]:

$$N = \frac{F_0 \cdot V}{1000 \cdot \eta_{\text{мех}}},$$

де F_0 – тяговая сила, Н;

$\eta_{\text{мех}} = 0,85$ – КПД механізму привода.

$$N = \frac{1853 \cdot 1,4}{1000 \cdot 0,85} = 3,05 \text{ кВт}.$$

З таблиці вибираємо електродвигун типу 4A112MB8Y3 номінальною потужністю $P_{\text{дв}} = 3,0$ кВт; при частоті обертання $n = 700 \text{ хв}^{-1}$; діаметр хвостовика $d_1 = 32 \text{ мм}$; габарит по ширині 260 мм . Момент інерції ротора $I_r = 0,025 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Кратність максимального моменту $\psi_{\text{max}} = 1,8$.

Вибір редуктора

Частота обертання валу приводного барабана

$$n_{\phi} = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D_{\phi}},$$

де D_{ϕ} – діаметр приводного барабана, м.

$$n_{\phi} = \frac{60 \cdot 1,4}{3,14 \cdot 0,25} = 107 \text{ хв}^{-1}.$$

Необхідне передатне число між валом двигуна та валом приводного барабана

$$i_n = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\phi}},$$

$$i_n = \frac{700}{107} = 6,54.$$

Визначимо розрахунковий момент, що крутить, на валу приводного барабана.

$$M_{\text{кр}} = k_3 \cdot F_0 \cdot D_{\phi} / 2,$$

де k_3 – коефіцієнт запасу, приймаємо $k_3 = 1,15$.

$$M_{\text{кр}} = 1,15 \cdot 1853 \cdot 0,25 / 2 = 267 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Вибираємо редуктор типу КЦ за такими умовами:

$$i_p \approx i_n,$$

$$n_p \geq n_{\text{дв}},$$

$$N_p \geq N_{\text{дв}} (M_p \geq M_{\text{кр}}),$$

де i_p – табличне значення передавального числа редуктора;

n_p – допустима для редуктора частота обертання швидкохідного валу, об/хв;

N_p – допустима для редуктора потужність, кВт;

M_p – номінальне значення крутного моменту на тихохідному валу редуктора, Н·м.

З таблиці вибираємо конічно-циліндричний редуктор типорозміру КЦ1-200 з передавальним числом $u_p = 6,29$, що має при частоті обертання швидкохідного валу $n_{\text{ред}} = 600 \text{ хв}^{-1}$ потужність $N_{\text{ред}} = 5,4 \text{ кВт}$; діаметр вхідного вала $d_1 = 40 \text{ мм}$; діаметр вихідного вала $d_2 = 45 \text{ мм}$.

5.4 Розрахунок навантаження на ролик стрічкового конвеєра

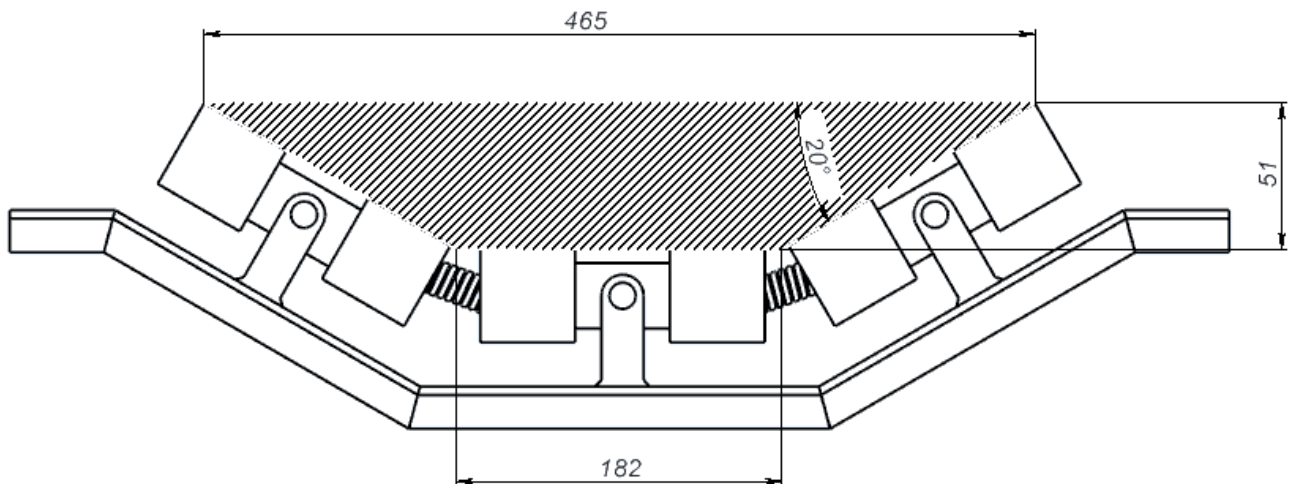


Рис. 5.5 – Схема навантаження на ролики

Розрахуємо площу поперечного перерізу вантажу:

$$S = \frac{0,182 + 0,465}{2} \cdot 0,051 = 0,0165 \text{ м}^2$$

Також врахуємо природний укіс при насипі вугілля:

Таблиця 5.4 – Кут природного укосу вугілля

В спокої	40°
В русі	12°

Додаткова площа поперечного перерізу при укосі вугілля:

$$S_{\text{ук}} = \frac{0,465 \cdot 0,465}{2 \cdot 2} \times \operatorname{tg} 40 = 0,0454 \text{ м}^2$$

Об'єм вугілля:

$$V = (S + S_{\text{ук}}) \cdot L = (0,0165 + 0,0454) \cdot 1,5 = 0,093 \text{ м}^3$$

Навантаження від такого об'єму вугілля на один ролик рівне:

$$P = \frac{V \cdot p \cdot g}{3} = \frac{0,093 \text{ м}^3 \cdot 1500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{3} = 456,2 \text{ Н}$$

де, p – щільність вугілля

5.5 3D-моделювання немоdernізованої роликоопори в системі SolidWorks

Для побудови 3D-моделі вузла роликової опори використовуємо CAD систему SolidWorks.

Розглянемо побудову немодифікованої роликової опори. Вона складається із двох типів кронштейнів, косинок, швелера та трьох роликів.

Окремо здійснюємо побудову кожної окремої деталі:

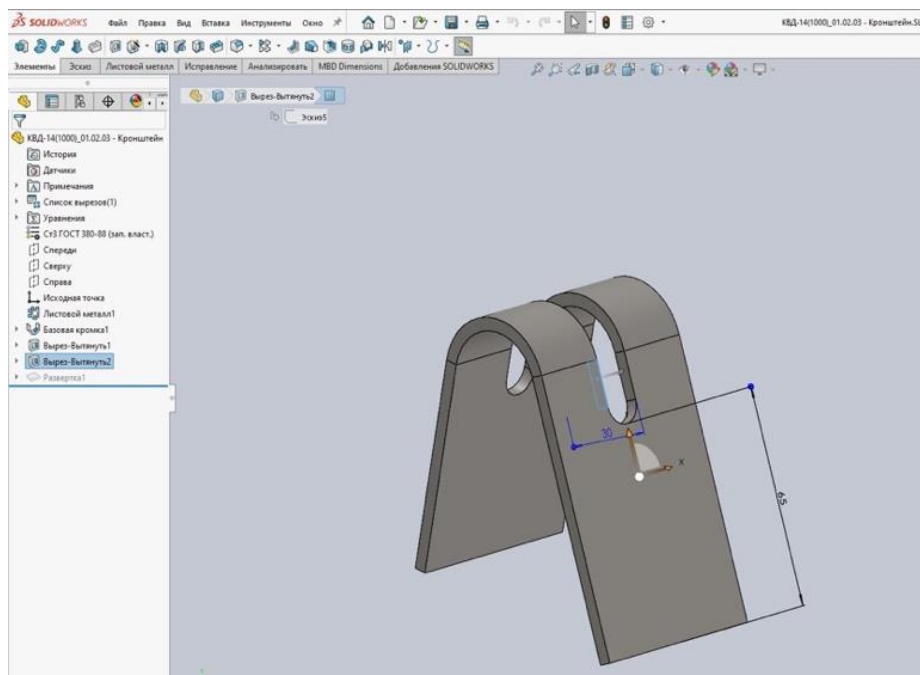


Рис. 5.6 – Кронштейн гнутий

Зліва на рис.5.6 зображено дерево побудови деталі. Можна помітити, що деталь виготовлена через гнуття листового матеріалу згідно потрібних розмірів.

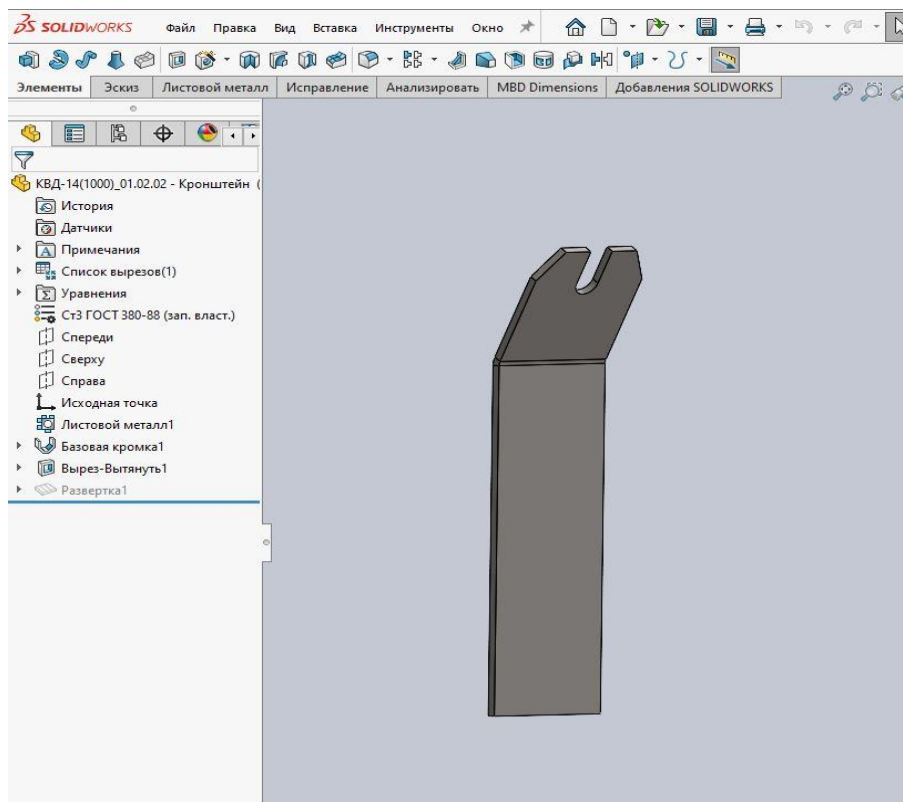


Рис. 5.7 – Кронштейн-стійка

На рис.5.7 зображено також гнутий листовий матеріал. По центру деталі виконано паз для фіксації роликів.

Основою роликової опори служить гнута полоса матеріалу у формі швеллера (рис. 5.8).

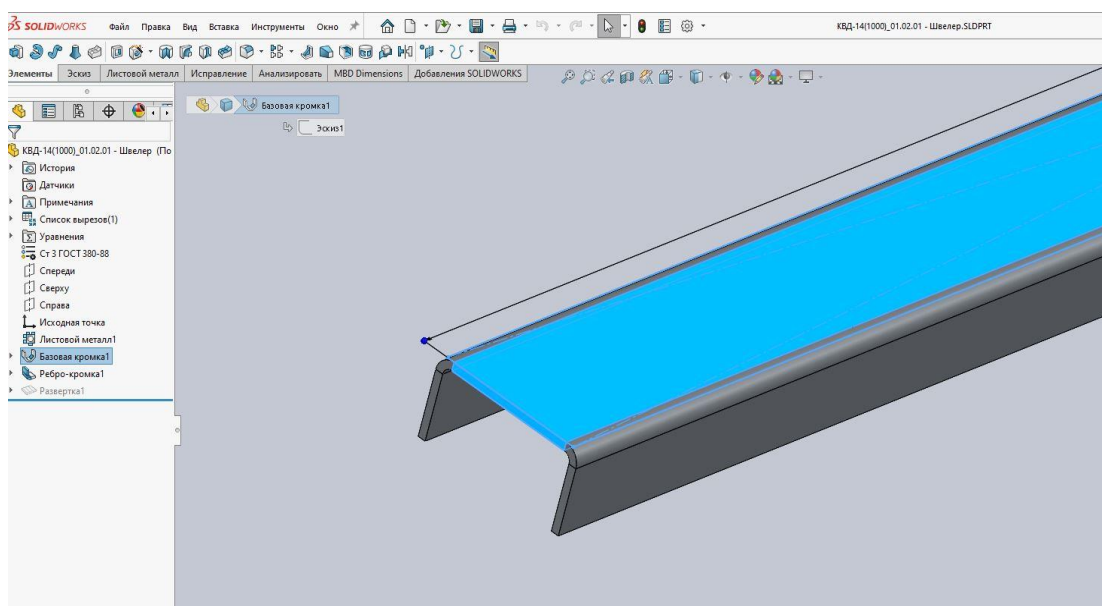


Рис. 5.8 – Гнутий швеллер

Для більш надійнішої фіксації деталі «Кронштейн-стійка» використовують косинки, які приварюються і до стійки, і до основи (швелер).

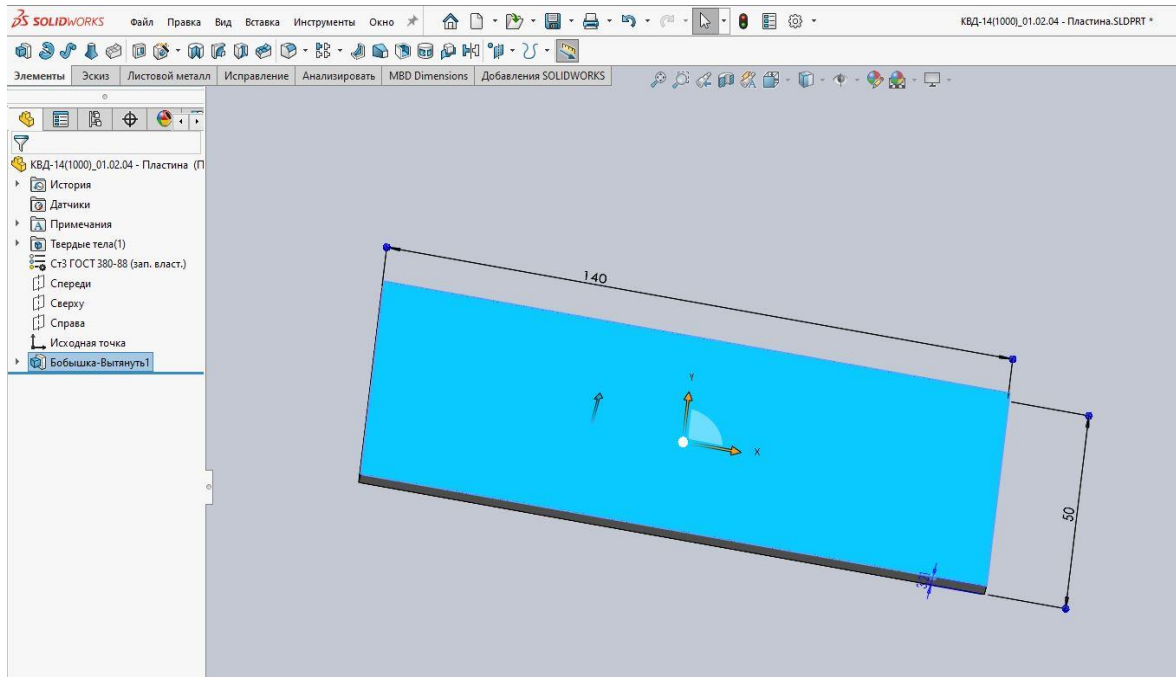


Рис. 5.9 – Косинка

На роликовой опоре розміщуються три однакових ролика (рис. 5.10) – один горизонтальний та два симетрично нахилені.

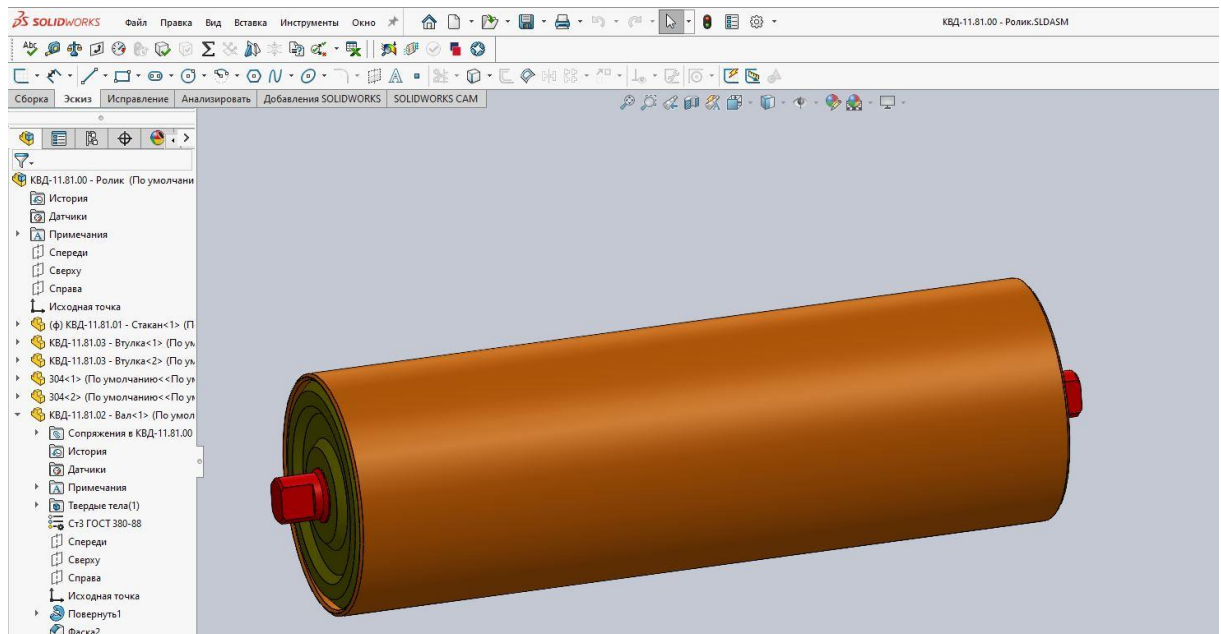


Рис. 5.10 – Ролик

Ролик являє собою окремий вузол, що складається із двох підшипників, стакана, двох втулок та валу, який виставляється по кронштейнах роликової опори (рис. 5.11).

