

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Факультет автоматизації, промислової інженерії
та екології
Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ **Олександр Сокольський**

«_____» _____ 2026 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

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

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: Живильник скребковий з модернізацією скребка

Студент (-ка) IV к, групи ЛУ-21

(шифр групи)

Пашкін Іван Євгенович

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник проєкту: доктор філософії

Герасименко Юлія Юріївна

(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 проєкті
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ 2026 рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

**Факультет автоматизації, промислової інженерії
та екології**

Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – *131 Прикладна механіка*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Олександр
Сокольський**

«___» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Пашкін Іван Євгенович

1. Тема проєкту «Живильник скребковий з модернізацією скребка», керівник проєкту Герасименко Юлія Юріївна, доктор філософії, затверджені наказом по університету від «19 травня» 2026 р. № 1817-с
2. Термін подання студентом проєкту 17.06.2026 р.
3. технічна продуктивність живильника $Q = 80$ т/год; довжина $L = 25$ м; ширина жолоба $B = 380$ мм; висота скребка $h = 160$ мм із кроком $t_c = 140$ мм; швидкість руху дволанцюгового тягового органу калібру 18 X 64 мм становить $v = 0,25$ м/с при максимальному розмірі кусків вантажу $a = 200$ мм.
4. Зміст пояснювальної записки: пояснювальна записка включає в себе: вступ, призначення та галузь застосування скребкового живильника, літературно – патентний огляд варіантів модернізації, обґрунтування вибору варіантів модернізації скребка для скребкового живильника, розрахунки, які підтверджують працездатність машини, доцільність розробки та використання лінії скребкового живильника
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень): Технологічна Лінія А1, Скребковий живильник А1, Привідна станція А1, Вал А2, Півмуфта А3, Колесо А3, Скребок модернізований А1, 3-Д моделювання скребка А1, Числові розрахунки скребка А1.

6. Консультанти розділів проєкту

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

7. Дата видачі завдання

8. Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Отримання завдання дипломного проєкту	11.04.2026	
2	Вступ. Призначення та галузь застосування скребкового живильника	15.04.25-17.04.26	
3	Технічна характеристика базової моделі. Опис базової конструкції та принципу дії	18.04.25-27.04.26	
4	Здійснення літературно патентного пошуку. Обґрунтування модернізації	28.04.26-04.05.26	
5	Виконання розрахунків	05.05.26-11.05.26	
6	Числове моделювання скребка у застосунку ANSYS	12.05.26-20.05.26	
7	Охорона праці та безпека виробництва	21.05.26-28.05.26	
8	Технологія машинобудування	29.05.26-5.06.26	
9	Робота над кресленнями в графічному редакторі	06.06.26-10.06.26	
10	Здача дипломного проєкту	19.06.2026	

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт на тему: «Живильник скребковий з модернізацією скребка». Виконавець – студ. групи ЛУ-21 Пашкін І.Є.

Керівник – доктор філософії Герасименко Ю.Ю. Об'єкт розробки – скребок скребкового живильника.

Мета розробки – визначення недоліків діючої конструкції скребка та їх усунення для підвищення експлуатаційної надійності. З цією метою проведено літературний і патентний пошук, який дозволив визначити напрямок модернізації та виконати конструкторську розробку вдосконаленого скребка. Виконано моделювання та аналіз напружено-деформованого стану скребка за допомогою сучасних обчислювальних систем скінченно-елементного аналізу.

Ключові слова: СКРЕБКОВИЙ ЖИВИЛЬНИК, СИПКІ МАТЕРІАЛИ, ТЯГОВИЙ ОРГАН, СКРЕБОК, ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ, SOLISWORKS, ANSYS

ABSTRACT

Thesis on the topic: "Scraper feeder with modernization of the scraper". Performer - student group LU-21 Pashkin I.E.

Supervisor - assistant Gerasimenko U.U. The object of development is the scraper of the scraper feeder. The purpose of the development is to identify the shortcomings of the current scraper design and eliminate them to increase operational reliability. For this purpose, a literature and patent search was conducted, which allowed us to determine the direction of modernization and perform design development of an improved scraper.

The stress-strain state of the scraper was modeled and analyzed using modern finite element analysis computational systems.

Keywords: SCRAPER FEEDER, BULK MATERIALS, TRACTION UNIT, SCRAPER, NUMERICAL MODELING, SOLISWORKS, ANSYS

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

b – ширина жолоба, мм;

$C\beta$ – коефіцієнт використання об’єму жолоба;

D_0 – діаметр початкового кола зірочки, м;

D_v – діаметр ведучого вала, м;

F_t – колова сила, Н;

F_r – радіальна сила, Н;

H – висота підйому вантажу, м;

h_b – висота жолоба, мм;

L – довжина живильника, м;

N – потужність привода, кВт;

n_v – частота обертання ведучого вала, об/хв;

n_{dv} – частота обертання двигуна, об/хв;

q_0 – маса тягового органу на одиницю довжини, кг/м;

q_m – маса вантажу на одиницю довжини, кг/м;

Q – продуктивність живильника, т/год;

R_{rozr} – розрахункове тягове зусилля;

S_{max} – максимальний натяг тягового органу, Н;

S_{min} – мінімальний натяг холостої вітки, Н;

T – крутний момент, Н*м;

U_p – передаточне число редуктора;

v – швидкість руху тягового органу, м/с;

Ψ – коефіцієнт заповнення міжскребкового простору;

γ – насипна маса вантажу, т/м²;

η – коефіцієнт корисної дії привода;

φ – кут закручування вала, рад;

ЗМІСТ

ВСТУП.....

1. ПРИЗНАЧЕННЯ Й ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ СКРЕБКОВОГО ЖИВИЛЬНИКА.....	1
1.1 Функціональне призначення живильника.....	1
1.2 Галузі застосування живильника.....	2
2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ МОДЕЛІ.....	3
3. ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ.....	5
3.1 Різновиди та конструктивні особливості.....	5
3.2 Принцип роботи.....	7
4. ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ.....	9
4.1 Огляд існуючих рішень.....	9
4.2 Обґрунтування запропонованої модернізації.....	12
5. РОЗРАХУНКИ.....	18
5.1 Параметричні та кінематичні розрахунки.....	18
5.2 Розрахунки на міцність.....	27
5.3 Розрахунки на жорсткість.....	30
5.4 Розрахунки на стійкість натяжного гвинта.....	31
6. ЧИСЛОВІ РОЗРАХУНКИ.....	32
6.1 Не модифікована конструкція.....	32
6.2 Модифікована конструкція.....	35
7. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	40
8. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ.....	49
8.1 Опис і призначення деталі.....	49
8.2 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі.....	50

					ЛУ21.035246.001.90ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Пашкін І.Є			Живильник скребковий з модернізацією скребків				
Перевірив		Герасименко							
Т. Контр.									
Затвердив		Сокольський			КПІ ім. Ігоря Сікорського				
					Літ.	Арк.	Акрушів		
						1	101		

8.3 Призначення пристосування для обробки деталі.....	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	
ЛІТЕРАТУРА.....	64
ДОДАТКИ.....	67

					ЛУ21.035246.002.90ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

ВСТУП

Скребкові живильники є важливими елементами транспортно технологічних систем у гірничодобувній, металургійній, енергетичній та будівельній промисловості. Вони забезпечують безперервне та рівномірне транспортування сипких і кускових матеріалів, таких як вугілля, руда, шлак, зола та інші продукти виробництва. Завдяки простоті конструкції, високій надійності та здатності працювати у важких експлуатаційних умовах скребкові живильники набули широкого поширення у виробничих процесах із підвищеними вимогами до продуктивності та безперервності подачі матеріалу.

Одним із ключових робочих елементів скребкового живильника є скребок, який безпосередньо взаємодіє з транспортованим матеріалом та забезпечує його переміщення вздовж жолоба. Саме скребок піддається найбільшим механічним навантаженням, абразивному зношуванню, ударним впливам та деформаціям у процесі роботи. Інтенсивне зношування цього елемента призводить до зниження ефективності транспортування, збільшення енерговитрат, погіршення технічного стану обладнання та виникнення аварійних ситуацій.