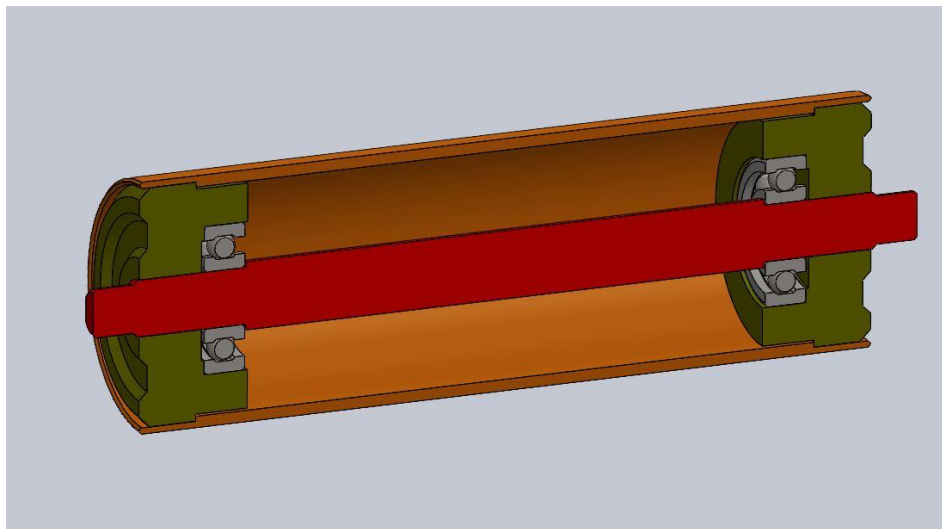


Рис. 5.11 – Ролик в розрізі

Вузол роlikової опори в зборі виглядає наступним чином:

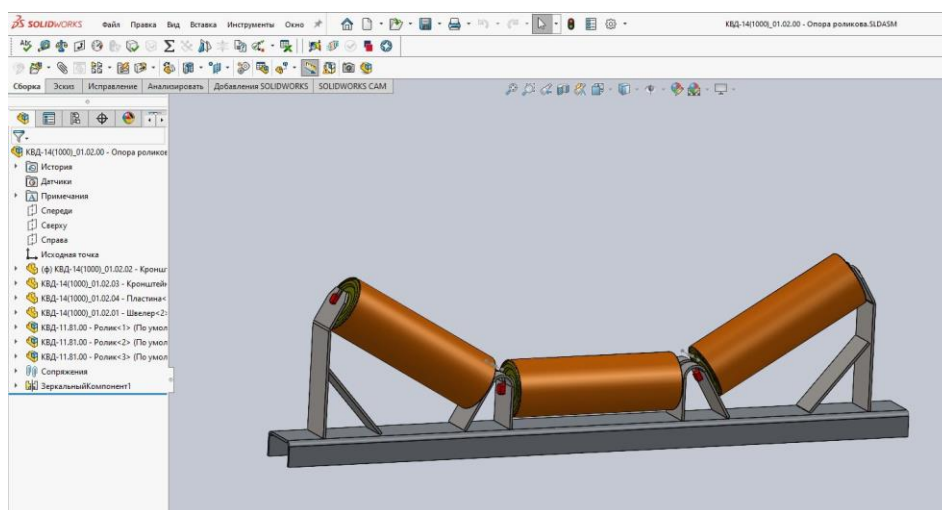


Рис. 5.12 – Немодифікована роlikова опора

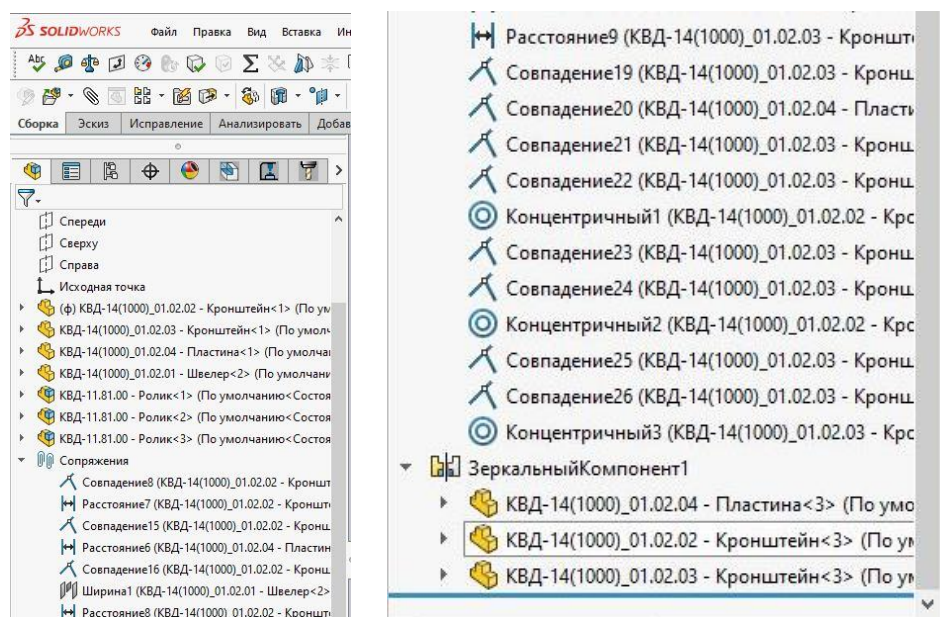


Рисунок 5.13 – Дерево складання роlikової опори

5.6 3D-моделювання модернізованої роликоопори в системі SolidWorks

Для побудови 3D-моделі вузла роликової опори використовуємо CAD систему SolidWorks.

Розглянемо побудову модифікованого вузла роликової опори.

Будуємо деталі модифікованої роликової опори:

1. Швеллер – опора горизонтальна, основа вузла.

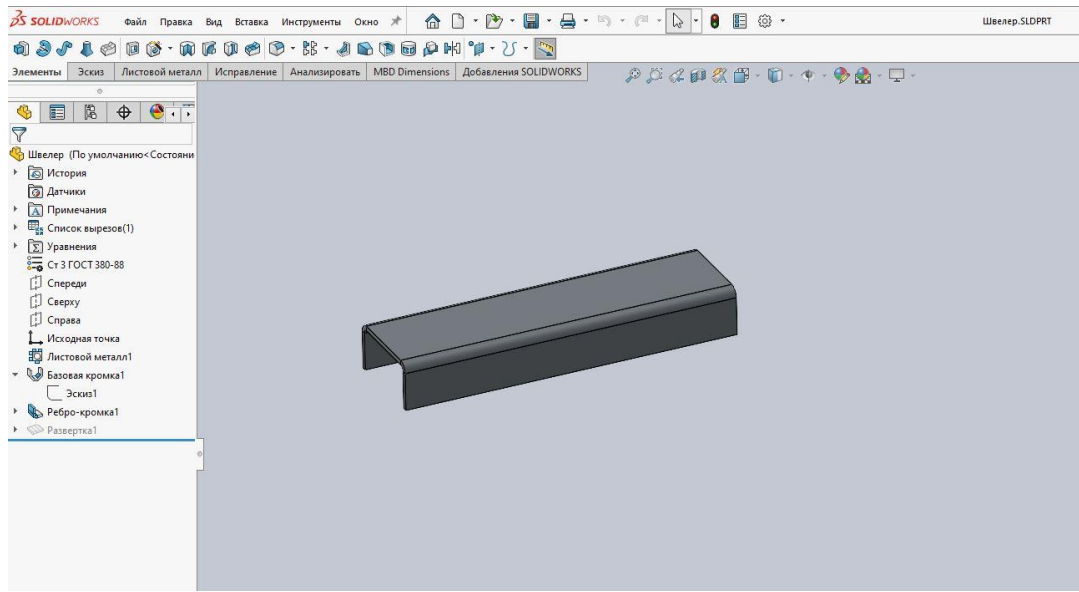


Рис. 5.14 – Основа модифікованої роликової опори

2. Вуха в зборі з основою та косинками для більш надійного кріплення на швеллері.

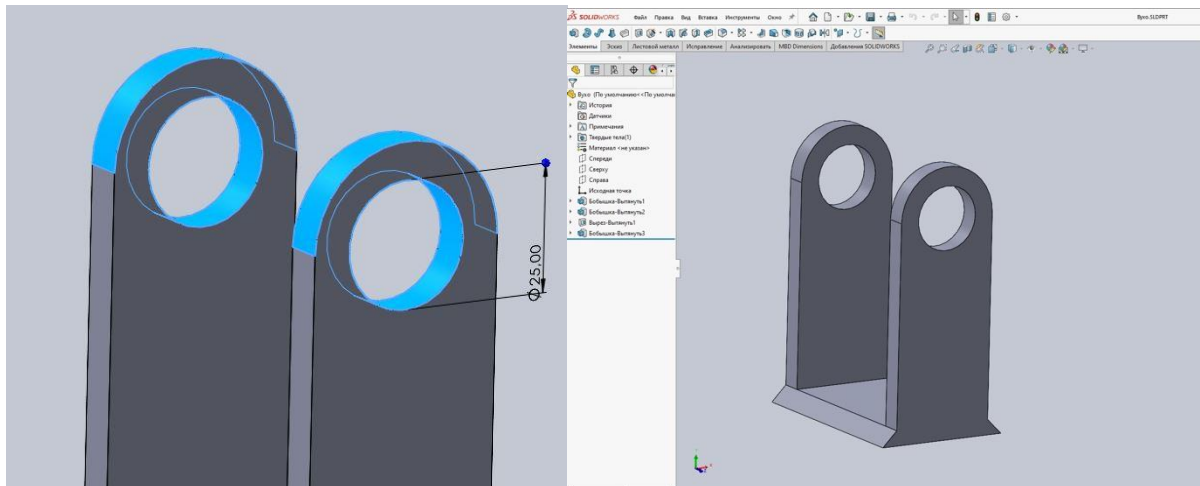


Рис. 5.15 – Кріпильне вуха роликів

3. Будуємо вісь та вал для фіксування осі в вухові (кронштейні). Основний діаметр вала та діаметр отворів в вухові та діаметр наскрізного отвору в осі однакові.

На кінці вала (рис. 5.17) передбачено отвір для встановлення шплінта.

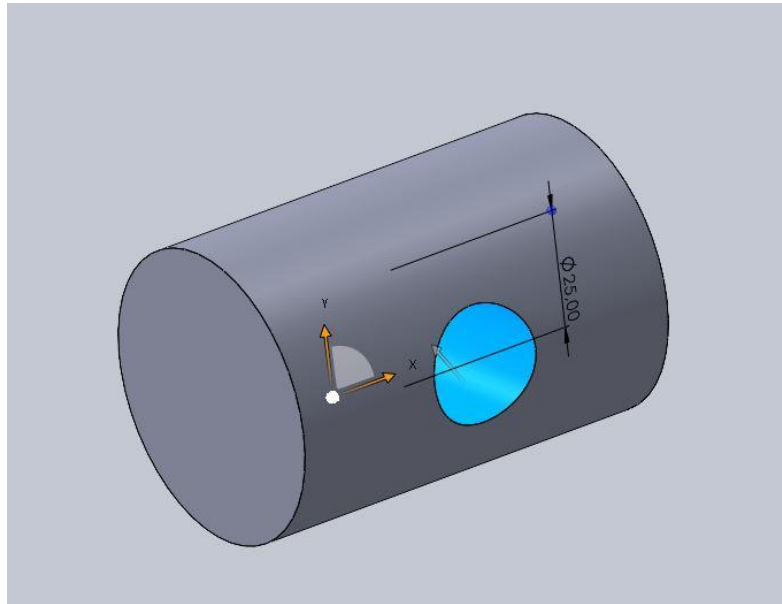


Рис. 5.16 – Вісь

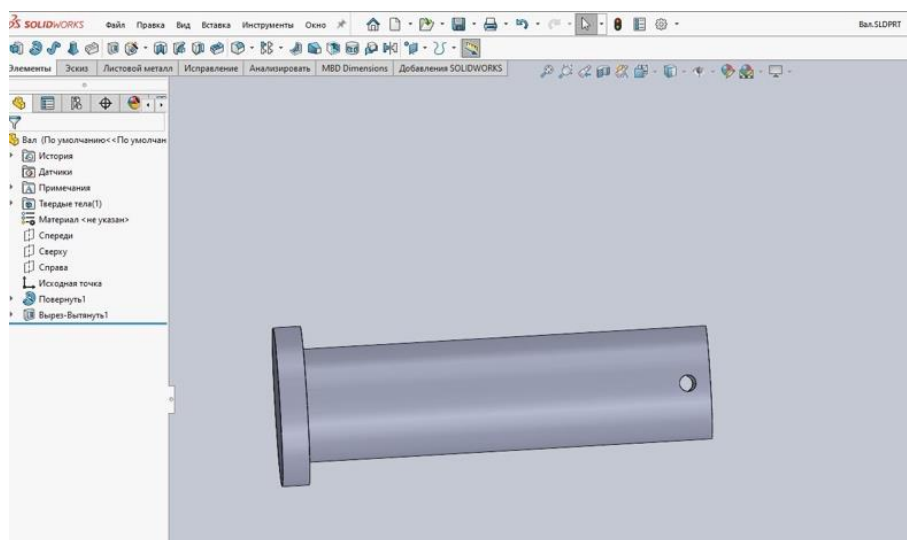


Рис. 5.17 – Вал

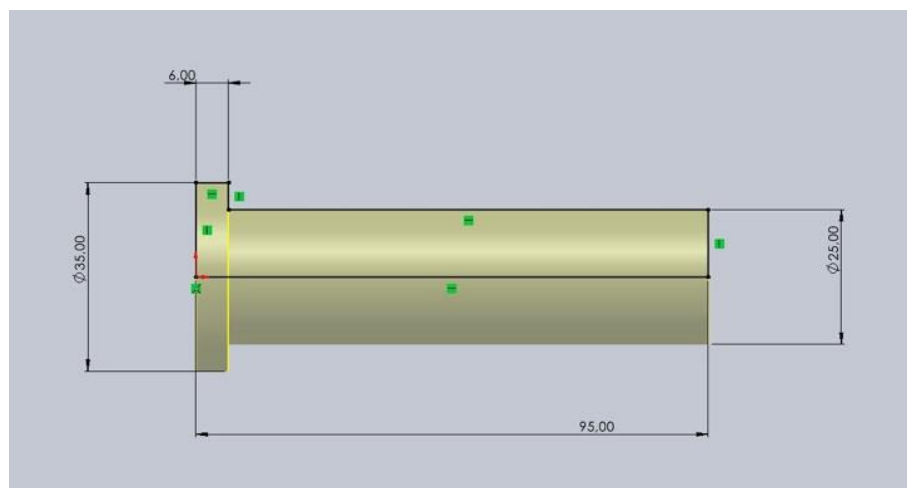


Рис. 5.18 – Ескіз побудови вала

Лівий та правий ролик горизонтального ролика виконуються однаковими.

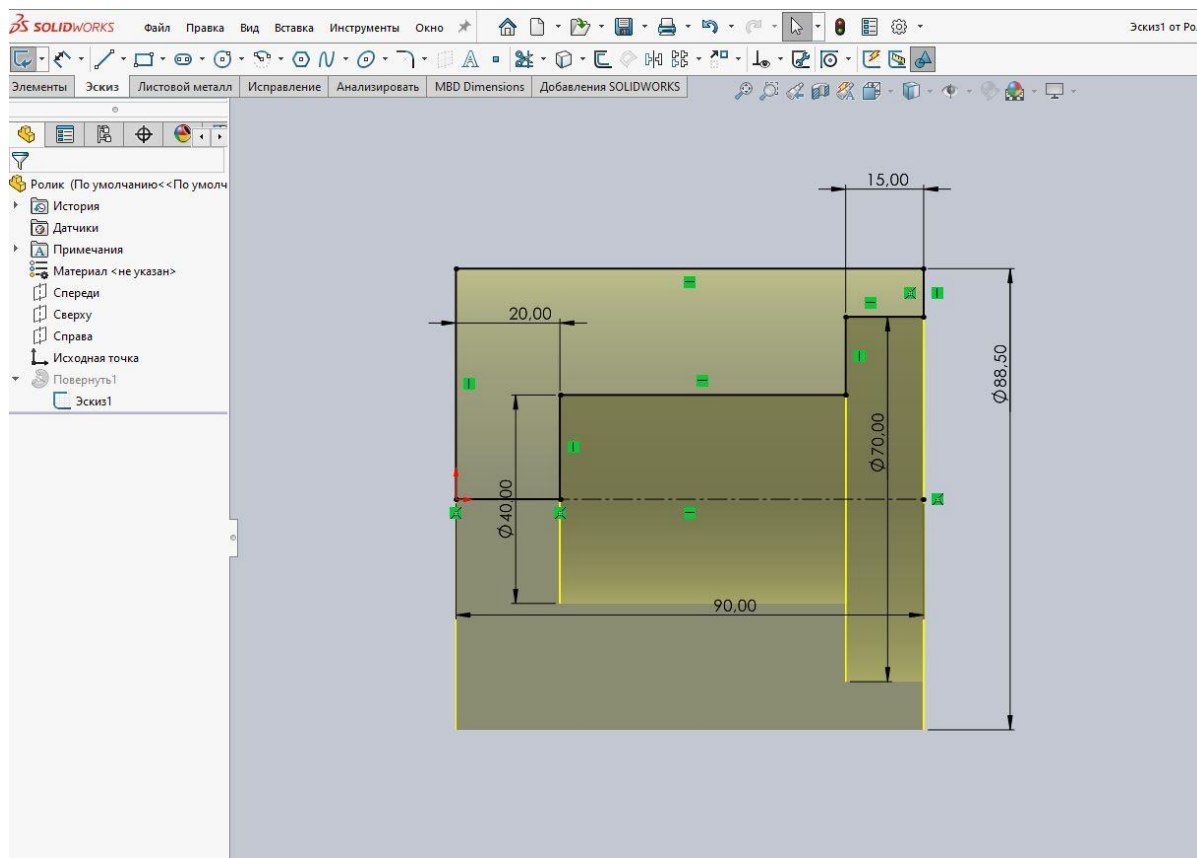


Рис. 5.19 – Ескіз для побудови ролика з глухим отвором під пружину
Коли усі деталі готові, проводимо складання вузла.

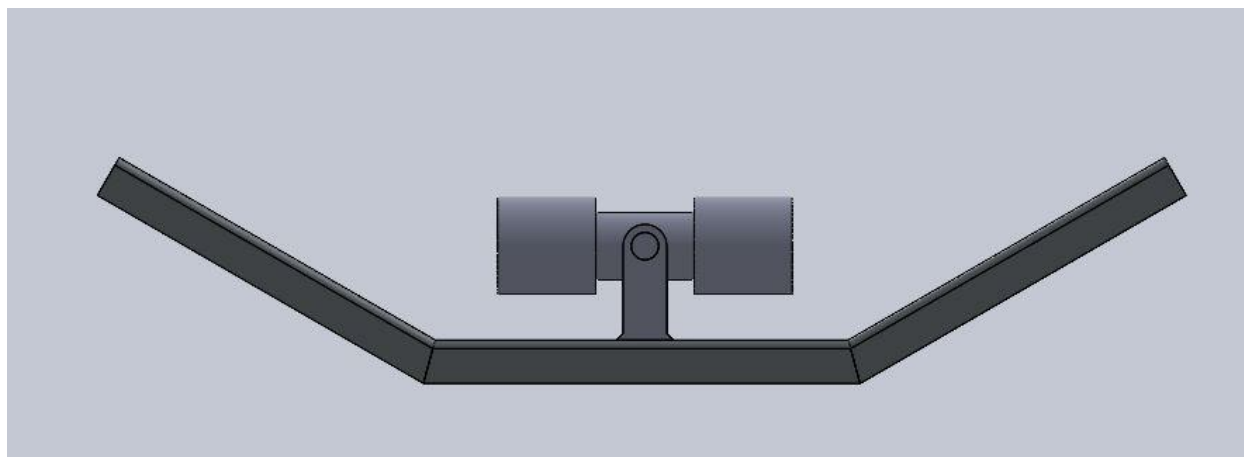


Рис. 5.20 – Додаємо похилі швелери до опори

Встановлюємо на похилих швелерах аналогічно до попередніх пунктів ще дві ролика.

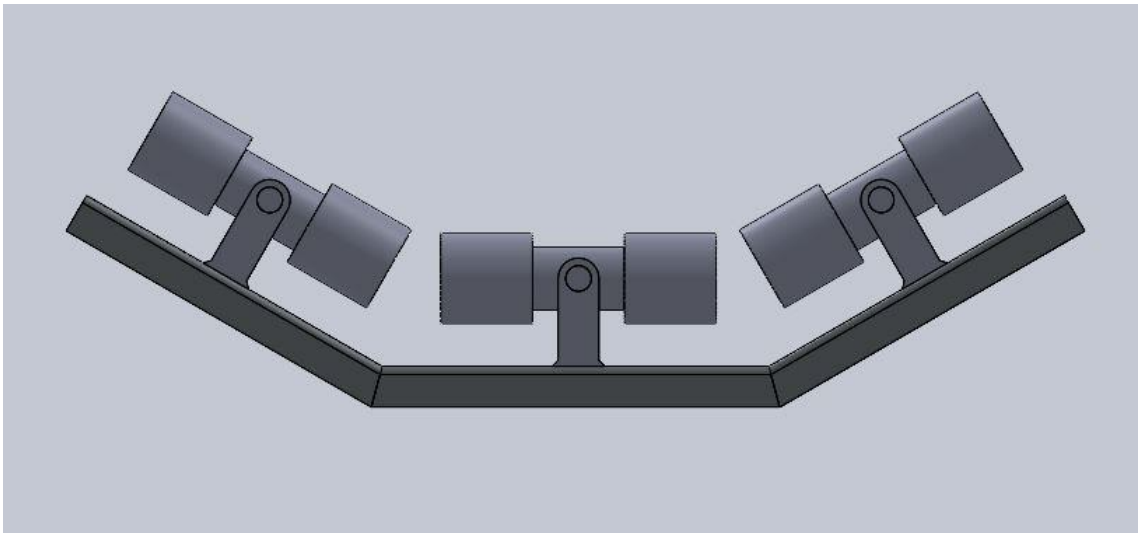


Рис. 5.21 – Три ролика на опорі

Добудовуємо горизонтальні частини швелерів до роликової опори для встановлення на рамі конвеєра.

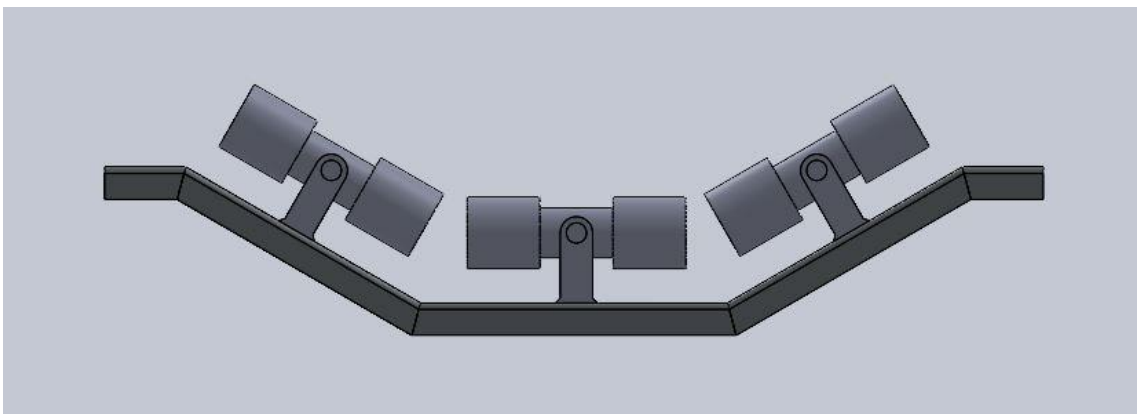


Рис. 5.22 – Рама роликової опори

На рис. 5.23 зображено збірку модифікованого вузла з доданими пружинами між центральним роликом та нахиленими роликами.

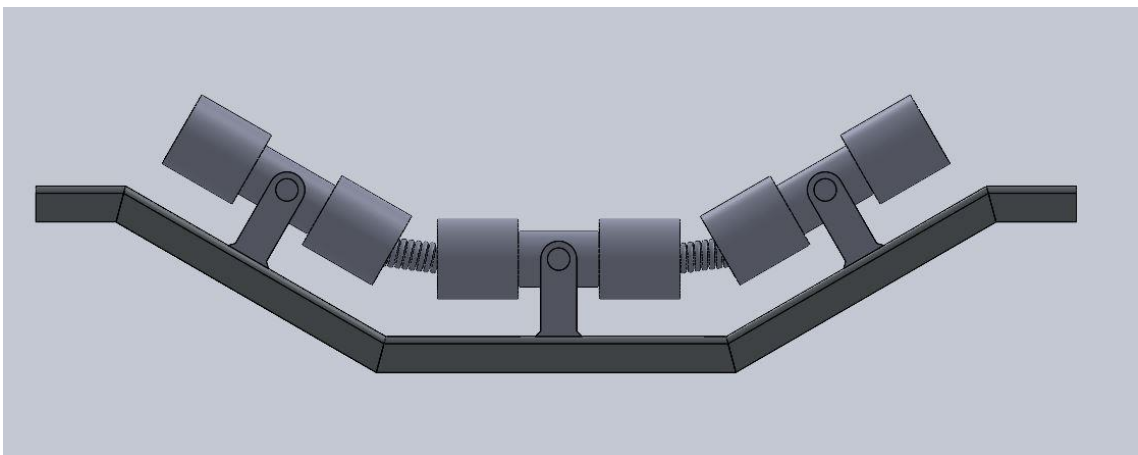


Рис. 5.23 – Модифікована роликова опора

5.7 Розрахунки на міцність немодернізованої роликоопори за допомогою програмного комплексу ANSYS

Для розрахунків напружено-деформованого стану базової й модернізованої конструкцій опорного ролика за допомогою CAE-системи обрала програмне забезпечення ANSYS. Створюємо новий проект Static Structural та імпортуємо геометрію у вигляді STEP моделі базової конструкції ролика.

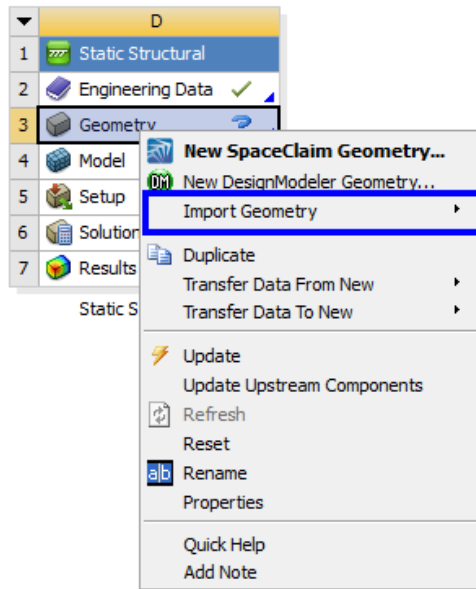


Рис. 5.24 – Створення нового проекту Static Structural

Переходимо в розділ Model де задаємо закріплення ролика відповідно до конструкції та навантаження, що відповідає вазі транспортувального матеріалу.

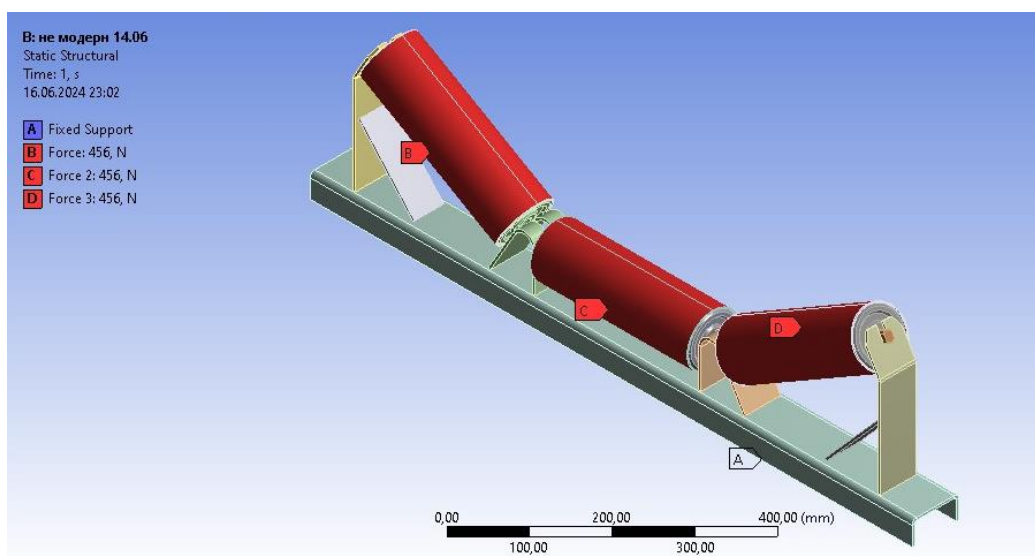


Рис. 5.25 – Задання закріплень і навантаження

Далі задаємо необхідні розрахунки: переміщення, еквівалентні деформації, еквівалентні напруження та запас міцності.



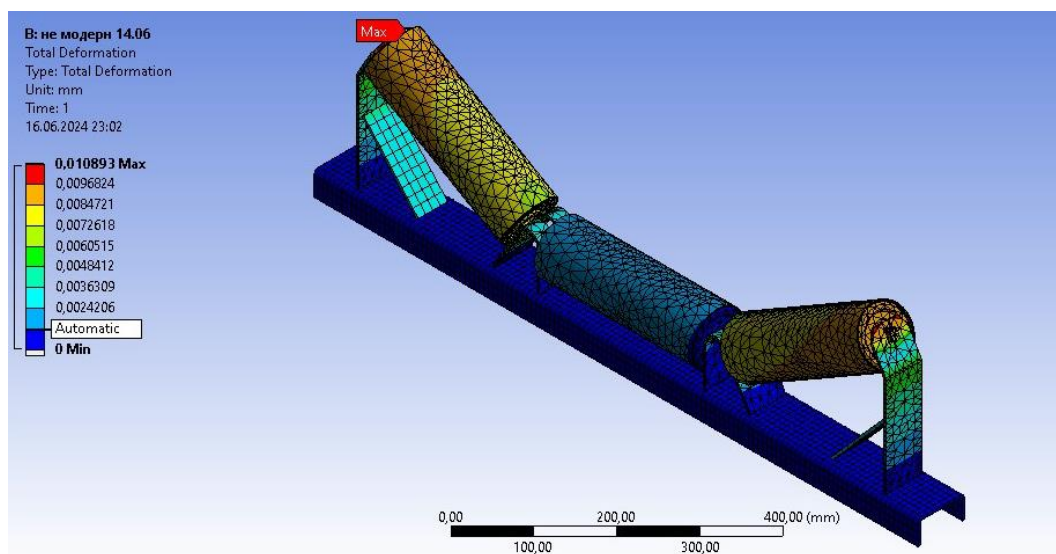
Рис. 5.26 – Задання необхідних розрахунків

Задаємо матеріал деталі, у нашому випадку це сталь – Structural Steel.

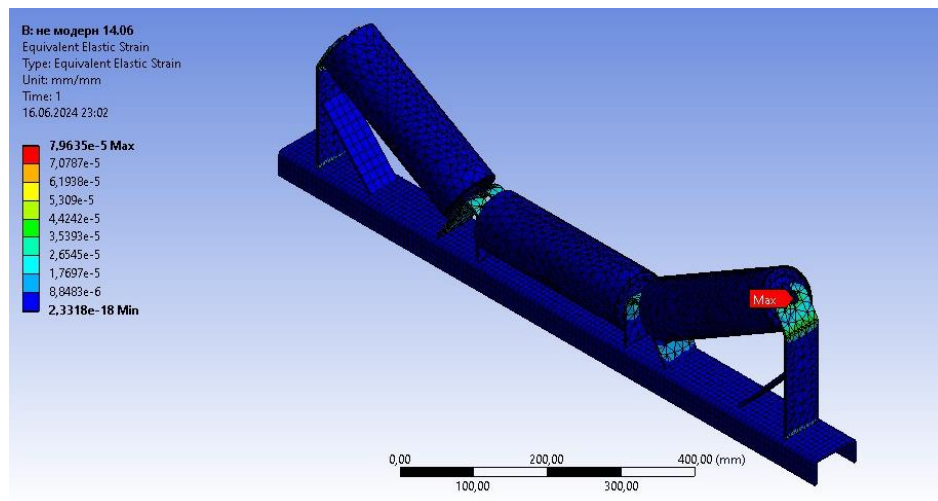
+ Graphics Properties	
- Definition	
☐ Suppressed	No
Stiffness Behavior	Flexible
Coordinate System	Default Coordinate System
Reference Temperature	By Environment
Behavior	None
- Material	
Assignment	Structural Steel
Nonlinear Effects	Yes
Thermal Strain Effects	Yes

Рис. 5.27 – Задання необхідного матеріалу нашій конструкції

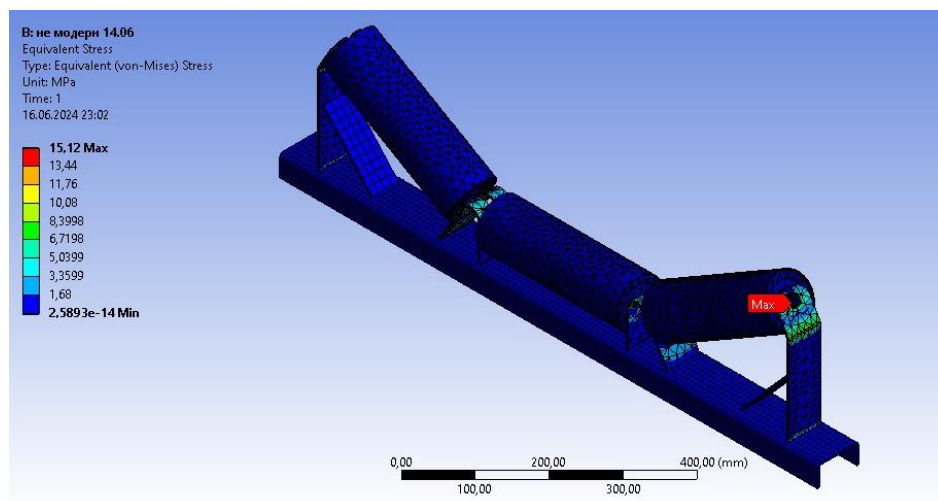
Після підготовки задачі проводимо розрахунок базового ролика та отримуємо наступні результати.



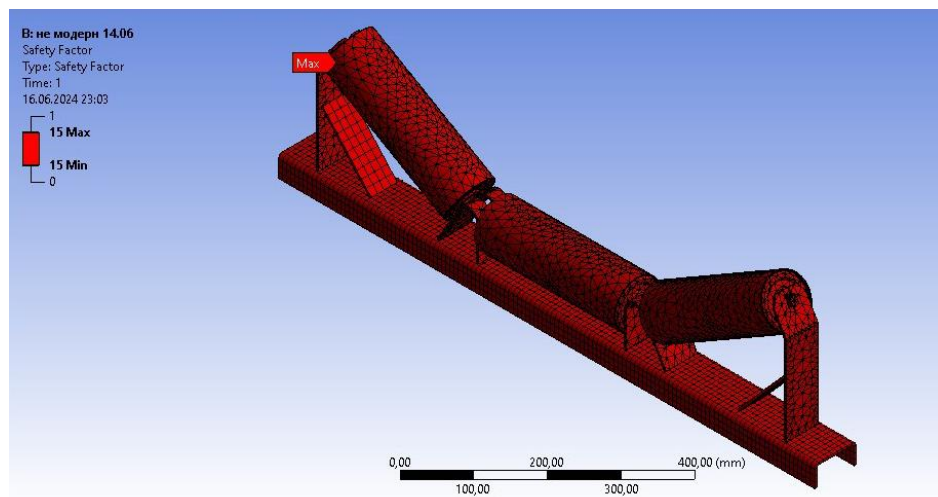
а)



б)



в)



г)

Рис. 5.28 – Отримані результати базової моделі: а) розподіл переміщення, б) розподіл еквівалентних деформацій, в) розподіл еквівалентного напруження, г) розподіл коефіцієнту запасу міцності

5.8 Розрахунки на міцність модернізованої роликоопори за допомогою програмного комплексу ANSYS

Для розрахунку модернізованого ролика копіюємо оригінальний проект та замінюємо геометрію на 3Д-модель модернізованого валка.

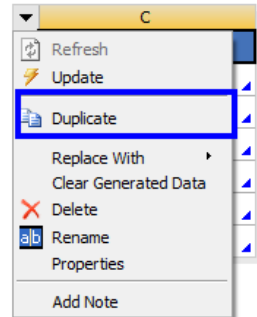


Рис. 5.29 – Створення дублікату проекту

Повторюємо всі дії, що й для базової конструкції змінюючи закріплення відповідно до модернізованої конструкції та залишаємо навантаження й матеріал незмінними для порівняння міцності.