У сучасних умовах розвитку промисловості особливого значення набуває питання модернізації скребків скребкових живильників. Зростання обсягів виробництва, підвищення вимог до надійності обладнання та необхідність зменшення витрат на ремонт і технічне обслуговування зумовлюють потребу вдосконалення конструкції скребків. Основними напрямками модернізації є підвищення зносостійкості матеріалів, оптимізація геометричної форми скребка, зменшення маси конструкції, підвищення міцності та впровадження сучасних технологій виготовлення.

Особливу увагу приділяють використанню високоміцних та зносостійких сталей, полімерних і композитних матеріалів, які дозволяють суттєво збільшити

термін служби скребків та знизити інтенсивність їх руйнування. Крім того, модернізація передбачає вдосконалення способів кріплення скребків до тягового органу, що сприяє зменшенню динамічних навантажень і підвищенню надійності роботи живильника в цілому.

Актуальність модернізації скребка також пов'язана з необхідністю підвищення енергоефективності обладнання. Рациональна конструкція скребка дозволяє зменшити опір руху матеріалу, знизити навантаження на привод та скоротити споживання електроенергії. Одночасно це позитивно впливає на екологічні показники виробництва та сприяє зменшенню експлуатаційних витрат підприємства.

Важливим аспектом є й забезпечення безпечної експлуатації скребкових живильників. Руйнування або деформація скребків можуть призводити до заклинювання транспортуючого органу, аварійних зупинок та пошкодження інших вузлів обладнання. Саме тому модернізація конструкції скребка спрямована не лише на підвищення продуктивності, а й на покращення надійності, довговічності та безпеки роботи живильника.

Таким чином, модернізація скребка скребкового живильника є актуальним технічним завданням, спрямованим на підвищення ефективності транспортних процесів, зменшення зношування обладнання, збільшення ресурсу роботи та забезпечення стабільності виробничих процесів. Реалізація сучасних конструктивних рішень і використання новітніх матеріалів дозволяють суттєво покращити експлуатаційні характеристики скребкових живильників та підвищити економічну ефективність їх застосування

1. ПРИЗНАЧЕННЯ Й ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ СКРЕБКОВОГО ЖИВИЛЬНИКА

Ефективність сучасних транспортно-технологічних комплексів безпосередньо залежить від надійності обладнання, яке забезпечує безперервність виробничих процесів. Одним із ключових елементів таких систем є живильники, що відповідають за стабільне дозування та подачу сировини. Даний розділ присвячено обґрунтуванню призначення та галузей впровадження проєктованого скребкового живильника.

1.1. Функціональне призначення живильника

Головною метою розробки є створення надійного та зносостійкого скребкового живильника, здатного працювати в умовах інтенсивних навантажень. Основне призначення виробу полягає в контрольованій, рівномірній та регульованій подачі сипучих, кускових або дрібнодисперсних матеріалів із накопичувальних бункерів на наступні ланки транспортного ланцюга (стрічкові конвеєри, у грохоти, дробарки чи млини).

Проектований скребковий живильник виконує такі важливі функції:

- Точне дозування сировини: Регулювання продуктивності завдяки оптимізації швидкості руху ланцюга зі скребками;
- Робота з важкими вантажами: Ефективне переміщення вологих, липких або гарячих матеріалів, схильних до налипання та утворення застійних зон;
- Підвищення ресурсу: Використання сучасних зносостійких матеріалів для зниження інтенсивності тертя та зносу тягового органу;
- Енергоефективність: Зменшення опору руху матеріалу, що призводить до зниження потужності привода та витрат електроенергії.

1.2. Галузі застосування живильника

Завдяки конструктивній витривалості та простоті обслуговування, проєктований скребковий живильник має широкі перспективи впровадження у таких галузях промисловості:

1. Гірничодобувна та вугільна: Транспортування та подача видобутої руди, вугілля і сланцю на збагачувальних фабриках.
2. Металургійна: Подача шихти, флюсів, коксу та агломерату до печей, де вимагається безперервність циклу та стійкість до температур.
3. Будівельна індустрія: Переміщення сухих сумішей, цементу, вапняку, гіпсу та щебеню на заводах будівельних матеріалів.
4. Енергетичний сектор (ТЕС, ТЕЦ): Подача твердого палива (вугілля, торфу, тріски) у котельні установки та видалення золи і шлаків.

2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ МАШИНИ

Базова модель являє собою одноланцюговий скребковий живильник із приводом регульованої потужності, призначений для переміщення та дозування важких абразивних і сипучих матеріалів із приймального бункера. Параметри машини наведено у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – параметри скребкового живильника

Найменування параметра	Одиниця виміру	Значення
Продуктивність (номінальна)	т/год	80
Ширина робочого жолоба (робочої зони)	мм	380
Висота скребка	мм	160
Крок встановлення скребків	мм	180
Швидкість руху ланцюгового органу	м/с	0,48
Тип тягового органу	—	Ланцюг круглоланковий високої міцності (дволанцюгове виконання)
Довжина живильника (між осями зірочок)	мм	25000
Максимальний розмір кусків матеріалу	мм	200
Тип електродвигуна	—	Асинхронний трифазний

Продовження таблиці 2.1

Найменування параметра	Одиниця виміру	Значення
Потужність привода	кВт	7,5
Частота обертання вала двигуна	об/хв	1450
Габаритні розміри (довжина × ширина × висота)	мм	25000 × 1725 × 6500
Маса живильника (загальна)	кг	2150

У початковій конструкції скребкового живильника застосовуються типові скребки прямокутної форми, виготовлені методом штампування або зварювання з конструкційної сталі, зокрема сталі 45. Передача тягового зусилля здійснюється за допомогою двох паралельно розташованих круглоланкових ланцюгів, які забезпечують переміщення робочого органу вздовж жолоба.

Дані конструктивні характеристики прийняті як базові для проведення подальшого аналізу та модернізації обладнання. У процесі проектування передбачається вдосконалення конструкції скребка шляхом оптимізації його геометричної форми та розподілу матеріалу. Використання комп'ютерного моделювання і розрахунків методом скінченних елементів в програмному комплексі ANSYS дозволяє визначити ділянки концентрації напружень і внести необхідні зміни в конструкцію.

Запропоновані заходи спрямовані на зменшення маси робочого органу, підвищення його міцності та зносостійкості без погіршення експлуатаційних характеристик живильника.

3. ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ

Скребковий живильник представляє собою подовжену металеву конструкцію, що складається з основної рами, жолоба для переміщення матеріалу та скребкового механізму, який приводиться в рух електродвигуном через редуктор. Живильник має прямокутну або трохи трапецеїдальну форму жолоба, що забезпечує рівномірний рух матеріалу і запобігає його розсипанню.

На верхній частині живильника розташовується приймальний бункер для завантаження матеріалу. Уздовж жолоба проходить ланцюг із закріпленими скребками, які захоплюють і переміщують насипний матеріал до випускного кінця.

Привідна частина, що включає електродвигун, редуктор і приводний барабан, розташована на одному з кінців живильника, а направляючі ролики підтримують стабільний хід ланцюга по всій довжині.

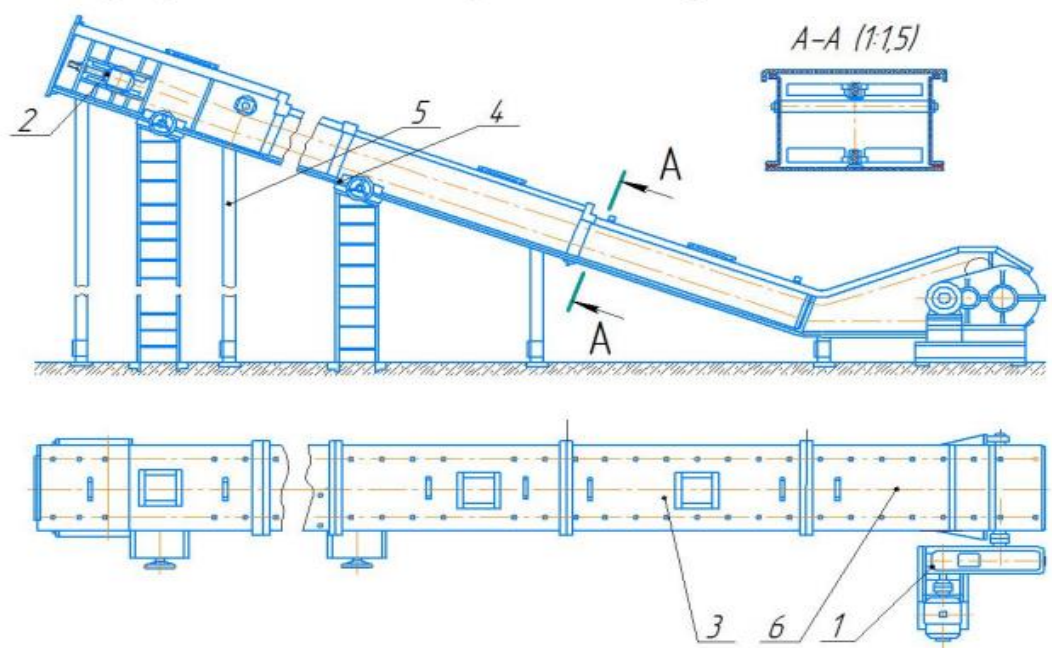
Зовнішній вигляд машини відзначається компактністю та надійністю конструкції, що дозволяє легко інтегрувати живильник у технологічну лінію. Конструкція дозволяє обслуговування основних вузлів без демонтажу живильника, а відкритий або частково закритий жолоб забезпечує видимість процесу подачі матеріалу.