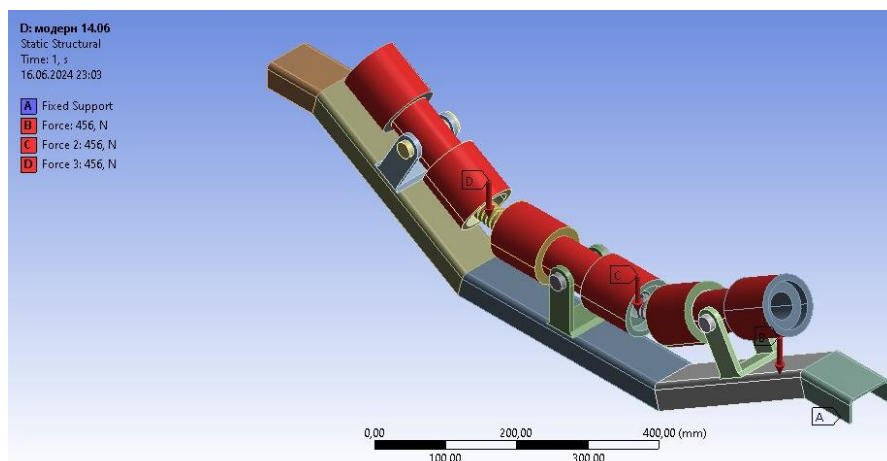
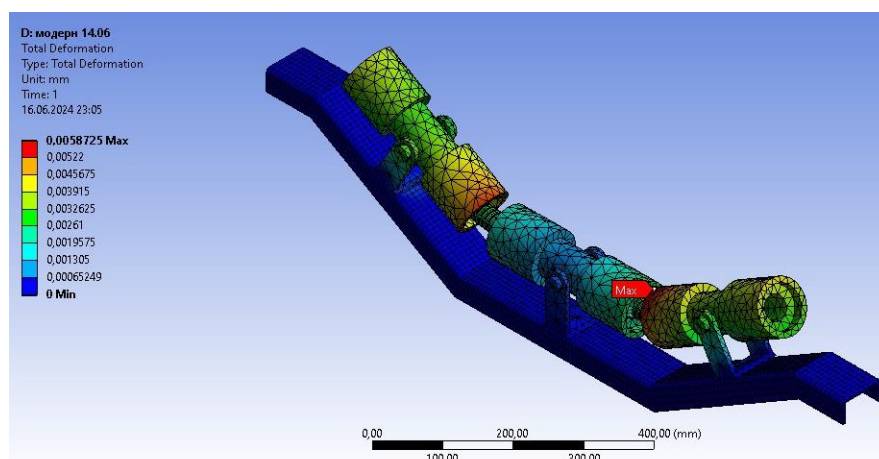
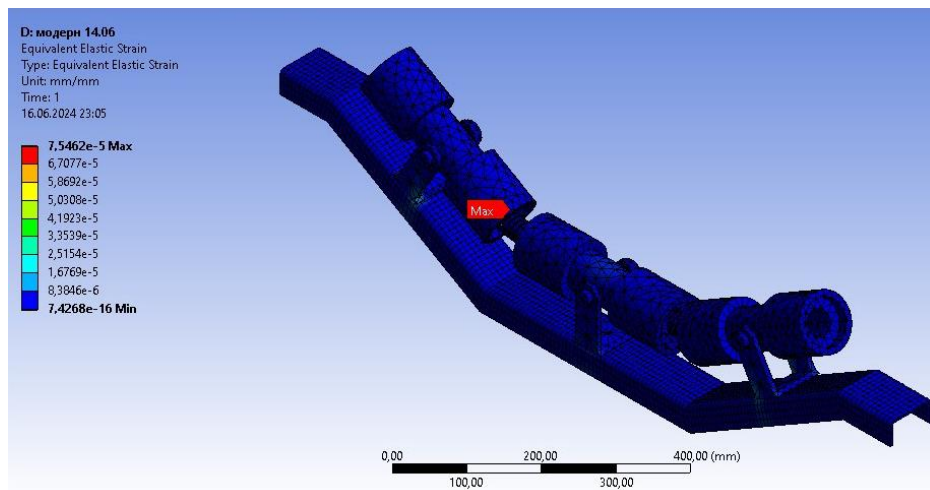


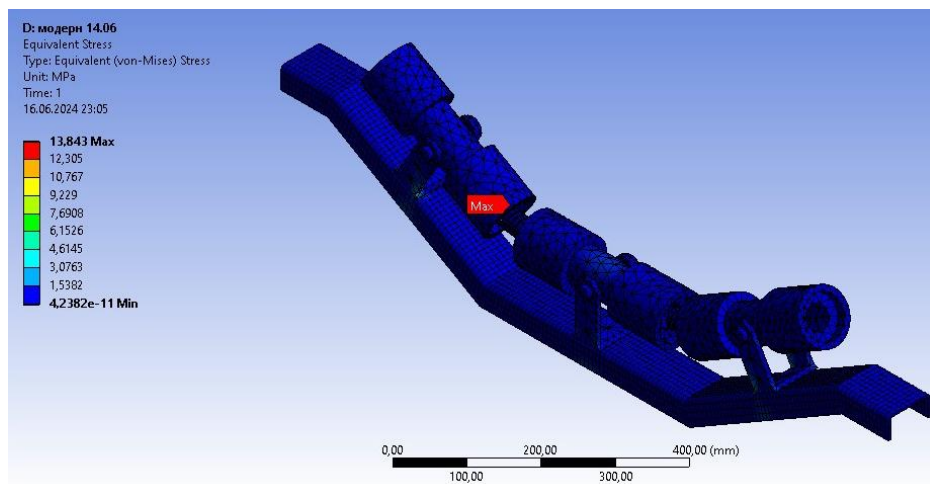
Рис. 5.30 – Задання закріплень і навантаження



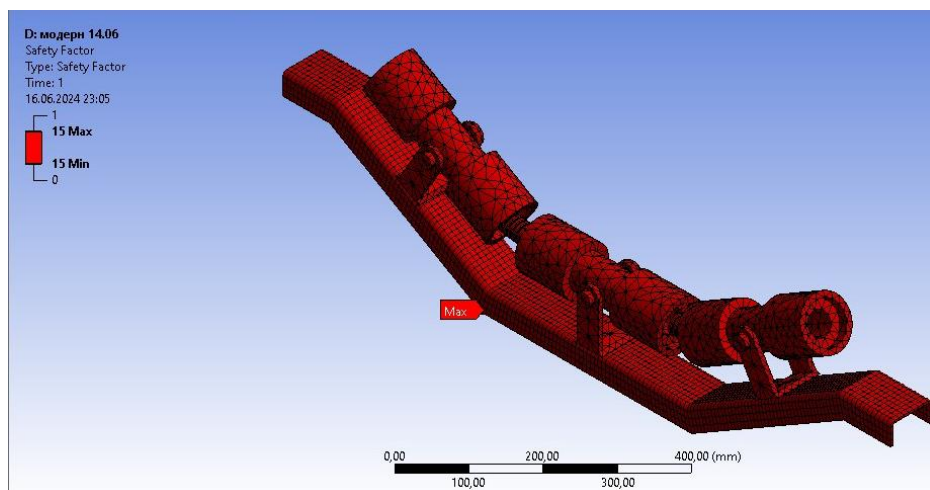
a)



б)



в)



г)

Рис. 5.31 – Отримані результати модернізованої моделі: а) розподіл переміщення, б) розподіл еквівалентних деформацій, в) розподіл еквівалентного напруження, г) розподіл коефіцієнту запасу міцності

ВИСНОВКИ

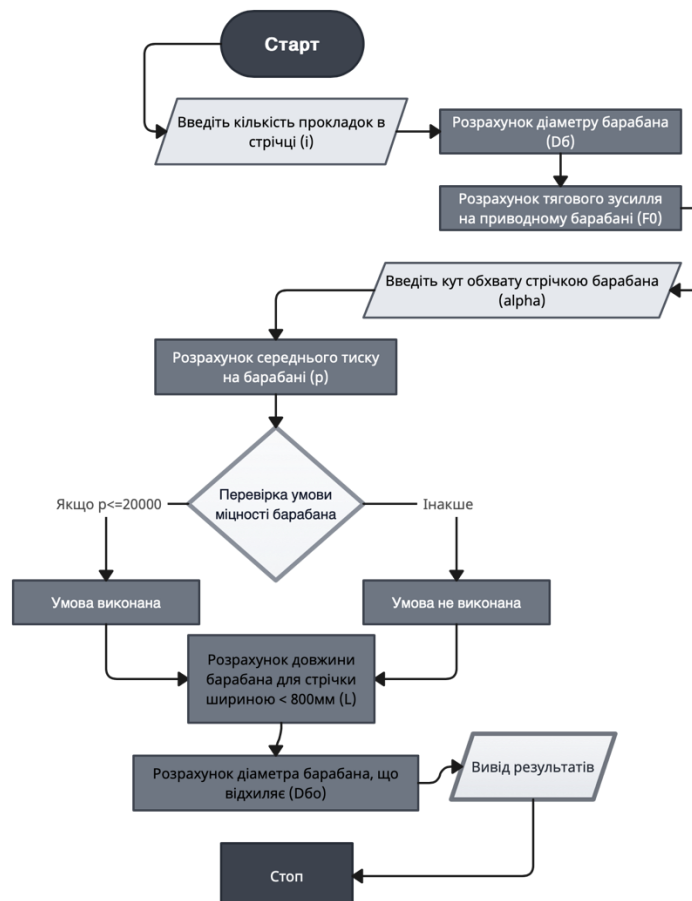
В результаті при виготовленні роликів з однакового матеріалу та з незмінними навантаженнями модернізована конструкція має розподіл еквівалентного напруження 13.843 МПа порівняно з базовою – 15.12 МПа. Це може означати, що модернізована конструкція зменшує еквівалентне напруження, що вказує на більш рівномірний розподіл навантажень і покращену надійність конструкції.

5.9 Виконання параметричного розрахунку за допомогою мови програмування c++

Таблиця 5.5 – Вихідні дані для розрахунків

№	Найменування	Позначення	Значення	Одиниця вимірювання
1	Кількість прокладок у стрічці	i	2	шт
2	Кут обхвату стрічкою барабана	α	180	градуси
3	Ширина стрічки	B	400	мм

Розв'язання:



```

Введіть кількість прокладок в стрічці: 2

Розрахуємо діаметр барабана за формулою:
D6 = k' * k'' * i
D6 = 250мм

Розрахуємо тягове зусилля на провідному барабані за формулою:
F0 = Sn6 - Sc6
F0 = 1715Н

Введіть кут обхвату стрічкою барабана (у градусах): 180
Розрахуємо середній тиск стрічки на барабан:
      360 * F0
p = -----
      D6 * B * alpha * Pi

p = 109Па

Перевіримо барабан на умову міцності, допустимий середній тиск приймаємо за 20000Па
109 <= 20000 (Умова міцності барабана виконується)

Розрахуємо довжину барабану для стрічки шириною менше 800мм:
L = B + 50
L = 450мм

Визначимо діаметр барабана, що відхиляє:
D6o = k' * k'' * i
D6o = 150мм

```

Рис. 4.1 – Розрахунок на мові C++

ВИСНОВКИ

Було проведено параметричний розрахунок стрічкового конвеєра з використанням мови програмування C++ у середовищі Visual Studio. Програма, написана мовою C++, забезпечує вивід результатів у консоль, які продемонстровані вище. Отже, даний розрахунок підтверджує правильність виконання обчислень.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Згідно ст. 153 Кодексу законів про працю України (КЗпПУ) на всіх підприємствах, в установах, організаціях створюються безпечні і нешкідливі умови праці. Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці.

Відповідно до теми дипломного проекту “Конвеєр стрічковий для транспортування вугілля з модернізацією роликоопори” об’єктом дослідження є виробничий цех, де здійснюється транспортування вугілля.

Впровадження заходів по забезпеченню сприятливих умов праці на етапі експлуатації допоможе виявити небезпечні і шкідливі виробничі фактори (НШВФ), що, в свою чергу, є критичним етапом для створення безпечних умов праці. На робочому місці оператора НШВФ включають електричний струм, виробничий шум, ультразвукові хвилі, промисловий пил і підвищену вібрацію.

Розділ "Охорона праці та навколишнього середовища" містить аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, пропозиції щодо захисту працівників і рекомендації з охорони праці.

Під час проектування та виготовлення машин потрібно здійснити належний захист від механічних ризиків, встановлюючи огорожі та захисні кожухи над рухомими частинами конвеєра, особливо там, де є прямий доступ до стрічки або рухомих роликів. Іншими словами гарантувати відповідність вимогам безпеки (з урахуванням європейського досвіду) для запобігання нещасним випадкам і забезпечення охорони праці. Безпека праці включає дотримання чинних нормативних стандартів.

Основні параметри конструкцій, призначених для захисту операторів і обслуговуючого персоналу від небезпечних елементів машин та механізмів регламентує ДСТУ EN 953:2014 [11]. Мінімальні безпечні відстані, щоб

унеможливити доступ рук до небезпечних зон машин встановлює ДСТУ EN 294-2001 [12]. Необхідні відстані для запобігання контакту ніг з небезпечними зонами визначає ДСТУ EN 811:2003 [13]. Вимоги до ручного переміщення машин та їх компонентів, враховуючи фізичні можливості людини регулює ДСТУ EN 1005-2:2014 [14]. Рекомендовані обмеження зусиль, що прикладаються під час експлуатації машин встановлює ДСТУ EN 1005-3:2014 [15]. Основні принципи проектування, спрямовані на ідентифікацію, оцінювання та зменшення ризиків, пов'язаних з використанням машин містить ДСТУ EN ISO 12100:2016 [16].

6.1. Техніка безпеки при роботі з стрічковим конвеєром

Основні принципи безпеки при роботі зі стрічковими конвеєрами для транспортування вугілля базуються на забезпеченні стабільності та надійності обладнання, а також на захисті працівників від потенційних ризиків.

Заборонені дії при роботі зі стрічковим конвеєром

- Заборона на носіння вільного одягу: Легко зачепитися за рухомі частини конвеєра, тому вільний одяг, такий як шарфи, великі куртки, не допускаються.
- Не стояти або ходити по стрічці конвеєра: Це може призвести до падінь або травм.
- Заборона на видалення або зміну захисних огорож: Всі захисні огорожі та кожухи мають залишатися на місці під час роботи конвеєра.
- Не виконувати ремонтні роботи без відповідного дозволу: Ремонтні або обслуговувальні роботи на рухомому обладнанні повинні проводитися лише кваліфікованими особами після вимкнення та заблокування конвеєра.
- Заборона на користування неавторизованим обладнанням: Всі інструменти та обладнання, які використовуються при роботі з конвеєром, повинні відповідати стандартам безпеки і бути схвалені для використання.

Проведення регулярних оглядів та технічне обслуговування конвеєра є ключовими для виявлення та виправлення будь-яких механічних недоліків або

знос. Особлива увага приділяється механізмам напруження та роликам, які мають велике навантаження під час роботи.

Регулярне навчання персоналу та проведення інструктажів з техніки безпеки мають бути впроваджені для забезпечення знань про правильне використання конвеєра, його обслуговування та процедури реагування на аварійні ситуації.

Використання систем аварійного зупину

Системи аварійного зупину мають бути доступні та легко керовані. Це дозволяє операторам швидко реагувати на будь-які аварійні ситуації, зупиняючи конвеєр та запобігаючи можливій шкоді або травмам. Вимоги до систем аварійного зупину регламентуються стандартом ДСТУ EN ISO 13850:2016 [17] "Безпечність машин. Аварійне зупинення. Принципи проектування".

Відстань до будь-якого місця обладнання, з якого можна досягти пристрою аварійної зупинки, не повинна перевищувати 10 м. Це гарантує, що оператор зможе швидко дістатися до пристрою в разі небезпечної ситуації. Висота установки пристрою аварійної зупинки повинна знаходитися в межах від 0,6 до 1,7 м від рівня підлоги, що забезпечує зручність користування для операторів різного зросту.

Необхідно підкреслити, що наявність тросових вимикачів аварійної зупинки не може замінити встановлення необхідних захисних огорожень. Захисні огороження виконують свою функцію та є важливим компонентом загальної системи безпеки на конвеєрі, доповнюючи функції аварійного зупину.

6.2. Засоби індивідуального захисту

При роботі зі стрічковими конвеєрами, особливо при транспортуванні вугілля, наявність та правильне використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) є життєво важливими для забезпечення безпеки працівників. У цьому розділі я пропоную детально розглянути засоби індивідуального захисту, які рекомендовано використовувати.

Я рекомендую використовувати захисні шоломи, які забезпечують ефективний захист голови від ударів та падіння предметів. Одним з найбільш поширених варіантів є захисні шоломи марки 3M H-700, які мають високу міцність та відповідають вимогам стандарту ДСТУ EN 397:2017 [18]. Ці шоломи також мають регульовану систему кріплення для забезпечення максимального комфорту.

Захисні окуляри є необхідними для захисту очей від пилу та маленьких частинок. Я рекомендую використовувати окуляри Uvex Ultravision, які забезпечують широкий огляд та мають спеціальне покриття, що запобігає запотіванню. Вони відповідають вимогам стандарту ДСТУ EN 166:2017 [19].

Респіратори або маски є життєво важливими для захисту дихальних шляхів від пилу вугілля та інших потенційно токсичних частинок. Я пропоную використовувати респіратори марки 3M 7500 Series з фільтрами 3M 2091 P100, які забезпечують високий рівень захисту та відповідають стандарту ДСТУ EN 149:2017 [20].

Для захисту шкіри від механічних пошкоджень та забруднень необхідно використовувати захисний одяг. Я рекомендую вибирати захисний одяг марки DuPont Tyvek 500 Xpert, який виготовлений з матеріалу Tyvek і має високу міцність та стійкість до хімічних впливів. Цей одяг відповідає вимогам стандарту ДСТУ EN ISO 13688:2016 [21].

Взуття з металевим носком забезпечує захист ніг від впливу важких об'єктів і допомагає уникнути ковзання. Я рекомендую використовувати захисне взуття марки Caterpillar S3 з металевим носком, яке відповідає вимогам стандарту ДСТУ EN ISO 20345:2016 [22]. Це взуття також має підошву, яка забезпечує стійкість до ковзання та антистатичні властивості.

Отже, я пропоную використовувати вище наведені засоби індивідуального захисту для забезпечення безпеки працівників під час роботи зі стрічковими конвеєрами для транспортування вугілля. Дотримання цих заходів безпеки не лише знижує ризик травм та аварій, але й підвищує ефективність виконання робіт та забезпечує безпеку робочого середовища для всіх працівників.

6.3. Мікроклімат

Для забезпечення комфортних умов праці та зниження ризиків, пов'язаних з несприятливими умовами мікроклімату, необхідно визначити допустимі та оптимальні параметри для теплого і холодного періоду року. Згідно з ДСН 3.3.6.042-99 [23] "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень", оптимальні параметри для теплого періоду включають температуру повітря 22-24°C, відносну вологість 40-60% і швидкість руху повітря до 0,2 м/с. Для холодного періоду температура повинна бути 21-23°C, вологість 40-60%, а швидкість руху повітря – до 0,1 м/с.

6.4. Аналіз шкідливо-небезпечних виробничих факторів

Таблиця 6.1 – Небезпечні і шкідливі виробничі фактори

Пил та газы:	Вугілля при транспортуванні створює значну кількість пилу, що може викликати респіраторні захворювання. Гранично допустима концентрація (ГДК) пилу в робочій зоні становить 4 мг/м ³ для вугільного пилу відповідно до Наказу МОЗ від 14.07.2020 № 1596.
Шум і вібрація:	Робота конвеєра супроводжується підвищеним рівнем шуму та вібрації. Гранично допустимий рівень шуму на робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБА, відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 [24]. Для вібрації гранично допустимий рівень загальної вібрації становить 112 дБ, згідно з ДСН 3.3.6.039-99 [25].
Хімічні речовини:	У процесі обслуговування конвеєра можливе використання мастил та інших хімічних речовин. Гранично допустима концентрація для мастильних матеріалів не повинна перевищувати 5 мг/м ³ згідно з Наказом МОЗ від 14.07.2020 № 1596.
Теплові небезпеки:	Нагрівання деталей конвеєра та електрообладнання може стати причиною опіків та пожеж. Гранична температура поверхні деталей не повинна перевищувати 60°C для безпеки працівників.
Електромагнітні випромінювання:	Робота електрообладнання може створювати небезпечні рівні електромагнітного випромінювання. Максимально допустимий рівень електромагнітного випромінювання не повинен перевищувати 0,1 мТл згідно з Наказом МОЗ від 01.08.1996 № 239.

6.4.1. Електробезпека

Забезпечення електробезпеки є важливим аспектом, що включає використання робочої та додаткової ізоляції, заземлення, захисних пристроїв. Основні вимоги регламентуються ДСТУ Б В.2.5-82:2016 [26]. Напруга електричних установок не повинна перевищувати 220 В для змінного струму і 440 В для постійного струму.

6.4.2. Пожежна безпека

Пожежна безпека при експлуатації стрічкових конвеєрів включає контроль за іскроутворенням, перегрівом деталей та використанням пожежобезпечних матеріалів. Основні вимоги встановлені НАПБ А.01.001-2014 [27] та ДСТУ 8828:2019 [28]. Максимальна температура нагріву електрообладнання не повинна перевищувати 60°C для запобігання займання.

5.4.3. Освітлення

Освітлення робочих місць повинно забезпечувати достатній рівень видимості для безпечної роботи. Нормована освітленість у виробничих приміщеннях повинна бути не менше 200 лк відповідно до ДСТУ EN 12464-2:2016 [29] та ДБН В.2.5-28:2018 [29]. Я рекомендую використовувати освітлювальні прилади таких марок і виробників:

- Philips Ledinaire – LED світильники з високою енергоефективністю та тривалим терміном служби. Вони забезпечують рівномірне освітлення та відповідають вимогам стандартів.
- Osram Lumilux – люмінесцентні лампи, які забезпечують високу світловіддачу та мають довгий термін служби. Вони підходять для освітлення великих виробничих приміщень.

6.5. Заходи по усуненню небезпек

Для зниження ризиків та забезпечення безпеки працівників необхідно реалізувати наступні заходи:

- Монтаж захисних огорожень на всіх рухомих частинах конвеєра. Захисні огороження мають витримувати зусилля не менше 250 Н відповідно до ДСТУ EN 953:2014 [30].

- Встановлення систем аварійного зупину з можливістю зупинки при зусиллі не більше 125 Н і боковим переміщенням троса не більше 300 мм.
- Регулярне технічне обслуговування та перевірка обладнання не рідше одного разу на місяць.
- Контроль параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях для дотримання оптимальних значень.
- Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) відповідно до характеру небезпек.
- Встановлення систем пожежної безпеки та регулярні навчання з пожежної безпеки для персоналу.
- Контроль рівнів шуму та вібрації з використанням шумомірів та віброметрів, що відповідають стандартам.
- Встановлення якісного освітлення на робочих місцях.

ВИСНОВКИ

Забезпечення охорони праці та цивільного захисту є ключовим аспектом при проектуванні та експлуатації стрічкових конвеєрів для транспортування вугілля. Дотримання нормативних вимог і впровадження відповідних заходів безпеки значно знижує ризики травматизму та підвищує ефективність роботи. Виконання зазначених заходів забезпечить безпечне робоче середовище, мінімізуючи вплив шкідливих факторів на здоров'я працівників і зменшуючи ризики аварійних ситуацій. Комплексний підхід до охорони праці та цивільного захисту включає технічні, організаційні та інші заходи, спрямовані на підвищення рівня безпеки та охорони здоров'я на виробництві.

7 ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

7.1 Технологія виготовлення деталі

Опис та призначення деталі

Корпус циліндричного ролика конвеєра стрічкового — це основна деталь, яка використовується для підтримки та керування рухом стрічки конвеєра. Основне призначення корпусу полягає в тому, щоб забезпечити оптимальну підтримку та направлення для стрічки, щоб забезпечити безперервну та ефективну роботу конвеєра.

Основні характеристики та функції корпусу циліндричного ролика конвеєра включають:

1. Підтримка стрічки: Корпуси роликів розташовані рівномірно по довжині конвеєра і надають опору стрічці під час пересування вантажу. Вони підтримують вагу та допомагають у рівномірному розподілі навантаження.

2. Зменшення тертя: Корпуси мають гладку поверхню, яка зменшує тертя між стрічкою та роликом, тим самим покращуючи ефективність руху.

3. Направлення руху: Вони допомагають керувати рухом стрічки, не допускаючи її зміщення або відхилення від шляху руху.

4. Міцність та тривалість: Корпуси зазвичай виготовляються з міцних матеріалів, таких як сталь або алюміній, щоб забезпечити довговічність та надійність в умовах важкої експлуатації.

Отже, корпуси циліндричних роликів є ключовою деталлю в системі конвеєра стрічкового, яка забезпечує його безперервну та ефективну роботу.

Таблиця 7.1 – Елементи корпусу

№ поз.	Назва елемента.	Квалітет точності.	Шорсткість R_a , мкм.	Призначення поверхні.
1	Торець	14	6,3	Конструктивний елемент Допоміжна поверхня
2	Торець	14	6,3	Конструктивний елемент Допоміжна поверхня
3	Зовнішня поверхня	12	6,3	Конструктивний елемент Допоміжна поверхня
4	Наскрізний отвір	14	6,3	Посадочна поверхня
5	Отвір під кільце	10	6,3	Посадочна поверхня

Таблиця 7.2 – Технологічний маршрут обробки

№ опер ації	Назва операції.	Номер поверхні	Інструмент	Верстат
005	Фрезерувальна з ЧПК (Установ А)	1	Фреза торцева	HAAS VF3
010	Токарна з ЧПК	3	Токарний різець упорний	HAAS ST20
015	Фрезерувальна з ЧПК (Установ Б)	2	Фреза торцева	HAAS VF3
020	Токарна з ЧПК	4	Токарний різець розточний	HAAS ST20
025	Токарна з ЧПК (Установ А і Б)	5	Токарний різець розточний	HAAS ST20

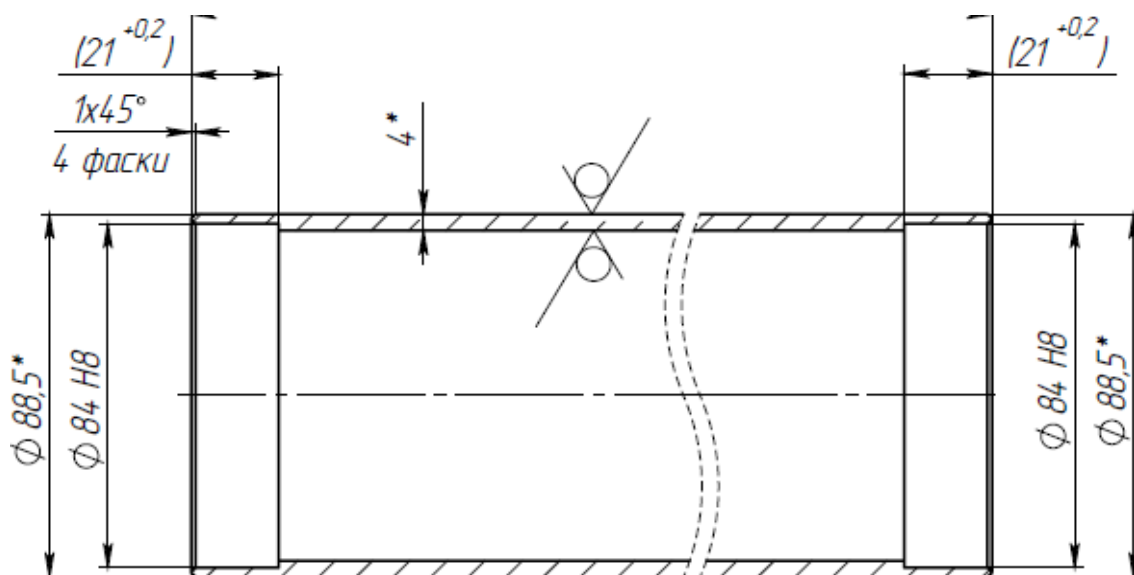


Рис. 7.1 – Елементи деталі

Вибір заготовки для виготовлення корпусу ролика

Для виготовлення корпусу використовуємо Сталь 45Л ГОСТ 1050-74, що обумовлено малими вимогами до міцності деталі.

Таблиця 7.3 – Хімічний склад та механічні властивості Сталь 45Л

С , %	Si , %	Mn , %	Не більше		Ni , %	Cu , %
			S , %	P , %		
0,42-0,5	0,17-0,35	0,5-0,8	0.055	0.05	≅0.9	≅0.9
σ_B , МПа	$\sigma_{міц}$, МПа	$[\sigma_0]_f$	$[\sigma_{-1}]_f$	$[\sigma_H]$	HB	δ , %
<	<	<	<			
600	245	17	21	25	170	36

Литво у піщано – глинисту форму [31]:

Затрати на матеріал при литві у піщано – глинисту форми:

$$M_1 = \left(\frac{C_I}{1000} \right) \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{від}}}{1000},$$

де C_I - базова вартість 1 т.заготовок, $C_I = 680$ грн.

$S_{\text{від}}$ - Вартість тони відходів, $S_{\text{від}}=24,8$ грн.,

q - маса деталі , $q = 1,26$ кг,

K_T - коефіцієнт , що залежить від класу точності , $K_T=1$; [1,с.37,38]

K_C - коефіцієнт , що залежить від групи складності , $K_C=1$; [1,с.37,38]

K_B - коефіцієнт , що залежить від маси заготовки , $K_B=0,84$, [1,с.37,38]

K_M - коефіцієнт , що залежить від матеріалу деталі , $K_M=1$, [1,с.37,38]

K_{II} - коефіцієнт , що залежить від об'єму виробництва , $K_{II}=1$, [1,с.37,38]

Q - маса заготовки, $Q = 2,69$ кг,

Маса заготовки:

$$m_3 = (V_1 - V_2) \cdot \rho,$$

де ρ - густина матеріалу заготовки. $\rho = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$.

V_1, V_2 - відповідні об'єми, з яких складається заготовка, м^3 .

$$V_1 = \pi D^2 \cdot 0.25 \cdot l = 0.078^2 \cdot 3.14 \cdot 0.25 \cdot 0.08 = 3,82 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

$$V_2 = \pi d^2 \cdot 0.25 \cdot l = 0.012^2 \cdot 3.14 \cdot 0.25 \cdot 0.08 = 0.09 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

$$m_3 = (3,82 - 0,09) \cdot 10^{-4} \cdot 7,2 \cdot 10^3 = 2,69 \text{ кг}.$$

$$M = \left(\frac{680}{1000} \right) \cdot 2,69 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 1 \cdot 1 - (2,69 - 1,26) \cdot \frac{24,8}{1000} = 1,5 \text{ грн}.$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{B.M.} = \frac{q}{Q}. \quad K_{B.M.} = \frac{1,26}{2,69} = 0,46$$

Технологічний процес виготовлення деталі

Метою розробки варіанта технологічного маршруту обробки деталі являється подання загального плану обробки, намітка змісту операцій та переходів технологічного процесу, вибір типу устаткування – верстатів, пристроїв, різального та вимірювального інструментів, вибір оптимального (по мінімуму приведених витрат на одиницю продукції) техпроцесу [32].

Послідовність операцій:

Операція 005. Фрезерувальна з ЧПК

Фрезерувати торці, витримуючи розмір $L=160$

Фрезерувати з двох сторін, витримуючи розмір довжини корпусу

Операція 010. Токарна

Точити $\varnothing 89$ начорно, начисто до розміру $\varnothing 88,5$

Підрізати торець $\varnothing 88,5$

Зняти фаски $0,5 \times 45^\circ$

Операція 015. Токарна

Розточити $\varnothing 84H8$ начорно, начисто

Підрізати торець $\varnothing 84H8$

Зняти фаску $0.5 \times 45^\circ$

Точити $\varnothing 80$ начорно, начисто

Операція 020. Шліфувальна.

Шліфувати поверхні $\varnothing 84H8$ та $\varnothing 88.5$

Операція 025. Контрольна.

При виробництві середнього обсягу продукції обирають універсальне та спеціалізоване обладнання, враховуючи відповідність розмірів верстатів оброблюваній заготовці, досягнення потрібної точності та мінімізацію різних моделей верстатів.

--	--	--	--	--

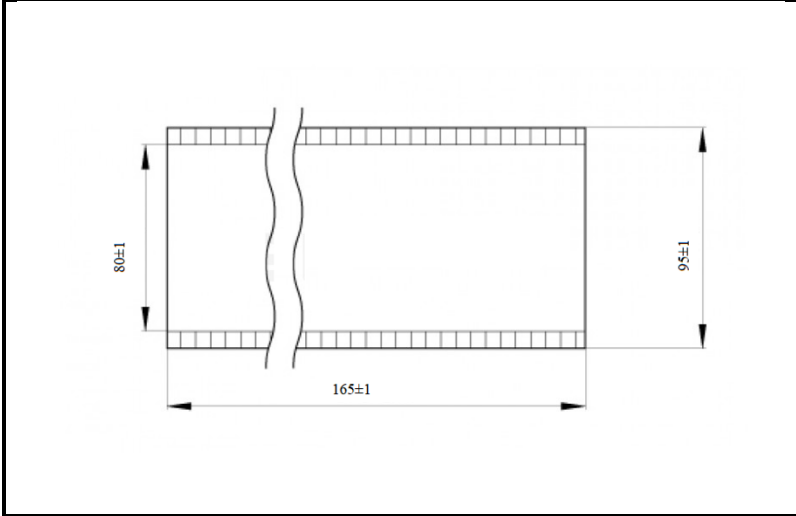
[illegible]

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

ГОСТ 3.1404-86			Форма 2	
Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

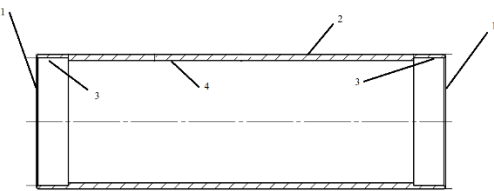
--	--	--	--	--

Розробив	Продайко С.Д.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ						
Перевірів	Борщик С.О.									
				Корпус				Н		005
Н. контр.										



Назва операції				Матеріал		
Розмітка				Сталь 45Л		
Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	Коод
НВ=197	кг	1,26	D1=95 L=165		2,69	1
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми		
То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР		

Р		ПН	Дабо В	L	t	i	s	п	v
P01	1. Розмітка деталі								
T02									
O3									
O04									
T05									
T06									
P07									
O8									

09												
010												
OK	Обробка різанням											
Дубл.												
Взамін.												
Підпис							Зм	Ар	№док.	Підпис Дата		
Розробив	Продайко С.Д.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ								
Перевірив	Борщик С.О.											
Н. контр.				Корпус						Н	010	
				Назва операції			Матеріал					
				Токарна			Сталь 45Л					
				Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри		МЗ		Коод	
				HB=197	кг	1,26	D1=95 L=165		2,69		1	
				Обладнання, пристрій ЧПК			Пристосування					
				Токарно-револьверний верстат 16K20Ф3								
				То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР				
								Емульсія				
Р				Інструмент		D	L	t	i	s	n	v
1	Установка заготовки											
2	Фрезерування поверхні 1 начисто			Фреза торцева ГОСТ 24359-80		89	-	2	1	0,4	400	168
3	Точіння поверхні 2 начисто			Різець прохідний ГОСТ 18869-70		89	160	2	1	0,4	92	52
4	Розточування поверхню 3, 4 начисто			Різець прохідний ГОСТ 18869-70		84	160	1	1	0,3	92	52
5	Перевернути заготовку											
6	Фрезерування поверхні 1 начисто			Фреза торцева ГОСТ 24359-80		89	-	2	1	0,4	400	168

7	Точіння поверхні 2 начисто	Різець прохідний ГОСТ 18869-70	89	160	2	1	0,4	92	52
8	Розточування поверхню 3, 4 начисто	Різець прохідний ГОСТ 18869-70	84	160	1	1	0,3	92	52
9									
ОК		Обробка різанням							

ГОСТ 3.1404-86

Форма 2

[illegible]

7.2 Вибір пристосування

Оберемо пристрій для фрезерування торця корпусу.

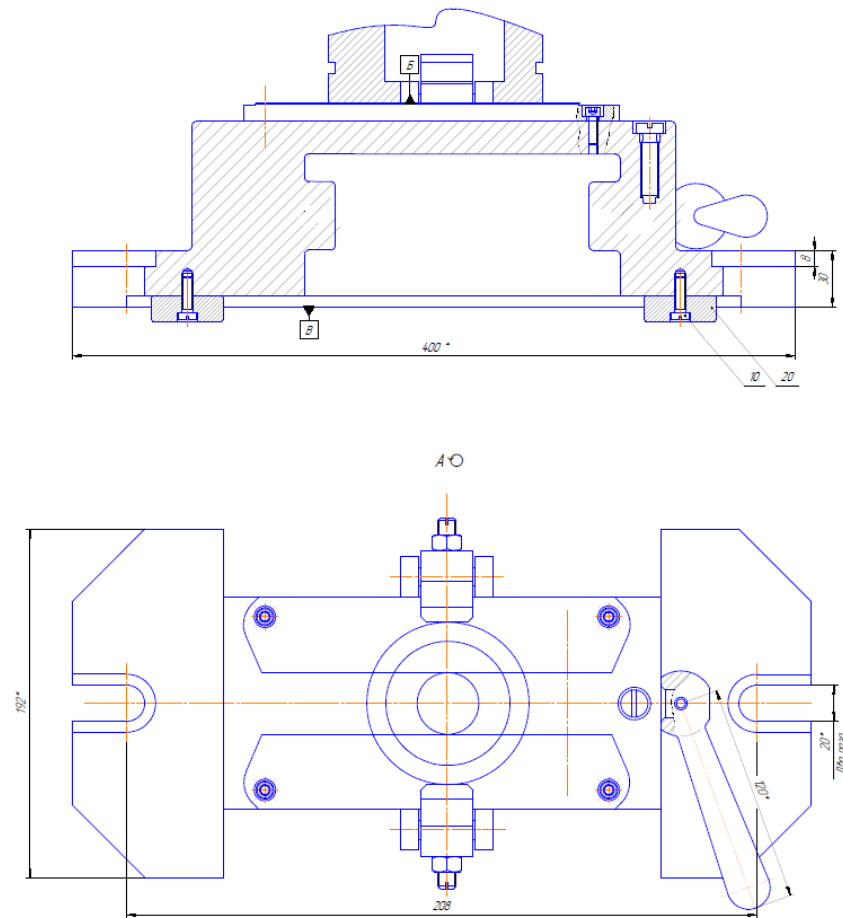


Рисунок 7.2 – Верстатний пристрій

Вибір установочних елементів пристрою.

В якості установочних елементів використовуємо гладку циліндричну поверхню – оправка, на яку встановлюється деталь торцем, а базовим торцем деталь встановлюється на опору і закріплюється прихватом.

Розробка технічних умов на пристрій та опис його роботи.

Виходячи із умов експлуатації та вимог до якості деталі, що отримуємо, до пристрою пред'являють наступні вимоги:

1. Рухомі частини пристрою повинні переміщуватись плавно, без заїдання.
2. Поверхні, які труться змастити мастилом ЦИАТИМ 201.
3. Відхилення від паралельності поверхонь, якою пристрій базується на столі верстата та по якій на пристрої базується заготовка, не повинне перевищувати встановленої величини.

Деталь встановлюється на опорну площину пристрою і базується за допомогою призми. Після чого рукоятка ексцентрика повертається за годинниковою стрілкою на встановлений кут. Ексцентрик переміщує рухому призму вперед на довжину ексцентриситету, затискуючи заготовку., після чого ведеться обробка. По закінченню обробки рукоятка повертається в початкове положення, звільнюючи рухому призму, яка під дією сил стискання пружин відходить у вихідне положення, тим самим розтискуючи деталь.

ВИСНОВКИ

В процесі проекту був розроблений технологічний процес механічної обробки деталі. Технологічний процес механічної обробки дозволяє забезпечити виконання всіх технічних вимог, які вимагаються для даної деталі.

При розробці технологічного процесу механічної обробки деталі дуже важливо вибрати правильно заготовку, що знижує собівартість деталі.

При виборі обладнання доцільно використовувати верстати з ЧПК, як найбільш продуктивні. При використанні типового обладнання необхідно застосовувати спеціальні пристрої та ріжучий інструмент.