3.1 Різновиди та конструктивні особливості

Скребкові живильники поділяються за типом приводу, довжиною робочої ділянки, шириною жолоба, а також за вантажопідйомністю та матеріалом виготовлення. Живильник відноситься до середньо-продуктивних машин і оснащується ланцюгово-скребковим механізмом із приводом від електродвигуна через редуктор. Особливістю конструкції є наявність міцної

сталевій рамі, що витримує значні навантаження від маси переміщуваного матеріалу та динамічних сил рухомого ланцюга. Жолоб може бути відкритого або частково закритого типу, що запобігає розсіюванню сипучих матеріалів і забезпечує безпечну експлуатацію.

Живильник (рис. 3.1) має стандартний комплект вузлів: приводний барабан, направляючі ролики, ланцюг із скребками, бункер для завантаження та випускний кінець. Конструкція допускає легке технічне обслуговування та заміну зношених деталей без демонтажу всього механізму. Завдяки модульній схемі живильник може комплектуватися додатковими захисними кожухами та системами контролю швидкості подачі матеріалу, що підвищує універсальність та надійність роботи.



- 1 - Жолоб, 2 - Ланцюг з вантажем, 3 - Перегородка, 4 -
Приводна станція, 5 - Натяжна станція, 6 - Скребки.

Рисунок 3.1 – Скребковий Живильник

1 – Жолоб. складається з днища, кришки і двох бічних стінок. У верхній частині рухається ланцюг

2 – Ланцюг з вантажем.

3 – Перегородка яка запобігає провисання низхідній частини під тиском маси вмісту.

4 – Приводна станція, складається з зірочки (вона призводить полотно в рух) і двох валів з підшипниками.

5 – Натяжна станція, має зірочку і обертається за рахунок руху зворотної гілки полотна. Натяжна станція може складатися з автоматичних натискних пружин або ходового гвинта. У першому випадку додатково застосовується вимикач ходу.

6 – Скребки(Рис.2.2) , кріпляться на тягових ланцюгах.

3.2 Принцип роботи

Скребковий живильник працює за принципом переміщення сипкого або кускового матеріалу всередині жолоба за допомогою тягового ланцюга зі скребками.

1. Матеріал подається у жолоб (1), який утворює замкнутий простір із днища, кришки та бічних стінок. Всередині верхньої частини жолоба рухається тяговий ланцюг (2) зі скребками (6).
2. Приводна станція (4), що містить ведучу зірочку і вали з підшипниками, приводить ланцюг у рух від електродвигуна через редуктор. Зірочка обертається і тягне ланцюг із прикріпленими скребками.
3. Під час руху ланцюга скребки захоплюють матеріал у верхній частині жолоба та штовхають його вперед у напрямку подачі. Таким чином відбувається постійний транспортувальний рух матеріального шару.
4. На повороті живильника ланцюг переходить у нижню (зворотну) гілку. Щоб запобігти провисання зворотної частини під власною вагою та тиском матеріалу, використовується перегородка (3), яка підтримує конструкцію.
5. На протилежному кінці встановлена натяжна станція (5). Зірочка натяжної станції обертається за рахунок руху зворотної гілки ланцюга. Натяг

регулюється автоматично (пружинами) або механічно (ходовим гвинтом). Це забезпечує:

- стабільну роботу,
 - виключення проскакування ланцюга,
 - компенсацію його подовження під час експлуатації.
6. Зворотна гілка ланцюга повертається до приводної станції, після чого цикл повторюється. Подавання матеріалу відбувається безперервно й рівномірно, що забезпечує стабільність роботи наступного технологічного обладнання.

4. ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ

Ефективне проектування та подальша модернізація промислового обладнання неможливі без глибокого аналізу вже існуючих технічних рішень, а також світового досвіду розробки аналогічних машин. Скребкові живильники є невіддільною частиною транспортно-технологічних схем гірничо-металургійних, енергетичних та будівельних підприємств, де вони працюють у складних умовах високого абразивного зносу, динамічних навантажень та тривалого контакту з агресивними або вологими середовищами

4.1 Огляд існуючих рішень

Скребкові живильники та конвеєри широко використовуються в гірничо-металургійній, хімічній, аграрній та енергетичній галузях для транспортування сипких, кускових або волокнистих матеріалів (вугілля, руда, зерно, торф, зола тощо).

Основним робочим органом, що безпосередньо взаємодіє з вантажем, є скребок. Аналіз спеціалізованої літератури показує, що традиційні суцільнометалеві скребки (литі або штамповані зі сталей типу 35ГЛ, 65Г, Ст3) мають низку критичних недоліків:

- Інтенсивний абразивний знос: Швидке стирання робочої кромки та бокових поверхонь скребка через постійне тертя об рештаки (жолоб) та транспортувальний матеріал.
- Високе енергоспоживання: Великий коефіцієнт тертя "метал по металу" між скребком і жолобом збільшує тягове зусилля ланцюга.
- Низька ефективність очищення: Налипання вологого або дрібнодисперсного матеріалу на днище жолоба та сам скребок, що призводить до холостого переміщення вантажу та заклинювання ланцюгового приводу.

Сучасні тенденції модернізації скребків розвиваються у двох напрямках: зміна геометрії/конструкції робочого органу та впровадження нових композитних і полімерних матеріалів. У роботі розглядаємо приклади патентних аналогів:

Патент №1: SCRAPER FOR SCRAPER CHAIN CONVEYORS (Скребок для скребкового конвеєра)[28]

Патент: US 8662287 B2 Заявник: Vucyrus Europe GmbH (Німеччина)

Суть модернізації: Підвищення довговічності скребка та зниження зношування жолоба за рахунок використання змінних полімерних ковзних вставок.

Технічне рішення: Скребок складається з металевої несучої частини та змінних полімерних накладок (sliding inserts), які кріпляться до бічних крил скребка. Після зносу замінюються лише вставки без демонтажу всього скребка.

Результат: Зменшується коефіцієнт тертя між скребком і жолобом, знижується енергоспоживання приводу, збільшується термін служби робочого органу.

Патент №2: Scraper for Chains in Chain Conveyors

Патент: US 4312443 Заявник: Becker-Prünke GmbH (Німеччина) [29]

Суть модернізації: Створення збірного скребка з окремих верхньої та нижньої частин.

Технічне рішення: Конструкція складається з двох елементів, які з'єднуються болтами та мають взаємне замкове зчеплення. Це дозволяє спростити монтаж і ремонт, а також забезпечує надійне кріплення ланцюга.

Результат: Підвищується ремонтпридатність конструкції, зменшується час простою обладнання та спрощується заміна зношених деталей.

Патент №3: Curved Section of a Single-Chain Scraper Conveyor

Патент: WO 2015099631 (Україна, CORUM Group) Номер заявки: UA2014000003 [30]

Суть модернізації: Зниження навантажень на скребки під час проходження криволінійних ділянок конвеєра.

Технічне рішення: У поворотній секції встановлені роликові напрямні елементи, які взаємодіють зі скребками та ланцюгом. Це зменшує контактне тертя і ударні навантаження.

Результат: Зростає ресурс скребків і ланцюга, зменшуються витрати на технічне обслуговування та підвищується надійність роботи живильника.

Наводимо порівняльну таблицю рішень: (Табл 4.1)

Таблиця 4.1 – порівняльна таблиця модернізацій

Параметр порівняння	Базова конструкція (Прототип)	Модернізація №1	Модернізація №2	Модернізація №3
Матеріал	Сталь 35ГЛ (литво)	Сталь Ст3 + наплавка Т-590	Сталь 45 + Поліуретан СКУ-ПФ	Листова сталь 09Г2С
Характер зносу	Інтенсивний по всій площині	Локальний (рівномірний)	Знос лише замінної пластини	Абразивний знос стінок

Продовження таблиці 4.1

Параметр порівняння	Базова конструкція (Прототип)	Модернізація №1 (Біметал / Геометрія)	Модернізація №2 (Поліуретанова накладка)	Модернізація №3 (Коробчастий профіль)
Коефіцієнт тертя по сталі	0.45 – 0.55	0.40 – 0.45	0.15 – 0.20	0.45
Маса конструкції	100% (база)	105%	85%	70-75%
Головна перевага	Простота виготовлення	Максимальна стійкість до великих шматків руди	Ідеально для вологих і липких вантажів	Зменшення металоємності

4.2 Обґрунтування запропонованої модернізації

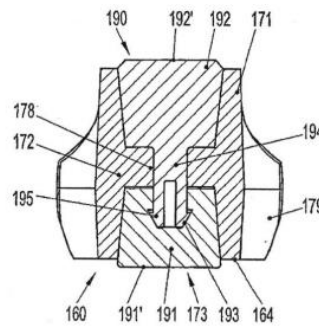
У процесі проектування та розробки модернізованого скребкового живильника (конвеєра) в якості базового технічного рішення було обрано конструкцію скребка за Патентом України на корисну модель № 53752 (МПК B65G 19/22).

Вибір даної модифікації обґрунтований комплексним аналізом існуючих аналогів, умов експлуатації та прагненням досягти максимальної ефективності роботи обладнання за рахунок вирішення ключових технічних суперечностей традиційних конструкцій.

Головною конструктивною особливістю модернізованого скребка є зміна просторового розташування елементів фіксації та геометрії його корпусу. Традиційні скребки-аналоги (наприклад, за патентами СРСР №

- Торцеві виступи на подовжніх гранях: На подовжніх гранях нижньої та верхньої частин скребка виконано спеціальні торцеві виступи.
- Винесення різьбових з'єднань: Усі різьбові з'єднання (або інтегровані різьбові стрижні) зміщено в поперечному напрямку до країв скребка і змонтовано саме в цих виступах.
- Ергономіка роз'єму: Горизонтальні ланки тягових ланцюгів надійно затискаються у внутрішніх каналах площини роз'єму, що звільняє центральну та міжланцюгову зони скребка від громіздких кріпильних елементів.

Рисунок 4.1 – Вид модернізованого скребка



171 – бічні ребра, 172 – затискна полиця, 173 – проміжний простір, 178 - зазор, 179 - ребро, 190 – ковзні вставки, 191 – нижня частина, 192 – верхня частина, 193 – паз, 194 – затискне ребро, 195 – клинове ребро.

Рисунок 4.2 – Вид у розрізі

На (рис. 4.4,4.5) показаний четвертий приклад здійснення запропонованого винаходом скребка 160. Головна перемичка 162 металевого корпусу 161 скребка знов виконана ідентично попереднім прикладам здійснення, так що посилаємося на наведений там опис. Кріплення скребка 160 на не показаному скребковому ланцюгу відбувається за допомогою ідентичного замикаючого елемента, як в попередніх прикладах здійснення, через що замикаючий елемент на (рис. 4) і 9 не показаний. Корпус 161 скребка знов складається переважно з відливної металеві деталі, з суцільно відформованими на головній перемичці 162 утримуючими ділянками 164, щоб з них, а також закріплених на них ковзних вставок 190 утворити лопаті 165 скребка, напрямок яких між ланцюговим скребковим конвеєром і скребком 160 здійснюється значною мірою за допомогою зовнішніх поверхонь ковзних вставок 190. Інакше, ніж в попередніх прикладах здійснення, у скребка 160, також кінець лопаті 165 утворений з металеві ділянки корпусу 161 скребка, а бічні ребра 171, які проходять дистанційовано з утворенням проміжного простору 173 назовні, з'єднані один з одним поперечним ребром 179, яке утворює зовнішню обвідну поверхню лопатей 165 скребка і з цією метою профільована зі своєї

зовнішньої сторони відповідно до бажаної форми профілю лопатей 165 скребка. Тому скребок 160 при експлуатації 45 прямує по внутрішніх сторонах напрямних профілів ланцюгового скребкового конвеєра металевим поперечним ребром 179 утримуючої ділянки 164. Бічні ребра 171, основна ділянка 164А і ребро 179 обмежують проміжний простір 173 коробчатої форми, в якому може бути рознімно закріплена пара 190 ковзних вставок, що складається з двох частин з пластмасових деталей. Пара 190 ковзних вставок складається з нижньої частини 191 з пластмаси, що має тут приблизний U-подібний поперечний переріз, і верхньої частини 192, що має тут приблизний Т-подібний поперечний переріз, які за допомогою з'єднання в шпунт і гребінь можуть входити один в одного і кріпитися один до одного. У виконанні переважно в формі ластівчиного хвоста паз 193 в нижній частині 191 вміщується виступаюче вниз на верхній частині 192 затискне ребро 194, вільний кінець якого виконаний у вигляді піднутреного клинового ребра 195, яке всовується в паз 193 і там стопорить нижню частину 191 і верхню частину 192 від роз'єднання. Верхня частина 192 вужчає назовні відповідно до форми профілю утримуючих ділянок 164 в області лопатей 165 скребка. Щоб закріпити нижню частину 191 і верхню частину 192 пари 190 ковзних вставок в проміжному просторі 173 між бічними ребрами у вертикальному напрямку, за кожно з внутрішніх сторін бічних ребер 171 виступає затискна полиця 172, яка розділяє проміжний простір 173 на дві ділянки проміжного простору, які з'єднані одна з одною тільки через зазор 178 між затискними полицями 172. Затискне ребро 194 на верхній частині 192 пари 190 ковзних вставок в змонтованому стані пронизує зазор 178. На (рис. 4.5) добре видно, що нижня поверхня 191' нижньої частини 191 виступає вниз за металеву обвідну поверхню утримуючих ділянок 164, включаючи масивне, профільоване і назовні поперечне ребро, що розширюється 179, а також верхня частина 192 видається своєю верхньою стороною 192' за утримуючу ділянку 164 вгору, щоб скребок 160 щонайменше на дні конвеєра, відповідно, дні нижньої гілки

конвеєра спрямовувався по вільних обвідних поверхнях пари 190 ковзних вставок, що складається з пластмаси.

Вибір цієї схеми модернізації дозволяє отримати низку суттєвих переваг, що безпосередньо впливають на експлуатаційні показники живильника:

- Підвищення продуктивності конвеєра (головний ефект): Зміщення різьбових з'єднань до країв скребка звільнило корисний простір навколо робочого органу. Це дозволило зменшити конструктивну ширину та загальний об'єм самого скребка. За рахунок зменшення об'єму, який скребок «забирає» у транспортувального жолоба, пропорційно збільшується корисний об'єм для переміщення вантажу (наприклад, вугілля, піску тощо) , що забезпечує пряме зростання продуктивності обладнання при тих самих габаритах рештаків.
- Зниження металоємності та маси: Завдяки оптимізації форми та усуненню масивних внутрішніх приливів під болти, маса модернізованого скребка є меншою порівняно з суцільними литими чи товстостінними аналогами. Зменшення власної маси всього скребкового полотна знижує динамічні навантаження на приводні зірочки, зменшує пускові моменти та загальні витрати електроенергії двигуном живильника.
- Покращення надійності та захист кріплень: Розташування гайок у спеціальних поглибленнях (кишенях) верхньої частини скребка з контрповерхнями запобігає їхньому контакту з потоком абразивного матеріалу. Це захищає різьбу від механічного пошкодження, стирання та самовідгвинчування під час транспортування сипучих вантажів.
- Універсальність та ремонтпридатність: Конструкція передбачає використання як інтегрованих різьбових стрижнів, зварених як єдине ціле з торцевими виступами, так і стандартних знімних болтів із фігурною головкою, що виключає їх прокручування. Це значно спрощує монтаж, демонтаж та заміну елементів безпосередньо в шахтних чи виробничих умовах.