Розроблений пристрій верстатний. Верстатний пристрій механізований і дозволяє швидко і точно закріпити деталь, а також досягти високої точності виконання технічних вимог.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Задача модернізації роlikоопор стрічкового конвеєра була успішно виконана наступними етапами. Спочатку було проведено ретельне дослідження початкової конструкції роlikоопори. Це дало змогу обрати напрямок щодо модернізації. Після ознайомлення з базовою конструкцією та виявлення недоліків, вартих усунення, було проведено огляд патентів та літератури. Оглянувши та дослідивши різні лінії виробництва, а також численні варіанти модернізації основних компонентів, я обрала кілька найбільш ефективних варіантів покращення конструкції для подальшої роботи та обрала остаточний напрямок роботи.

Розроблений бакалаврський проект на тему "Конвеєр стрічковий для транспортування вугілля з модернізацією роlikоопор" містить детальний опис конвеєра. Було оглянуто технічні характеристики та принцип дії машини та її конструкції. Було проведено пошук літератури та проаналізовано існуючі рішення, що підкреслює комплексний підхід до проекту. Результати проведених розрахунків, за допомогою CAE-системи ANSYS, показали, що модернізована конструкція має покращені міцнісні характеристики та зменшене еквівалентне напруження. Проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, розроблено заходи для забезпечення безпечних умов праці, включаючи техніку безпеки, використання засобів індивідуального захисту та заходи для покращення мікроклімату у виробничих приміщеннях. Розглянуто технологію виготовлення деталей модернізованих роlikоопор та обрано оптимальні методи виробництва та матеріали, що забезпечують високу надійність та довговічність конструкцій.

Отже, дипломний проект, спрямований на модернізацію роlikоопори стрічкового конвеєра для підвищення його оперативної ефективності та надійності у вугільній промисловості, був успішно виконаний. Дана робота не лише адресує технічні вдосконалення конвеєрної системи, але й значно сприяє економічним та оперативним поліпшенням у процесах транспортування вугілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коваленко І. В., Малиновський В. В. – Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв: Підручник – К.: Інрес : Воля, 2005. – 102 с.
2. Карвацький А. Я. – Інжиніринг пакувального обладнання: Текст лекцій для студентів спеціальності «Прикладна механіка», спеціалізації «Машини і технології пакування» / Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 65 с.
3. Разгонов С.А., Халипова Н.В., Кузьменко А.І. – Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Спеціалізовані транспортні і навантажувально- розвантажувальні засоби” зі спеціальності “Транспортні системи” 7.010101 / Дніпропетровськ: Університет митної справи та фінансів, 2015. – 44 с.
4. Кабаков А.М., Мамаєв Л.М., Бейгул О.А. – Розрахунок стрічкового конвеєра. Методичні вказівки до виконання індивідуальних завдань з дисциплін «Підйомно-транспортні машини» і «Механізація навантажувально-розвантажувальних і транспортно-складських робіт»/ Дніпродзержинськ, 2014. – 19 с.
5. Патент Україна – «Роликоопора стрічкового конвеєра» - UA 94713, МПК B65G 39/00, 2016; Зіборов Кирило Альбертович Проців Володимир Васильович, Ванжа Геннадій Купріянович, Поволоцька Юлія Володимирівна
6. Патент Україна – «Роликоопора» – UA 113965, МПК B65G 39/00, 2016; Пронін Максим Олександрович, Черствий Максим Петрович
7. Патент Україна – «Роликоопора стрічкового конвеєра» – UA 94391, МПК B65G 39/00, 2014; Зіборов Кирило Альбертович, Поволоцька Юлія Володимирівна, Ванжа Геннадій Купріянович
8. Патент Україна – «Енергозберігаюча роликоопора стрічкового конвеєра» – UA 93593, МПК B65G 39/00, 2014; Кірія Руслан Вісаріонович, Мостовий Борис Іванович, Жигула Тетяна Іллівна, Касандін Роман Вікторович, Лисиця Микола Іванович

9. Патент Україна – «Роликоопора стрічкового конвеєра» – UA 109767, МПК В65G 15/00, 2016; Горбатенко Юрій Павлович, Гузенко Юрій Михайлович

10. Мікульонок І. О. – Виготовлення, монтаж та експлуатація обладнання хімічних виробництв: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.]. – К. : НТУУ «КПІ», 2012. – 419 с.

11. ДСТУ EN 953:2014 Безпечність машин. Огорожі. Загальні вимоги до проектування і конструювання нерухомих та рухомих огорож (EN 953:1997+A1:2009, IDT)

12. ДСТУ EN 294-2001 Безпечність машин. Безпечні відстані для запобігання можливості досягання небезпечних зон руками (EN 294:1992, IDT)

13. ДСТУ EN 811:2003 Безпечність машин. Безпечні відстані для запобігання досягання небезпечних зон ногами (EN 811:1996, IDT)

14. ДСТУ EN 1005-2:2014 Безпечність машин. Фізичні можливості людини. Частина 2. Ручне переміщення машин та їхніх складових частин (EN 1005-2:2003+A1:2008, IDT)

15. ДСТУ EN 1005-3:2014 Безпечність машин. Фізичні можливості людини. Частина 3. Рекомендовані обмеження зусиль під час роботи з машинами (EN 1005-3:2002+A1:2008, IDT)

16. ДСТУ EN ISO 12100:2016 Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків (EN ISO 12100:2010, IDT; ISO 12100:2010, IDT)

17. ДСТУ EN ISO 13850:2016 Безпечність машин. Аварійне зупинення. Принципи проектування (EN ISO 13850:2015; ISO 13850:2015, IDT)

18. ДСТУ EN 397:2017 Каски захисні промислові (EN 397:2012 + A1:2012, IDT)

19. ДСТУ EN 166:2017 Засоби індивідуального захисту очей. Технічні умови (EN 166:2001, IDT)

20. ДСТУ EN 149:2017 Засоби індивідуального захисту органів дихання. Фільтрувальні півмаски для захисту від аерозолів. Вимоги, випробування, маркування (EN 149:2001+A1:2009, IDT)
21. ДСТУ EN ISO 13688:2016 Одяг захисний. Загальні вимоги (EN ISO 13688:2013, IDT; ISO 13688:2013, IDT)
22. ДСТУ EN ISO 20345:2016 Засоби індивідуального захисту. Взуття безпечне (EN ISO 20345:2011, IDT; ISO 20345:2011, IDT)
23. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
24. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
25. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації
26. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом
27. НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні
28. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення
29. ДСТУ EN 12464-2:2016 Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 2. Зовнішні робочі місця (EN 12464-2:2014, IDT)
30. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення
31. Афтанділянц Є.Г., Зазимко О.В., Похиленко Г.М. – Методичні вказівки до занять з навчальної практики з дисципліни "Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство" для студентів факультетів конструювання та дизайну, механіко –технологічного, лісогосподарського та навчально-наукового інституту енергетики, автоматики і енергозбереження / Київ, 2020.
32. Іванченко Ф. К. Конструкція та розрахунок підйомно-транспортних машин.: Підручник / Ф. К. Іванченко - 2-ге вид. перероб. і дод. - К.: Вища шк. Головне вид-во, 1988. 424 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця розглянутих патентів

№ п/п	Предмет пошуку	Країна видачі, вид і номер документа	Мета заявленого технологічного рішення і спосіб його виконання
1	Роликоопора стрічкового конвеєра	Україна, патент UA 94713 МПК B65G 39/00, 2016; Зіборов Кирило Альбертович (UA), Проців Володимир Васильович (UA), Ванжа Геннадій Купріянович (UA), Поволоцька Юлія Володимирівна (UA)	Винахід відноситься до безперервного транспорту, а саме, до жолобчастих ропикоопор стрічкового конвеєра. Мета винаходу – удосконалення роликоопори стрічкового конвеєра, в якій за рахунок введення нових елементів і зміни розташування окремих конструктивних елементів досягається можливість збільшення ресурсу стрічки і роликоопори при зниженні кількості рухливих елементів, спрощення конструкції і, за рахунок цього, скорочення простоїв, витрат на ремонт, в цілому збільшення терміну служби усього конвеєра.
2	Роликоопора	Україна, патент UA 113965 МПК B65G 39/00, 2016; Пронін Максим Олександрович (UA), Черствий Максим Петрович (UA)	Винахід відноситься до області підйомно-транспортної техніки, а саме до машин безперервного транспортування, і може бути використана у конструкціях стрічкових конвеєрів. Мета винаходу - удосконалити роликоопори шляхом того, що поверхні тертя, розташовані у порожнинах підшипникових вузлів, розділено шаром повітряного мастила, що призведе до зниження

			коефіцієнта опору обертанню і збільшення терміну служби роликоопори.
3	Роликовий вузол стрічкового транспортера	Україна, патент UA 118311 МПК G01G 11/10, 2006; МПК G01G 21/06, 2006; МПК B65G 39/00; Сандлер Альберт Кирилович (UA), Дрозд Олена Володимірівна (UA)	Винахід належить до підвіски та підтримки стрічки транспортера, область застосування – стрічкові транспортери для важких умов експлуатації. Мета винаходу – створення роликового вузла стрічкового транспортера, який можливо застосовувати у транспортерах для транспортування великих фрагментів вантажу, у якому присутнє демпфірування динамічних ударів вантажу по роликах, підвищена зносостійкість самих роликів, знижені експлуатаційні ремонтні витрати та одночасно збережені простота схемотехнічних рішень роликових вузлів відомих типів.
4	Ролик стрічкового конвеєра	Україна, патент UA 94220 МПК B65G 39/00, 2014; Колот Олександр Володимирович (UA), Колот Володимир Олександрович (UA), Удовенко Віталій Кирилович (UA)	Винахід належить до галузей підйомно-транспортного машинобудування, а саме до конструкцій роликів стрічкових, стрічково-ланцюгових конвеєрів, рольгангів, і може бути використана переважно в конструкціях роликів стрічкових конвеєрів. Мета винаходу – зменшення трудомісткості виготовлення опорних дисків і збірки ролика в цілому.

5	Ролик стрічкового конвеєра	Україна, патент UA 113571 МПК B65G 39/00; МПК B65G 39/02, 2006; МПК B65G 39/09; 2006 Антропов Антон Володимирович (UA)	Винахід належить до галузі підйомно-транспортного машинобудування, а саме до конструкцій роликів стрічкових конвеєрів і може бути використана в конструкціях роликів стрічкових конвеєрів. Мета винаходу – зниження металоємності ролика стрічкового конвеєра, підвищення строку служби за рахунок більшої товщини корпусу ролика та поліпшення захисту підшипників від несприятливих факторів зовнішнього середовища (бруд, пил, рідини тощо), а також запобігання пошкодження стрічки гострими кромками корпусу заклиненого ролика (завдяки використанню пластикового корпусу ролика замість металевого). Підвищення енергоефективності стрічкового конвеєра за рахунок зменшення загальної маси частин, що обертаються.
6	Роликоопора стрічкового конвеєра	Україна, патент UA 94391 МПК B65G 39/00, 2014; Зіборов Кирило Альбертович (UA), Поволоцька Юлія Володимирівна (UA), Ванжа Геннадій Купріянович (UA)	Винахід належить до безперевного транспорту, а саме до роликів жолобчастих роликоопор стрічкового конвеєра. Мета винаходу – вдосконалення ролика стрічкового конвеєра, в якому зміною окремих конструктивних елементів і іншим характером розподілу навантажень

			в контактній зоні взаємодії пари стрічка - ролик досягається можливість збільшення ресурсу роlikоопори при виключенні значної кількості рухомих елементів, спрощення конструкції, за рахунок цього скорочення простоїв, витрат на ремонт, в цілому збільшення терміну служби всього конвеєра.
7	Енергозберігаюча роlikоопора стрічкового конвеєра	Україна, патент UA 93593 МПК B65G 39/00, 2014; Кірія Руслан Вісаріонович (UA), Мостовий Борис Іванович (UA), Жигула Тетяна Іллівна (UA), Касандін Роман Вікторович (UA), Лисиця Микола Іванович (UA)	Винахід належить до конвеєрів гірничорудної промисловості, переважно забійних і магістральних, транспортуючих неподрібнену гірську масу. Мета винаходу – вдосконалення енергозберігаючої роlikоопори стрічкового конвеєра шляхом установки центральних роликів на кінцях несиметричних плечей колихаючого коромисла, в якому перше плече довше і утримується демпфером вище, ніж друге плече при незавантаженій стрічці, що забезпечить урівноваження навантаження на центральні ролики і, як наслідок, зменшить прогинання стрічки і масу обертових частин.
8	Роlikоопора стрічкового конвеєра та конвеєр, обладнаний останньою	Україна, патент UA 87441 МПК B65G 39/00, 2009; Герве Сімоенс (FR), Олів'єр Ласроїкс (FR)	Винахід відноситься до області конвеєрного транспорту, а саме до стрічкових конвеєрів, зокрема до підтримуючого пристрою для ролика стрічкового конвеєра та конвеєра на несучих брусах. Він

			також стосується конвеєра, оснащеного вищезазначеним пристроєм. Мета винаходу – вирішення проблеми обслуговування – ремонт роликів конвеєрного транспорту а саме стрічкових конвеєрів. Технічний результат направлен на усунення конструкційних недоліків найближчого аналогу за рахунок підвищення функціональної можливості роликкоопори шляхом швидкого вивільнення ролика із опори для його заміни, що підвищить КПД конвеєра
9	Роликоопора стрічкового конвеєра	Україна, патент UA 108334 МПК B65G 39/02, 2006; МПК F16C 13/00; Поволоцька Юлія Володимирівна (UA), Зіборов Кирило Альбертович (UA), Ванжа Геннадій Купріянович (UA)	Винахід належить до жолобчастих роликкоопор стрічкового конвеєра. Мета винаходу – удосконалення ролика стрічкового конвеєра, в якому зміною окремих конструктивних елементів і іншим характером розподілу навантажень в контактній зоні взаємодії пари стрічка-ролик, досягається можливість збільшення ресурсу роликкоопори при виключенні значної кількості рухомих елементів, спрощення конструкції, за рахунок цього скорочення простоїв, витрат на ремонт, в цілому збільшення терміну служби всього конвеєра.

10	Роликоопора стрічкового конвеєра	Україна, патент UA 109767 МПК B65G 15/00, 2016; Горбатенко Юрій Павлович (UA), Гузенко Юрій Михайлович (UA)	Винахід відноситься до області транспортувальних машин і стосується роликоопор стрічкових конвеєрів. Мета винаходу – підвищення амортизаційної здатності роликоопори стрічкового конвеєра при ударних навантаженнях шляхом виключення здійснення такої функції тільки пружністю стрічки в місцях свого згину між парами роликів різних осей.
----	--	---	---

Додаток Б

[illegible]

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Приміт.
				<u>Документація</u>		
A1			ЛУ01.093113.002–90В3	Складальне креслення	1	
				Складальні одиниці		
		1		Барабан приводний	1	
		2		Барабан натяжний	1	
		3		Барабан кінцевий	1	
		4		Натяжний пристрій	1	
		5		Завантажувальний пристрій	1	
		6		Завантажувальна воронка	1	
		7		Верхня роликоопора	45	
		8		Нижня роликоопора	20	
		9		Рама конвеєра	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		10		Електродвигу	1	
		11		Редуктор КЦ1-200	1	
		12		МУВП 500	2	
		13		Стрічка	1	54 м

Лістинг програм розрахунку на ЕОМ

```
#include <iostream> // піключаємо заголовок для виводу в консоль
#include <Windows.h> // піключаємо заголовок для української мови

using namespace std;

int main()
{
    SetConsoleCP(1251); //українська мова в консоль
    SetConsoleOutputCP(1251); //українська мова в консоль

    int k1 = 125; // оголошення та встановлення значення змінної k'
    int k2 = 1; // оголошення та встановлення значення змінної k"

    int i; //оголошення змінної i (кількість прокладок в стрічці)

    cout << "Введіть кількість прокладок в стрічці: "; //вивід в консоль
    cin >> i; //зчитування з консолі значення для змінної i

    cout << endl << endl << "Розрахуємо діаметр барабана за формулою: " << endl;
    //вивід в консоль
    cout << "Dб = k' * k" * i" << endl; //вивід в консоль

    float D6 = k1 * k2 * i; //оголошення та розрахунок значення для Dб (діаметру барабану)

    cout << "Dб = " << D6 << "мм" << endl << endl; //вивід результату розрахунку в консоль

    int Snb = 2808; //оголошення та встановлення значення змінної Snб
    int Scb = 1093; //оголошення та встановлення значення змінної Scб

    cout << "Розрахуємо тягове зусилля на провідному барабані за формулою: " << endl; //вивід в консоль
    cout << "F0 = Snб - Scб" << endl; //вивід в консоль

    int F0 = Snb - Scb; //оголошення та розрахунок значення змінної F0 (тягове зусилля)
    cout << "F0 = " << F0 << "Н" << endl << endl; //вивід результату розрахунку в консоль

    int alpha; //оголошення змінної alpha (кут обхвату стрічкою барабана (у градусах)

    cout << "Введіть кут обхвату стрічкою барабана (у градусах): "; //вивід в консоль
    cin >> alpha; //зчитування з консолі значення для змінної alpha
```

```
cout << "Розрахуємо середній тиск стрічки на барабан:" << endl; //вивід в консоль
cout << "      360 * F0 " << endl; //вивід в консоль
cout << "p = ----- " << endl; //вивід в консоль
cout << "  D6 * B * alpha * Pi " << endl << endl; //вивід в консоль
```

```
float B = 400; //оголошення та встановлення значення змінної B (ширина стрічки в мм) згідно з варіантом
```

```
int p = (360 * F0) / (D6 / 100 * B / 100 * alpha * 3.14); //оголошення та розрахунок значення змінної p (середній тиск стрічки на барабан)
```

```
cout << "p = " << p << "Па" << endl << endl; //вивід в консоль
```

```
cout << "Перевіримо барабан на умову міцності, допустимий середній тиск  
приймаємо за 20000Па" << endl; //вивід в консоль
```

```
if (p <= 20000) //перевірка значення змінної p на менше-рівність 20000
{
    // якщо p менше-рівне 20000
    cout << p << " <= 20000 (Умова міцності барабана виконується)" << endl <<
endl;
}
else
{
    // якщо p більше 20000
    cout << p << " > 20000 (Умова міцності барабана не виконується)" << endl <<
endl;
}
```

```
cout << "Розрахуємо довжину барабану для стрічки шириною менше 800мм:" <<
endl; //вивід в консоль
cout << "L = B + 50" << endl; //вивід в консоль
```

```
int L = B + 50; //оголошення та розрахунок значення змінної L (довжина барабана)
cout << "L = " << L << "мм" << endl << endl; // вивід в консоль
```

```
cout << "Визначимо діаметр барабана, що відхиляє: " << endl; //вивід в консоль
cout << "Dбо = k' * k" * i" << endl; //вивід в консоль
```

```
float k3 = 0.6; // оголошення та встановлення значення змінної k"
float Dbo = k1 * k3 * i; //оголошення та розрахунок значення змінної Dбо (діаметр барабана, що відхиляє)
```

```
cout << "Dбо = " << Dbo << "мм" << endl; //вивід в консоль
```

```
return 0;
```

```
}
```


Особисті досягнення

Порівняльне дослідження базової і модифікованої роликоопори стрічкового конвеєра для транспортування вугілля

Продайко С.Д., студентка, Гондляр О.В., д.т.н., професор
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Анотація. В цій роботі розглядається вплив модернізації роликоопори стрічкового конвеєру для транспортування вугілля на зміну напружено-деформівного стану конструкції в процесі її використання. Метою даної роботи є покращення надійності конструкції для підвищення експлуатаційних характеристик. Також проведені порівняльні розрахунки на міцність модернізованої та немодернізованої роликоопори.