Таким чином, впровадження у проекті модернізації скребка із винесеними у торцеві виступи різьбовими з'єднаннями за Патентом UA 53752 є цілком обґрунтованим. Дане інженерне рішення дозволяє вирішити ключову проблему транспортного машинобудування — підвищити корисну продуктивність конвеєра/живильника без збільшення його габаритних розмірів, одночасно забезпечуючи конструктивну простоту, високу надійність та зручність обслуговування робочого органу.

5. РОЗРАХУНКИ

5.1. Параметричні та кінематичні розрахунки

Визначення ширини жолоба

$$b = \sqrt{\frac{K * Q}{3600 * C_{\beta} * \gamma * v}}$$

де $K = b/h_{\beta} = 3$ - відношення ширини до висоти жолоба;

$Q = 80$ т/год - продуктивність живильника;

$v = 0.48$ м/с - рекомендована швидкість робочого органу;

$\gamma = 0.75$ т/м³ - насипна маса вантажу;

$C_{\beta} = 0.9$ - коефіцієнт використання об'єму жолоба.

$$b = \sqrt{\frac{3 * 80}{3600 * 0.9 * 0.48 * 0.75}} = 0,454 \text{ м}$$

Зі стандартного ряду приймаємо найближчу більшу ширину жолоба $b = 500$ мм.

$$h_b = \frac{b}{K} = \frac{500}{3} = 166,77 \text{ мм}$$

Зі стандартного ряду приймаємо висоту скребка $h_{\beta} = 200$ мм.

Визначення потужності привода живильника

$$N = \frac{K_3 * Q}{367 * \eta} * (\omega_0 * L_2 + H), \text{ кВт}$$

де $K_3 = 1.2$ - коефіцієнт резерву; $\eta = 0.8$ - ККД привода;

$L_1 = 9.0$ м - горизонтальна проекція довжини живильника; $H = 2.4$ м - висота підйому;

$\omega_0 = 1.0$ - коефіцієнт опору.

$$N = \frac{1,2 \cdot 80}{367 \cdot 0,8} \cdot (1 \cdot 9 + 2,4) = 3.73 \text{ кВт}$$

Тяговий розрахунок скребкового живильника

$$S_{max} = q_m \cdot (\omega_0 \cdot L_2 + H) \cdot g + S_{min} + S_x, \text{ Н};$$

Мінімальну напругу холостої вітки приймаємо $S_{min} = 3000 \text{ Н}$.

$$S_x = g \cdot q_0 \cdot (H - L_2 \cdot \omega), \text{ Н};$$

де $\omega = 0.25$ - безрозмірний коефіцієнт опору рухомої ковзання гілки.

Оскільки $H = 2.4 \text{ м} < L_2 \cdot \omega = 2.50 \text{ м}$, приймаємо $S_x = 0$.

$$q_m = \frac{Q}{(3,6 \cdot v \cdot K_2)}, \text{ кг/м};$$

Для сипкого торфу приймаємо $K_2 = 0.9$.

$$q_m = \frac{80}{(3,6 \cdot 0.48 \cdot 0.9)} = 51.4 \text{ кг/м};$$

$$q_0 = K_q \cdot q_m, \text{ кг/м};$$

$$q_0 = 0.8 \cdot 51.4 = 41.2 \text{ кг/м};$$

$$S_{max} = 51.4 \cdot (1.0 \cdot 10 + 2.4) \cdot 9.81 + 3000 + 0 = 9257 \text{ Н}.$$

Вибір тягового органу

$$P_{розр} = S_{max} + S_{дин}, \text{ Н};$$

$$S_{дин} = \frac{6 \cdot \pi \cdot (q_m + C' \cdot q_0) \cdot L \cdot v^2 \cdot g}{(Z_0^2 \cdot t_{ц})}, \text{ Н};$$

де $v = 0.48 \text{ м/с}$;

$Z_0 = 8$;

$t_{ц} = 0.109 \text{ м}$;

$L = 20 \text{ м}$;

$$C' = 1.5.$$

$$S_{\text{дин}} = \frac{6 \cdot 3,14 \cdot (51.4 + 1.5 \cdot 41.2) \cdot 20 \cdot 0.48^2 \cdot 9.81}{(8^2 \cdot 0.109)} = 13816 \text{ Н.}$$

$$P_{\text{розр}} = 9257 + 13816 = 23073 \text{ Н.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо круглоланковий тяговий ланцюг з руйнівним зусиллям не менше 40 кН.

Перевірочний розрахунок

Продуктивність живильника

$$Q = 3600 \cdot K \cdot h_{\text{б}}^2 \cdot \psi \cdot C\beta \cdot \gamma \cdot v, \text{ т/год};$$

де $K = 3$ – відношення ширини до висоти жолоба;

$C\beta = 0.9$ – коригувальний коефіцієнт;

$\psi = 0.6$ – коефіцієнт заповнення міжскребкового простору;

$\gamma = 0.75 \text{ т/м}^3$ – насипна маса вантажу;

$v = 0.48 \text{ м/с}$ – швидкість ланцюга.

$$Q = 3600 \cdot 3 \cdot 0.2^2 \cdot 0.6 \cdot 0.9 \cdot 0.75 \cdot 0.48 = 84.0 \text{ т/год.}$$

Орієнтовна продуктивність задовольняє поставлене завдання.

Детальний тяговий розрахунок

Визначення натягу тягового органу виконуємо шляхом обходу контуру за характерними точками.

$$q_z = q_m \cdot g = 51.4 \cdot 9.81 = 505 \text{ Н/м.}$$

$$q_0 = 41.2 \cdot 9.81 = 404 \text{ Н/м.}$$

$$S_1 = 3000 \text{ Н.}$$

$$S_2 = S_1 + q_0 \cdot L_2 \cdot \omega \cdot \cos\beta - q_0 \cdot L_2 \cdot \omega \cdot \sin\beta = 3777.4 \text{ Н.}$$

$$S_3 = S_2 \cdot K_1 = 3777.4 \cdot 1.08 = 4079.6 \text{ Н.}$$

$$S_4 = S_3 + q_0 \cdot L_1 \cdot \omega = 4987.9 \text{ Н.}$$

$$S_5 = S_4 \cdot K_2 = 5386.9 \text{ Н.}$$

$$S_6 = S_5 + (q_0 + qz) \cdot L_1 \cdot \omega = 7430.7 \text{ Н.}$$

$$S_7 = S_6 \cdot K_3 = 7727.9 \text{ Н.}$$

$$S_8 = S_7 + (q_0 + qz) \cdot L_2 \cdot \omega \cdot \cos\beta + (q_0 + qz) \cdot L_2 \cdot \omega \cdot \sin\beta \\ = 10421.2 \text{ Н.}$$

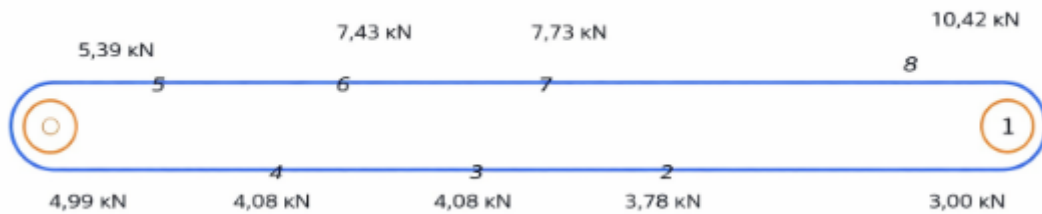


Рисунок 5.1 - Схема натягування транспортера тягового органу конвеєра

Визначення параметрів привідної станції

$$W = S_8 - S_1 + W_{\text{пр}}, \text{ Н;}$$

$$W = 10421 - 3000 + (10421 + 3000) \cdot 0,08 = 8495 \text{ Н.}$$

Опір перегину від напрямних пристроїв:

$$W_{\text{из}} = \frac{2,1 \cdot \mu \cdot \delta^2 \cdot S_{\text{наб}}}{D_0, \text{ Н}} ;$$

$D_0 = 0.65 \text{ м}$ – діаметр початкового кола зірочки;

$\mu = 0.45$ – коефіцієнт тертя в шарнірах;

$\delta_2 = 0.018 \text{ м}$ – діаметр валика ланцюга.

$$W_{\text{из}} = \frac{2,1 \cdot 0.45 \cdot 0.018 \cdot 10421}{0.65} = 273 \text{ Н.}$$

Опір від перегину на привідній зірці:

$$W_{\text{из. п}} = \frac{(S_{\text{наб}} + S_{\text{сб}}) \cdot \mu \cdot v}{D_0, \text{ Н}} ;$$

$$W_{\text{из. п}} = \frac{(10421 + 3000) \cdot 0.45 \cdot 0,5}{0.65} = 4646 \text{ Н.}$$

Опір у підшипниках валу приводу:

$$W_{\text{п. п}} = (S_{\text{наб}} + S_{\text{сб}}) \cdot \omega_{\text{б}} \cdot \sin(\alpha/2), \text{ Н;}$$

$$W_{п.п} = (10421 + 3000) \cdot 0.06 \cdot \sin 45^\circ = 569 \text{ Н.}$$

Визначення потужності привідної станції:

$$N = \frac{K_z \cdot v \cdot (S_{наб} - S_{сб} + W_{из.п} + W_{п.п} + W_{из})}{(1000 \cdot \eta)}, \text{ кВт};$$

$$N = 1,25 \cdot 0.48 \cdot (10421 - 3000 + 4646 + 569 + 273) / (1000 \cdot 0.8) \\ = 9.7 \text{ кВт.}$$

Вибір електродвигуна

За отриманою потужністю привода приймаємо асинхронний електродвигун загальнопромислового виконання. (Табл.5.1)

Таблиця 5.1 – Параметри обраного електродвигуна

Розмір двигуна	Потужність , кВт	Частота обертів , хв^{-1}	$T_{пуск}/T_{но}$ м	$T_{мах}/T_{но}$ м	Момент інерції ротора, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$	Примітка
160S8	11	970	1,8	2,0	0,18	Прийнято

Підбір редуктора

$$\omega = \frac{2 \cdot v}{D_0}, \text{ рад/с};$$

$$\omega = \frac{2 \cdot 0.48}{0.65} = 1.48 \text{ рад/с.}$$

$$n_B = \frac{30 \cdot \omega}{\pi}, \text{ об/хв};$$

$$n_B = \frac{30 \cdot 1.48}{3.14} = 14.1 \text{ об/хв.}$$

$$U_{\text{потр}} = \frac{n_{\text{ДВ}}}{n_B};$$

$$U_{\text{потр}} = 970/14.1 = 68.8.$$

Приймаємо трьохступінчастий редуктор з передаточним числом $U_p = 71$. (рис. 5.2)

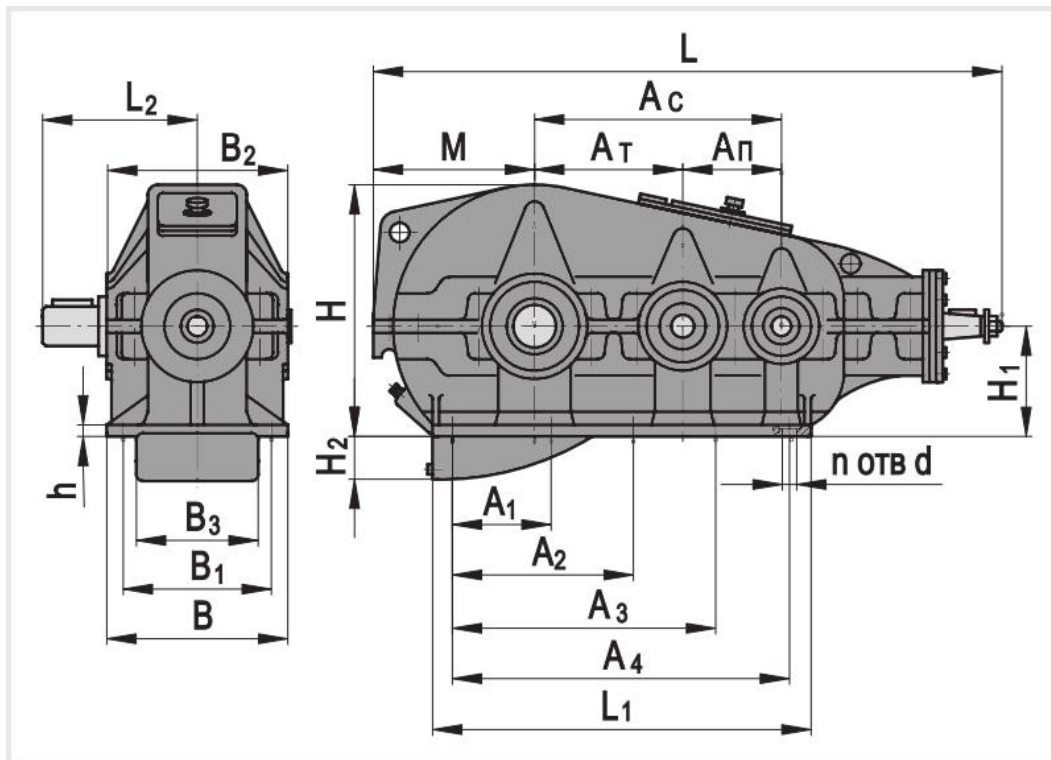


Рисунок 5.2 - Схема редуктора

$$n_B = \frac{n_{\text{ДВ}}}{U_p} = \frac{970}{71} = 13.66 \text{ об/хв.}$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_B}{30} = \frac{3.14 \cdot 13.66}{30} = 1.43 \text{ рад/с.}$$

$$v = \frac{\omega \cdot D_0}{2} = \frac{1.43 \cdot 0.65}{2} = 0.46 \text{ м/с.}$$

$$Q = 3600 \cdot 3 \cdot 0.2^2 \cdot 0.6 \cdot 0.9 \cdot 0.75 \cdot 0.46 = 81.4 \text{ т/год.}$$

Розрахункова продуктивність скребкового живильника задовольняє завдання.

Розрахунок ведучого вала

Проектний розрахунок ведучого вала

Матеріал вала - сталь 45Х. Допустиме напруження на кручення приймаємо $[\tau] = 230$ МПа.

$$d_v = \sqrt[3]{(T / (0,2 \cdot [\tau]))}, \text{ мм};$$
$$T = \frac{9550 \cdot P \cdot \eta}{n} = \frac{9550 \cdot 11 \cdot 0.8}{13.66} = 6151 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$
$$d_v = \sqrt[3]{\frac{(6151 \cdot 10^3)}{(0,2 \cdot 230)}} = 51.1 \text{ мм}.$$

З урахуванням стандартних посадок та підшипників попередньо приймаємо $d_v = 80$ мм.