Ключові слова: стрічковий конвеєр, роликоопора, вугілля, конвеєр, метод скінчених елементів, міцність.

Вступ. Стрічкові конвеєри відіграють вирішальну роль у лініях транспортування матеріалів, зокрема гірничодобувній промисловості. Це обладнання є незамінним для ефективного, рівномірного та контрольованого подання сипучих вантажів на інше обладнання для наступних етапів обробки або транспортування [1]. Стрічкові конвеєри дозволяють точно дозувати матеріали, такі як вугілля, що сприяє оптимізації виробничих процесів, зниженню витрат та підвищенню ефективності загального процесу виробництва.

Транспортування вугілля відіграє критично важливу роль у світовій енергетичній індустрії, забезпечуючи стабільний потік енергоносіїв до місць їх споживання та переробки. Вугілля є одним із основних джерел енергії, воно використовується для ефективної роботи обладнання хімічних виробництв, металургійної промисловості, енергетики та інших [2]. Ефективність транспортування вугілля безпосередньо впливає на стабільність цін на енергоносії, що є дуже важливим в даний час з точки зору енергетичної безпеки України.

Основна частина. Стрічковий конвеєр представляє собою складну конструкцію, загальний вид якої представлено на рис.1 [3].

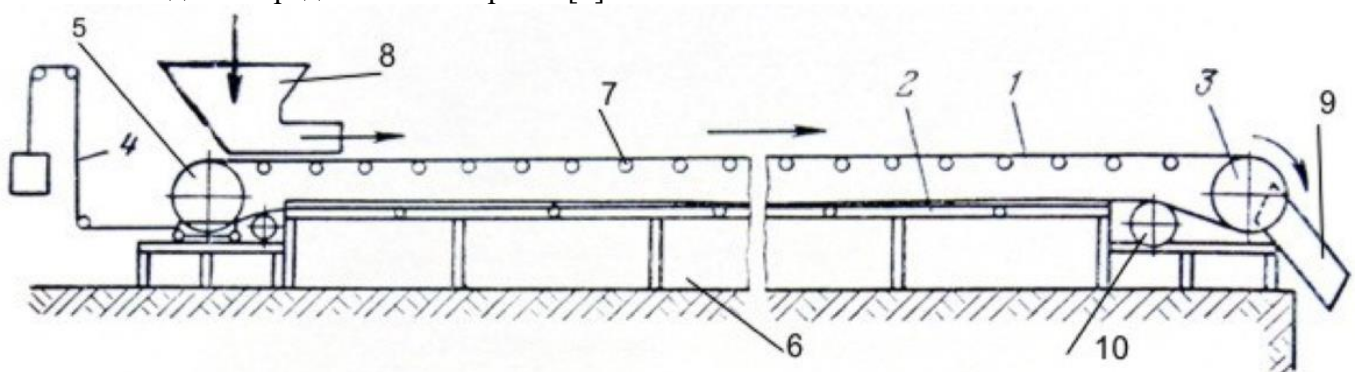


Рисунок 1 – Схематичне зображення лінії стрічкового конвеєра: 1 – стрічка, 2 – став роликовий, 3 – барабан приводний, 4 – натяжний механізм, 5 – барабан натяжний, 6 – став конвеєрний, 7 – ролики з роликоопорами, 8 – завантажувальний механізм, 9 – розвантажувальний механізм, 10 – барабан відхиляючий

Одні з основних несучих конструкцій конвеєра є роликоопори, за допомогою яких приводиться в рух транспортувальна стрічка, яка безпосередньо відповідає за процес переміщення вугілля. В сьогоденні найбільш поширеними є наступні роликоопори, загальний вид яких наведено на рис.2.

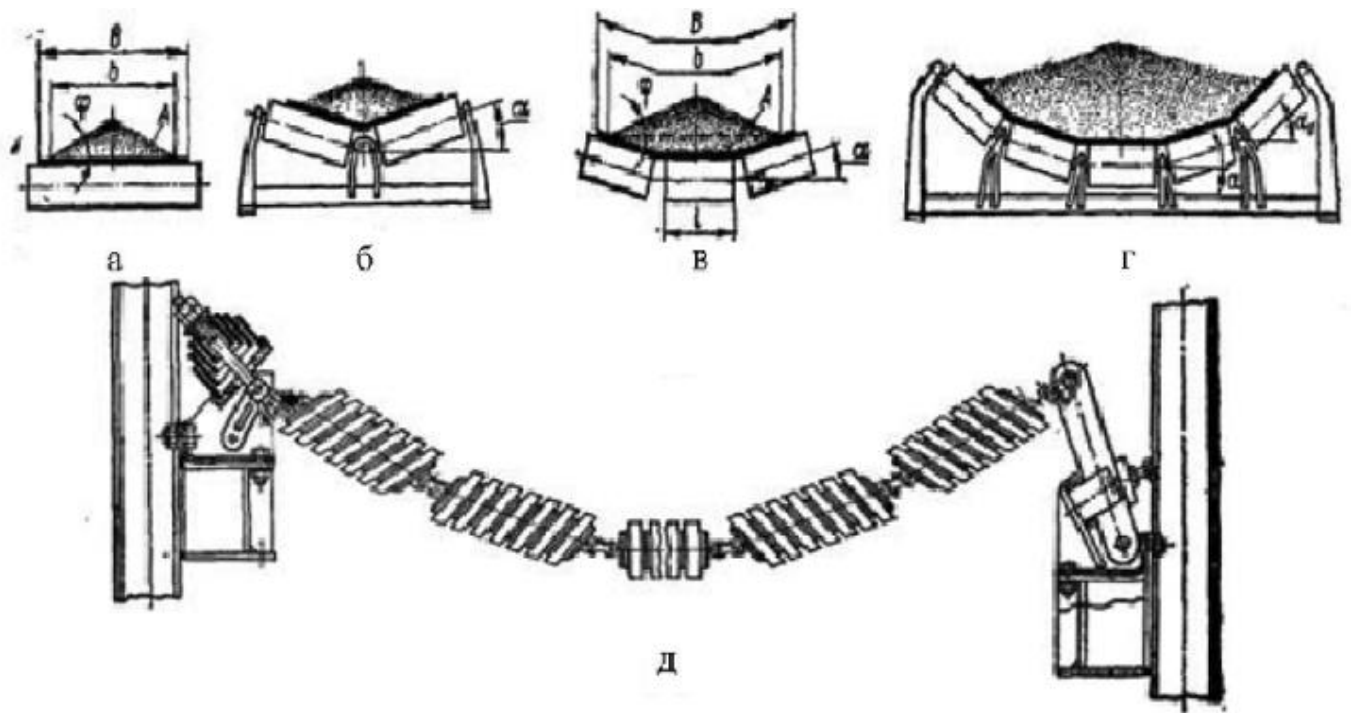


Рисунок 2 – Схема різновидів роlikоопор: а) одноролікова; б) двохролікова; в) трьохролікова; г) п'ятиролікова; д) амортизуюча роlikоопора

Основними недоліками конструкцій одноролікових, двохролікових, трьохролікових та п'ятиролікових опор є те, що вони не забезпечують контакт всіх своїх роликів при переміщенні гірської маси із скальними включеннями, оскільки їх вісі нерухомо з'єднані із стійками поставу [3]. Також можна зазначити, що через складність загальної конструкції амортизуючих роlikоопор, виникають труднощі під час їх експлуатації та ремонту.

Для усунення перерахованих недоліків в даній роботі запропоновано на прикладі стандартної трьохролікової опори стрічкового конвеєра (рис.3) здійснено її модернізацію, яка включає інновації, спрямовані на підвищення її амортизаційної здатності та адаптивності до переміщення вугільної маси для запобігання виникнення динамічних ефектів навантаження на основні елементи розглядаємої конструкції (рис.4).

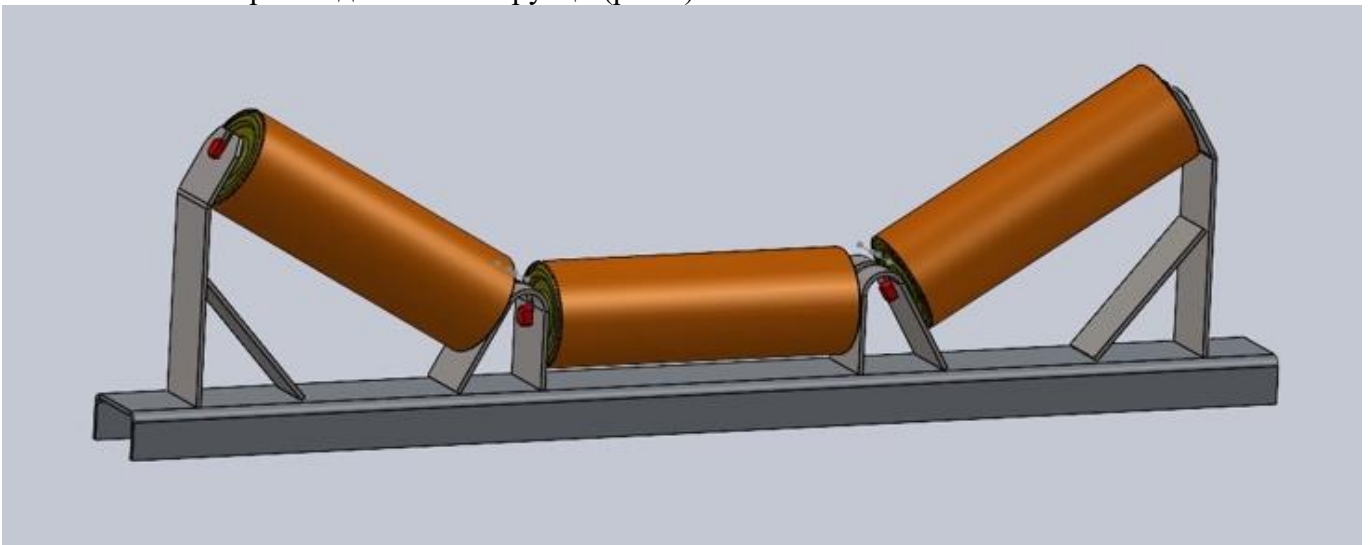


Рисунок 3 – Стандартна роlikоопора стрічкового конвеєра

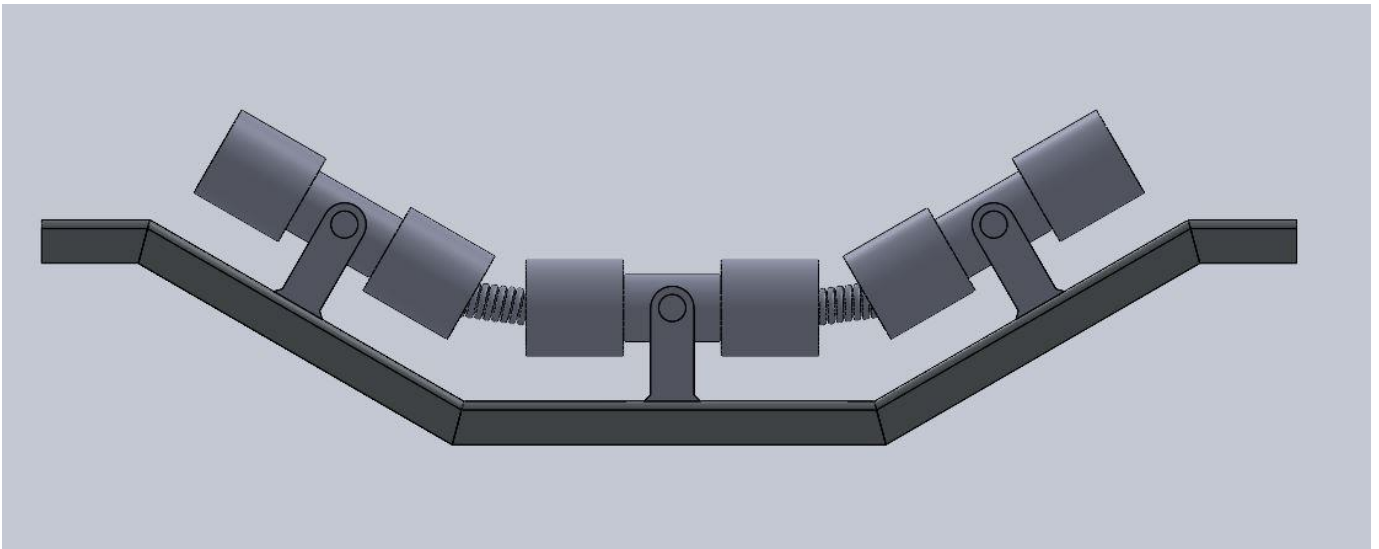


Рисунок 4 – Удосконалена роликоопора стрічкового конвеєра

Суть модернізації полягає в тому, що завдяки введенню додаткових пружинних механізмів у конструкцію (рис.5), нова модель забезпечує краще поглинання ударних навантажень і рівномірний розподіл тиску на транспортну стрічку, що суттєво знижує її знос і продовжує термін служби [4].

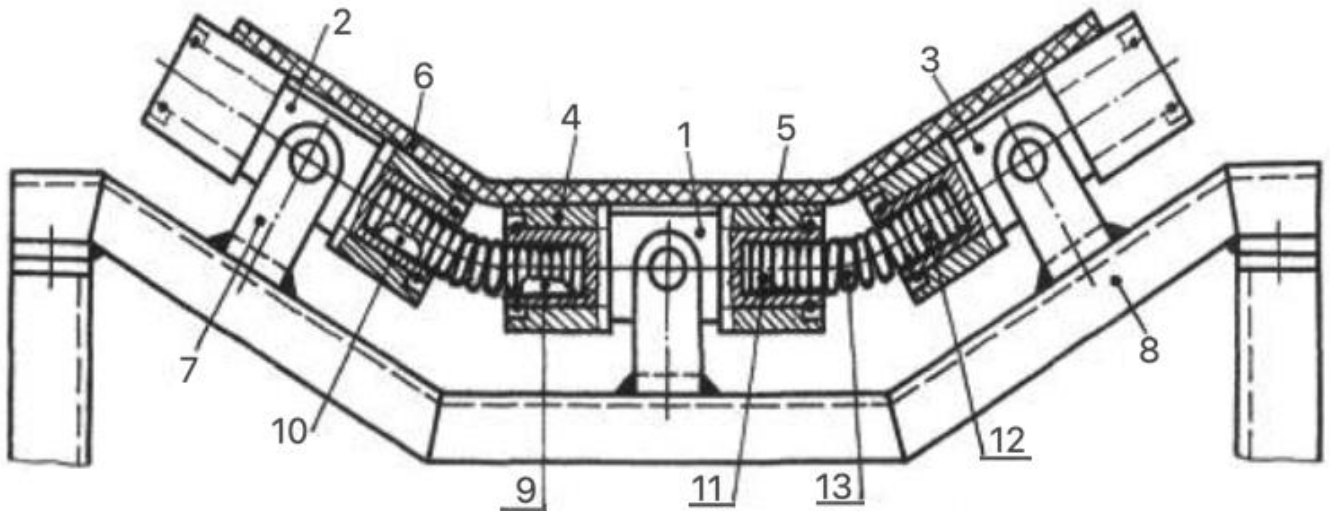


Рисунок 5 – Принципова схема модифікованої роликоопори стрічкового конвеєра: 1, 2, 3 – осі; 4, 5 – ролики; 6 – стрічка; 7 – стійки; 8 – постав; 9, 10 – отвори; 11, 12 – кінці пружин; 13 – пружини.

За допомогою програмного комплексу ANSYS виконано дослідження напружено-деформованого стану обох конструкцій, які показані на рис. 5. Для порівняльного аналізу міцності базової та модернізованої конструкцій роликоопор були встановлені наступні параметри: Густина вугілля – 1400 кг/м^3 ; Тиск вугілля на ролики – 10 МПа ; Матеріал елементів роликоопори – СТЗ.

В CAD-системі SolidWorks розроблено 3D моделі базової і модернізованої конструкцій роликоопор. Створені файли у форматі STEP імпортовано в CAE-систему ANSYS для створення проектів обох конструкцій. Закріплення та умови навантаження задано згідно реальним робочим параметрами обох конструкцій. Розрахунки проведено у статичній постановці механіки-деформівного твердого тіла. Проведено аналіз напружено-деформівного стану конструкції за умов експлуатаційних навантажень та обчислено коефіцієнти запасу міцності досліджуваних елементів роликоопори, що вказують на її загальну надійність.

За результатами розрахунків у системі ANSYS можна зробити наступні висновки:

- Еквівалентні деформації: В базовій конструкції максимальні еквівалентні деформації виявлено на рівні 0.00051588 мм/мм (рис. 6, а), тоді як в модернізованій конструкції максимальні еквівалентні деформації знизилися до 0.00029044 мм/мм (рис. 6, б).
- Переміщення: в базовій конструкції компоненти вектору максимальних переміщень склали 0.061456 мм (рис. 7, а), а в модифікованій конструкції завдяки більшій гнучкості і амортизаційним властивостям переміщення зменшилися до 0.028816 мм (рис. 7, б).
- Коефіцієнт запасу міцності: в базовій конструкції коефіцієнт запасу міцності становив 2.6 (рис. 8, а). Покращена конструкція продемонструвала значне підвищення до коефіцієнта 4.3 (рис. 8, б). Це свідчить, що нова конструкція володіє більш високим життєвим циклом експлуатації.