Перевірочний розрахунок

$$F_T = \frac{2 \cdot T}{D_0, \text{ Н}};$$
$$F_T = \frac{2 \cdot 6.15}{0.65 \cdot 10^3} = 18927 \text{ Н}.$$
$$F_p = \frac{N}{(2 \cdot v)} \cdot \operatorname{tg} \alpha, \text{ Н};$$

$N = 11$ кВт – передавана потужність;

$v = 0.446$ м/с – фактична швидкість руху ланцюга;

$\alpha = 45^\circ$ – кут зачеплення в ланцюговій передачі.

$$F_p = \frac{11000}{(2 \cdot 0.446)} \cdot \operatorname{tg} 45^\circ = 11829 \text{ Н}.$$
$$F_{TM} = 2 \cdot T / (m \cdot z), \text{ Н};$$

$m = 4$ – модуль зубців муфти;

$z = 48$ – число зубців муфти.

$$F_{тМ} = \frac{2 \cdot 6.15}{(4 \cdot 54) \cdot 10^3} = 57.0 \text{ Н.}$$

Визначаємо радіальну силу, що діє на вал зі сторони зубчатої муфти:

$$F_{рМ} = 0,25 \cdot F_{тМ}, \text{ Н;}$$

$$F_{рМ} = 0,25 \cdot 57.0 = 14.2 \text{ Н.}$$

Вибір підшипників кочення

Виконуємо розрахунок сферичного роликового радіального дворядного підшипника 22211. Розрахунок полягає у визначенні його довговічності при динамічній вантажопідйомності.

$$P_m = (V \cdot X_m \cdot F_r + Y_m \cdot F_a) \cdot k_{\beta} \cdot k_t, \text{ Н;}$$

Приймаємо $V = 1, X_m = 0,8, Y_m = 1,07, F_a = 0, k_{\beta} = 1,15, k_t = 1,0$.

$$F_{rA} = \sqrt{(R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2)} = \sqrt{(9530^2 + 5930^2)} = 11224 \text{ Н;}$$

$$F_{rB} = \sqrt{(R_{Bx}^2 + R_{By}^2)} = \sqrt{(9450^2 + 5910^2)} = 11145 \text{ Н;}$$

$$P_{mA} = (1 \cdot 0,8 \cdot 11224 + 1,07 \cdot 0) \cdot 1 \cdot 1,15 = 10326 \text{ Н;}$$

$$P_{mB} = (1 \cdot 0,8 \cdot 11145 + 1,07 \cdot 0) \cdot 1 \cdot 1,15 = 10253 \text{ Н;}$$

$$L = \frac{10^6}{(60 \cdot n)} \cdot (C_r/P_m)^p, \text{ год;}$$

$$L = \frac{10^6}{(60 \cdot 15.5)} \cdot (146000/10326)^{\frac{10}{3}} = 2405654 \text{ год.}$$

Отриманий ресурс підшипника перевищує 200000 год, тому обраний підшипник придатний до використання.

Вибір з'єднувальних муфт

Для з'єднання вала двигуна і швидкохідного вала редуктора вибираємо пружно-втулочно-пальцеву муфту.

$$T_r = T_1 \cdot K \leq T_m;$$

$$T_r = 490 \cdot 1.2 = 588 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Приймаємо муфту з номінальним моментом 1000 Н·м, частотою обертання до 2500 хв⁻¹, діаметром фланця 200 мм та числом пальців Z = 8.

Для з'єднання тихохідного вала редуктора з ведучим валом живильника вибираємо зубчасту муфту.

Приймаємо зубчасту муфту з номінальним моментом 12500 Н·м, діаметром фланця 320 мм, модулем зубців m = 5 мм і числом зубців z = 42.

Розрахунок шпонкових з'єднань

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 \cdot T}{(d \cdot (h - t_1) \cdot l)} \leq [\sigma_{\text{см}}], \text{ МПа};$$

Допустиме напруження на зминання $[\sigma_{\text{см}}] = 590 \text{ МПа}$.

Розрахунок шпонкового з'єднання електродвигуна з глухою муфтою:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 \cdot 615 \cdot 10^3}{(45 \cdot (9 - 5,5) \cdot 80)} = 89.4 \text{ МПа} \leq 590 \text{ МПа}.$$

Розрахунок шпонкового з'єднання тихохідного вала редуктора з ведучим валом живильника:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 \cdot 6788 \cdot 10^3}{(70 \cdot (12 - 8) \cdot 90)} = 538.7 \text{ МПа} \leq 590 \text{ МПа}.$$

Розрахунок шпонкового з'єднання ведучої зірочки з приводним валом живильника:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 \cdot 7127 \cdot 10^3}{(80 \cdot (14 - 9) \cdot 90)} = 396.0 \text{ МПа} \leq 590 \text{ МПа}.$$

Обрані шпонки задовольняють умовам міцності на зминання.

Визначення параметрів натяжної станції

$$P_H = S_8 + S_1, \text{ Н};$$

$$P_H = 10421 + 3000 = 13421 \text{ Н.}$$

Хід натяжного пристрою приймаємо $L_H = 800 \text{ мм}$.

$$P = \frac{1}{2} \cdot P_H \cdot K_3, \text{ Н};$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot 13421 \cdot 1,2 = 8052 \text{ Н.}$$

Розрахунок натяжних гвинтів

Матеріал гвинта – сталь 40Х, допустиме напруження $[\sigma_{ск}] = 110 \text{ МПа}$.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{(\pi \cdot [\sigma_{ск}])}}, \text{ м};$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 8052}{(3,14 \cdot 110 \cdot 10^6)}} = 0,0099 \text{ м} = 9,9 \text{ мм.}$$

Приймаємо різьбу ходового гвинта $\text{Tr}44 \times 7$.

5.2 Розрахунки на міцність

Визначення опорних реакцій і моментів у горизонтальній площині Х:

$$\sum M(A) = R_B \cdot 1,0 - F_T \cdot 0,5 + F_{TM} \cdot 0,2 = 0;$$

$$R_B = (18927 \cdot 0,5 - 57,0 \cdot 0,2)/1,0 = 9,45 \text{ кН.}$$

$$\sum M(B) = -R_A \cdot 1,0 + F_T \cdot 0,5 + F_{TM} \cdot 1,2 = 0;$$

$$R_A = (18927 \cdot 0,5 + 57,0 \cdot 1,2)/1,0 = 9,53 \text{ кН.}$$

Згинальні моменти в перерізах X_1 та X_2 :

$$M_{x_1} = R_B \cdot X_1, 0 \leq X_1 \leq 0,5;$$

$$\text{при } X_1 = 0,5, M_{x_1} = 9,45 \cdot 0,5 = 4,725 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

$$Mx_2 = F_t M \cdot X_2, 0 \leq X_2 \leq 0,2;$$

$$\text{при } X_2 = 0,2, Mx_2 = 0.057 \cdot 0,2 = 0.0114 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Визначення опорних реакцій у вертикальній площині Y:

$$\sum M(A) = R_B \cdot 1,0 - F_r \cdot 0,5 + F_r M \cdot 0,2 = 0;$$

$$R_B = (11829 \cdot 0,5 - 14,2 \cdot 0,2)/1,0 = 5.91 \text{ кН}.$$

$$\sum M(B) = -R_A \cdot 1,0 + F_r \cdot 0,5 + F_r M \cdot 1,2 = 0;$$

$$R_A = (11829 \cdot 0,5 + 14,2 \cdot 1,2)/1,0 = 5.93 \text{ кН}.$$

$$My_1 = R_B \cdot Y_1, 0 \leq Y_1 \leq 0,5;$$

$$\text{при } Y_1 = 0,5, My_1 = 5.91 \cdot 0,5 = 2.95 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

$$My_2 = F_r M \cdot Y_2, 0 \leq Y_2 \leq 0,2;$$

$$\text{при } Y_2 = 0,2, My_2 = 0.0142 \cdot 0,2 = 0.00284 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Визначення загальних та еквівалентних моментів

$$M\Sigma = \sqrt{(Mx^2 + My^2)};$$

$$M\Sigma_1 = \sqrt{(0^2 + 0^2)} = 0 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M\Sigma_2 = \sqrt{(0.0114^2 + 0.00284^2)} = 0.012 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M\Sigma_3 = \sqrt{((4.725)^2 + (2,95)^2)} = 5.57 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M\Sigma_4 = 0 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Обертові моменти на ділянках вала:

$$T_1 = T_2 = T_3 = 6.15 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad T_4 = 0 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{(M\Sigma^2 + T^2)};$$

$$M_{\text{екв.1}} = \sqrt{(0^2 + 6.15^2)} = 6.15 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{екв.2}} = \sqrt{(0.012^2 + 6.15^2)} = 6.15 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{екв.3}} = \sqrt{(5.57^2 + 6.15^2)} = 8.29 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{екв.4}} = 0 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