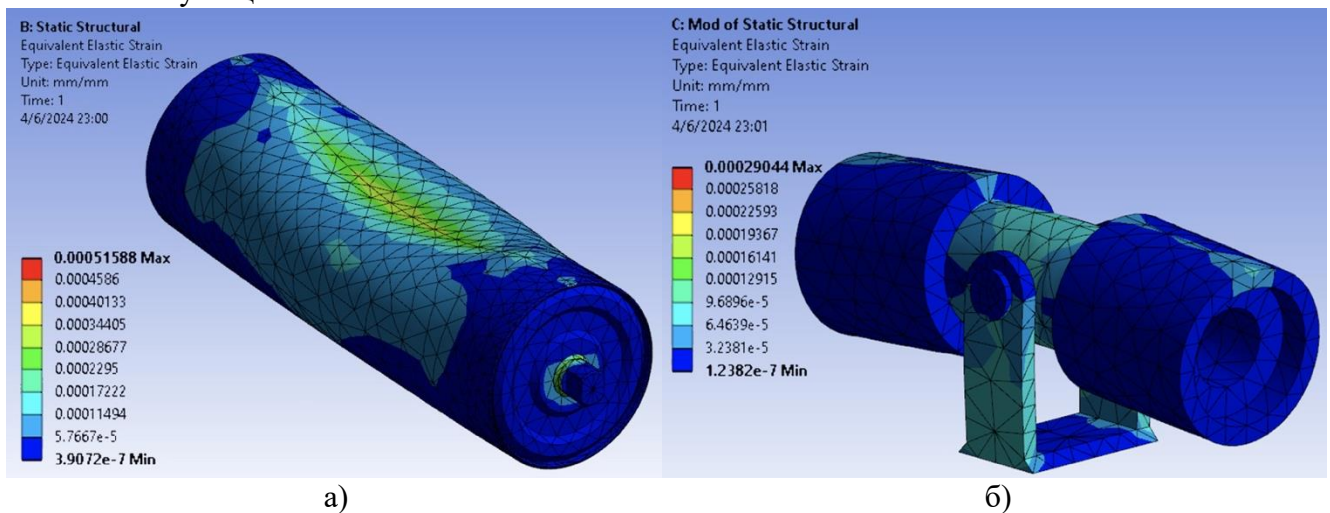


Рисунок 6 – Муарові картини розподілу еквівалентних деформацій в: а) базовому варіанті роликоопори, мм/мм; б) модернізованому варіанті роликоопори, мм/мм

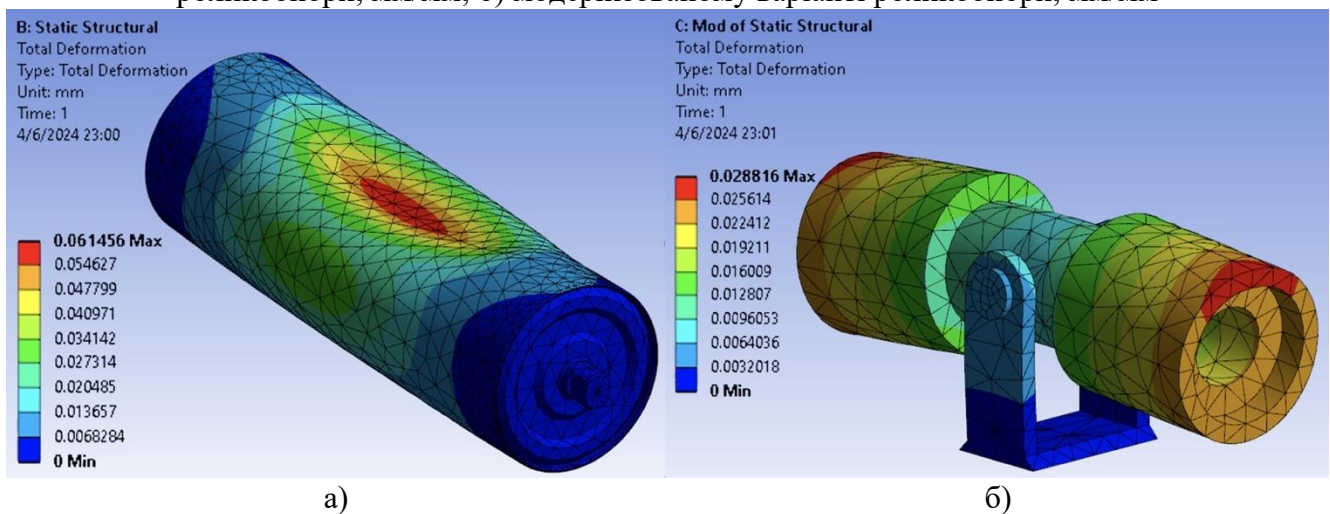


Рисунок 7 – Муарові картини розподілу переміщення в: а) базовому варіанті роликоопори, мм; б) модернізованому варіанті роликоопори, мм

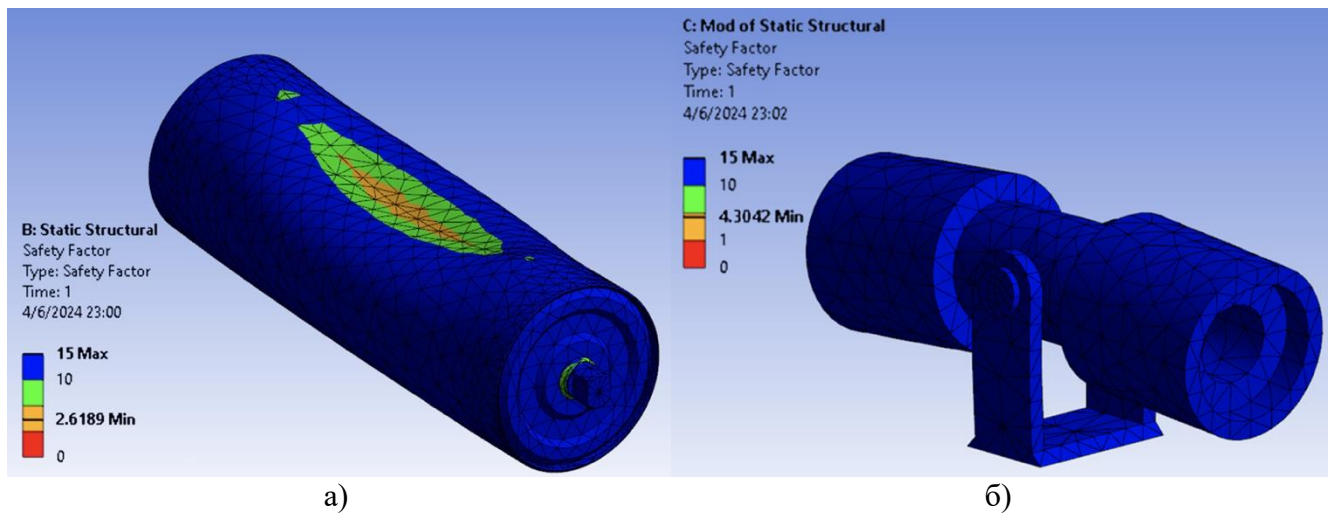


Рисунок 8 – Муарові картини розподілу коефіцієнту запасу міцності в: а) базовому варіанті роликоопори, мм; б) модернізованому варіанті роликоопори, мм

Таким чином, в результаті проведених розрахунків встановлено, що ролики, виготовленні з однакового матеріалу та, які знаходяться за умов однакових експлуатаційних навантажень, в запропонованому модернізованому варіанті мають коефіцієнт запасу міцності в 1,65 рази вищий порівняно з базовою моделлю. Це свідчить про доцільність застосування проведених в цій роботі удосконаленої конструкції роликоопор при проектуванні нових конвеєрних установок.

Висновки. Модернізація роликоопори стрічкового конвеєра, призначеного для транспортування вугілля, виявилась ключовим кроком у підвищенні ефективності та надійності систем транспортування вугілля. Завдяки впровадженню технологічних нововведень та удосконаленню роликоопори, вдалось значно підвищити їх експлуатаційні характеристики. Модернізована конструкція забезпечує кращу адаптацію до змінних умов експлуатації, знижуючи ризик виходу з ладу та підвищуючи загальну ефективність транспортування вугілля. Ці результати можуть слугувати основою для подальшого впровадження цих технологій в гірничодобувній та інших сферах промисловості, де використовуються стрічкові конвеєри. Здійснене удосконалення дозволяє підвищити її амортизаційну здатність при ударних навантаженнях завдяки виключенню здійснення такої функції тільки пружністю стрічки в місцях свого згину між парами роликів різних осей [4].

Перелік посилань

1. Колісник М.П., Шевченко Д.Ф., Мелашич В.В. Основи розробки, виробництва, монтажу, випробувань та обстежень підйомно-транспортних машин. Навчальний посібник. Дніпропетровськ: Пороги, 2007. 193 с.
2. Григоров О. В., Петренко Н. О. Вантажопідйомні машини: Навч. посібник. Харків : НТУ «ХПІ», 2005. 304 с.
3. Кабаков А.М. Методичні вказівки до виконання індивідуальних завдань з дисциплін «Підйомно-транспортні машини» і «Механізація навантажувально-розвантажувальних і транспортно-складських робіт» на тему: «Розрахунок стрічкового конвеєра». Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2014. 9 с.
4. Патент UA 109767 U, МПК B65G15/00. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Гузенко Юрій Михайлович, Горбатенко Юрій Павлович; заяв. у 2016 01198; публ. 2016-09-12.

Модернізація натяжного механізму стрічкового живильника для транспортування вугілля

Продайко С.Д., студентка, Гондлях О.В., д.т.н., професор
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Анотація. Розглядається вплив модернізації натяжного механізму стрічкового живильника для транспортування вугілля. Ця модернізація спрямована на підвищення надійності конструкції, що має на меті поліпшення її експлуатаційних параметрів.

Ключові слова: стрічковий живильник, натяжний механізм, модернізація, конвеєр, вугілля.

Вступ. Стрічковий живильник, який є видом стрічкового транспортера з плоскою стрічкою, використовується для безперервного дозування різних сипучих матеріалів, кускових речовин та окремих виробів [1]. Стрічкові живильники займають ключову позицію в системах транспортування матеріалів, особливо у гірничодобувній індустрії. Ці пристрої є критично важливими для забезпечення ефективного, стабільного та керованого переміщення сипучих вантажів до наступних фаз оброблення чи перевезення. Вони забезпечують точне дозування матеріалів, наприклад вугілля, що допомагає оптимізувати виробничі процеси, знизити витрати та підвищити загальну продуктивність виробництва [2]. Загальна схема стрічкового живильника приведена на рис. 1.

Переміщення вугілля є ключовим аспектом глобальної енергетичної галузі, оскільки воно гарантує постійний потік ресурсів до центрів їх використання та обробки. Вугілля становить одне з головних джерел енергії і використовується для виробництва електрики, сталі та інших металургійних продуктів. Ефективне переміщення вугілля має прямий вплив на енергетичну стабільність держав, стійкість цін на паливо та економічне зростання.

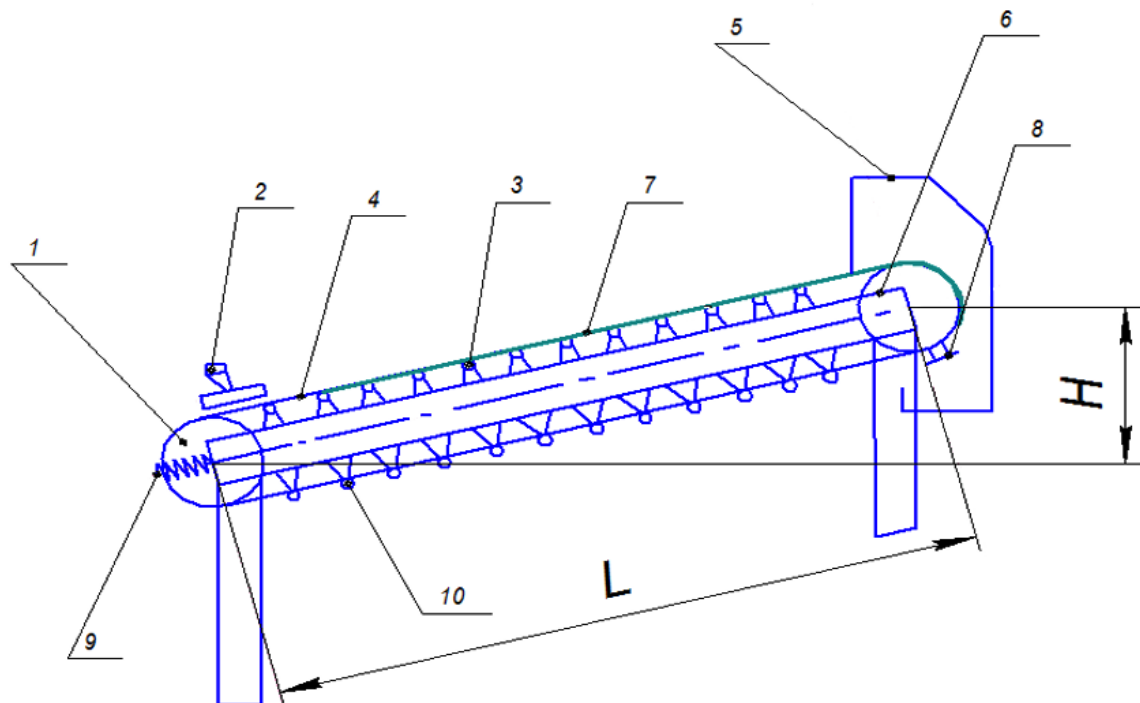


Рисунок 1 – Схема стаціонарного стрічкового живильника:

1 – натяжний пристрій із барабаном; 2 – завантажувальний пристрій; 3 – верхні підтримуючі пристрої – роликові опори; 4 – стрічка живильника; 5 - кінцевий розвантажувальний пристрій; 6 - приводний пристрій з барабаном; 7 – вантаж; 8 – очисний пристрій; 9 – натяжний пристрій; 10 – нижні підтримуючі пристрої – роликові опори;

Основна частина. В цій роботі розглядається модифікація натяжного механізму стрічкового конвеєра згідно патенту UA 51184 (рис. 2), який складається із таких основних частин, як: рами з відхиляючим барабаном, візка з натяжним барабаном, лебідки натяжної та напрямних. Напрямні у вигляді рейок установлені на шпатах. Рама відхиляючого барабана, лебідка натяжна та шпали закріплені на ґрунті виробки за допомогою фундаментних прогоничів. Візок спирається на рейки за допомогою чотирьох башмаків та переміщується ними за допомогою каната натяжної лебідки. Збіжна з приводного барабана порожня гілка стрічки конвеєра заходить в натяжний пристрій та зісподу набігає на натяжний барабан візка, потім обгинає відхиляючий барабан і виходить з натяжного пристрою [3].

Серед недоліків даної конструкції можна виділити:

- великі капіталовкладення, необхідні для рейкової колії, а також складнощі, які виникають при забиранні просипу в місцях, де переміщується візок;
- суттєве заштибування напрямних, розташованих безпосередньо під натяжним барабаном, в деяких випадках може спричиняти ривки під час переміщення візка та, іноді, його заклинювання;
- створення незручностей обслуговуючому персоналу при експлуатації натяжного пристрою через розташування долішних поперечних пов'язей, на яких закріплені напрямні – підняті над рівнем фунту виробки та розташовані уперек поздовжній осі натяжного пристрою.

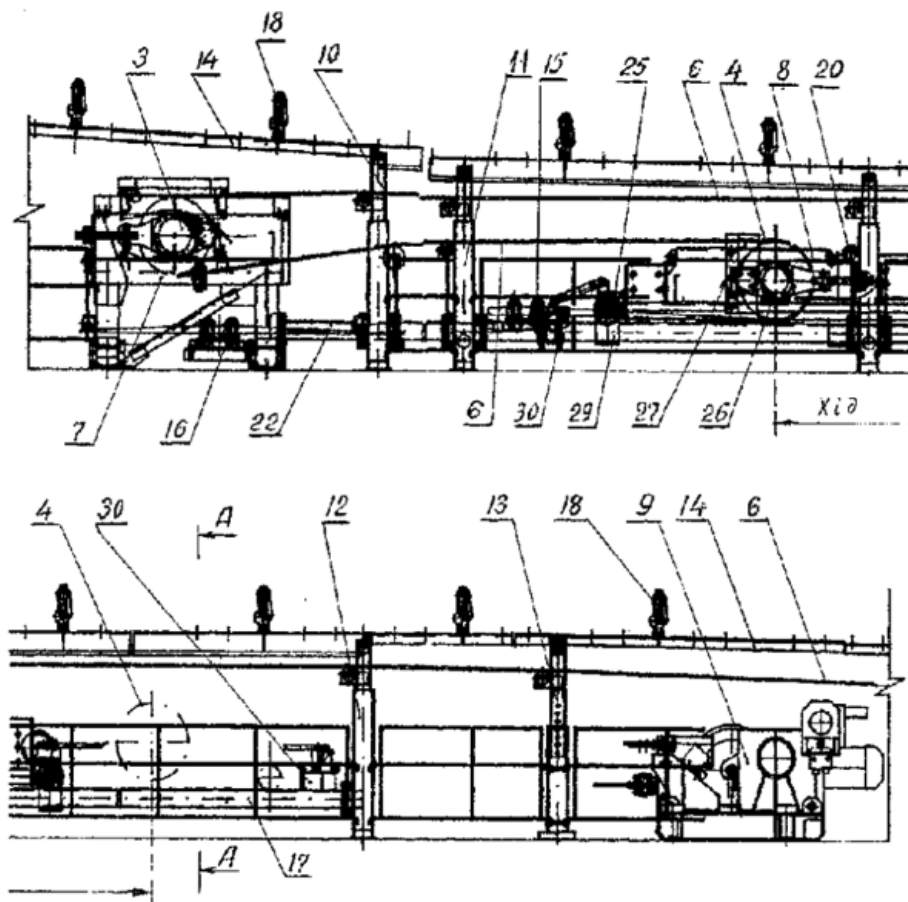


Рисунок 2 – Вид збоку конструкція натяжного пристрою за патентом UA 51184, (читається при суміщенні аркушів):

3 – секція натяжного пристрою з відхиляючим барабаном; 4 – секція з натяжним барабаном; 6 – конвеєрна стрічка; 7 – рами; 8 – візка; 9 – лебідка натяжна; 10, 11, 12, 13 – опори; 14 – прогони; 15, 16 – центруючі пристрої; 17 – напрямні; 18 – роликоопори; 20 – ролики видовжені; 22 – пов'язь; 25 – катки; 26 – повзуни; 27 – упорні гвинти; 29 – підхоплювачі; 30 – упори

Розглянута модифікація натяжного механізму стрічкового конвеєра висвітлила кілька ключових вдосконалень, спрямованих на покращення експлуатаційних характеристик. Основні переваги описаної модернізації включають:

- Переміщення напрямних на бічні стояки опор, що дозволяє уникнути їх швидкого забруднення від просипання матеріалу з конвеєрної стрічки та натяжного барабана, зменшуючи ризик їх заштибування. Це забезпечує більш плавне переміщення візка по напрямних.
- Вдосконалення конструкції напрямних у формі короба та оснащення катків візка бічними ребордами з внутрішнього боку, що знижує ймовірність застрягання штибу на напрямних і сприяє стабільнішому руху візка.
- Перенесення долішньої пов'язки в основу опори покращує умови для виконання певних робіт під час експлуатації конвеєра, полегшуючи доступ до важливих компонентів системи.

Ці зміни спрямовані на зниження експлуатаційних витрат та підвищення надійності роботи натяжного пристрою стрічкового конвеєра, підвищуючи його продуктивність та зменшуючи потребу в обслуговуванні.

Висновки. Завершення проекту модернізації натяжного пристрою стрічкового живильника, що використовується для транспортування вугілля, стало вагомим внеском у підвищення ефективності системи транспортування. Впровадження технологічних новацій та вдосконалення ключових компонентів дозволили досягнути більш стабільного та рівномірного руху вугілля по транспортеру, що, в свою чергу, оптимізує виробничі ланцюги та знижує оперативні витрати. Оновлення таких елементів, як напрямні та катки візка, зменшило ймовірність їх застрягання та зношування, що продовжує термін служби обладнання та знижує потребу в частих технічних обслуговуваннях. Ці зміни також сприяють покращенню умов праці персоналу та збереженню екологічної чистоти, мінімізуючи ризики розсипання вугілля та негативного впливу на довкілля.

Перелік посилань

5. О. Л. Сокольський, О. Є. Колосов. Пакувальне обладнання. Практикум: навч. посіб. для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 6.050502 «Інженерна механіка», програмою професійного спрямування «Машини і технологія пакування»; спеціальністю 131 «Прикладна механіка», спеціалізацією «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання пакування». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 15 с.
6. І. В. Коваленко, В. В. Малиновський. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв: Підручник. К.: Інрес : Воля, 2005. — 264 с.: іл. — Бібліогр.: с. 253—255.
7. Патент UA 51 184 C2, МПК B65G23/00, B65G23/44. Державне підприємство «Петровський завод вугільного машинобудування», Осипенко Анатолій Васильович, Вишневецький Олег Йосипович, Новіков Микола Федорович. 2002010684; заяв. 2002-01-28; публ. 2005-03-15.

Результати перевірки на плагіат