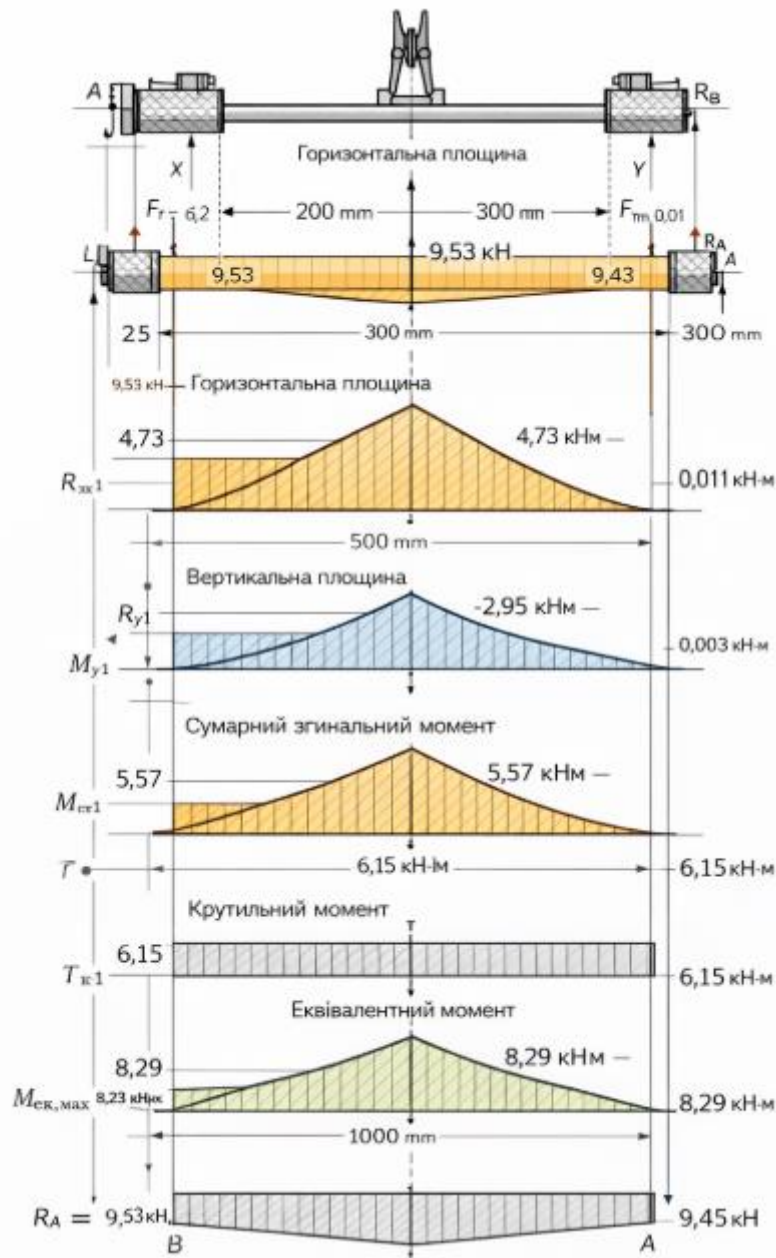


Рис. 5.3 - Схема навантаження та епюри ведучого вала живильника

$$d_{\text{крит}} = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{max}}}{(0.1 \cdot [\sigma])}}, \text{ мм};$$

$$d_{\text{крит}} = \sqrt[3]{\frac{(8.30 \cdot 10^6)}{(0,1 \cdot 230)}} = 71.2 \text{ мм.}$$

Оскільки остаточно прийнятий діаметр $d = 80$ мм більший за розрахунковий, міцність ведучого вала забезпечується.

5.3 Розрахунок на жорсткість

$$\varphi = \frac{T \cdot l}{(G \cdot J_p)}, \text{ рад;}$$

$$J_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32}, \text{ мм}^4;$$

$$J_p = \frac{3,14 \cdot 80^4}{32} = 4021239 \text{ мм}^4.$$

$$\varphi = \frac{(6151 \cdot 10^3 \cdot 1000)}{(80000 \cdot 4021239)} = 0.0191 \text{ рад} = 1.10^\circ.$$

Для ведучих валів допустимий кут закручування, як правило, не перевищує $1,0\text{-}1,5^\circ$ на 1 м довжини. Отримане значення є допустимим.

$$y_{\text{max}} = \frac{F \cdot l^3}{(48 \cdot E \cdot I)}, \text{ мм;}$$

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}, \text{ мм}^4;$$

$$I = \frac{3,14 \cdot 80^4}{64} = 2010619 \text{ мм}^4.$$

$$F = \sqrt{(F_T^2 + F_P^2)} = \sqrt{(18927^2 + 11829^2)} = 22320 \text{ Н.}$$

$$y_{\text{max}} = \frac{22320 \cdot 1000^3}{(48 \cdot 210000 \cdot 2010619)} = 1.10 \text{ мм.}$$

Отриманий прогин є малим, тому умова жорсткості ведучого вала виконується.

5.4 Розрахунок на стійкість натяжного гвинта

Для натяжного пристрою приймаємо ходовий гвинт з розрахунковим навантаженням $P = 8850$ Н та розрахунковою довжиною $l_0 = 1000$ мм.

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_0^2, \text{Н}} / l_0^2, \text{Н};$$

$$I = \frac{\pi \cdot d_1^4}{64}, \text{мм}^4;$$

$$I = \frac{3,14 \cdot 46^4}{64} = 219787 \text{ мм}^4.$$

$$P_{кр} = \frac{3,14^2 \cdot 210000 \cdot 219787}{1000^2} = 455533 \text{ Н}.$$

$$n_{ст} = P_{кр} / P;$$

$$n_{ст} = 455533/8850 = 51.5.$$

Оскільки $P_{кр}$ значно перевищує робоче зусилля, поздовжня стійкість натяжного гвинта забезпечується.

6. ЧИСЛОВІ РОЗРАХУНКИ СКРЕБКА

6.1 Немодифікована конструкція

Будуємо конструкцію звичайного скребка в Solidworks (Рис. 6.1)

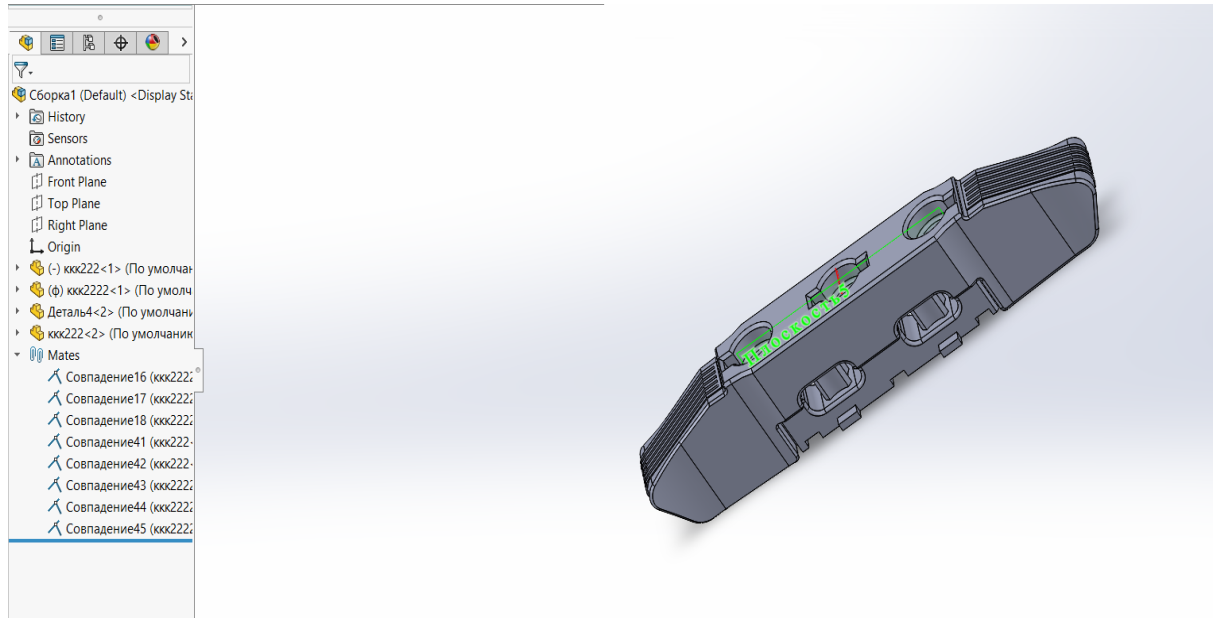


Рисунок 6.1 - Скребок

Імпортуємо геометрію скребка в ANSYS (Рис 6.2)

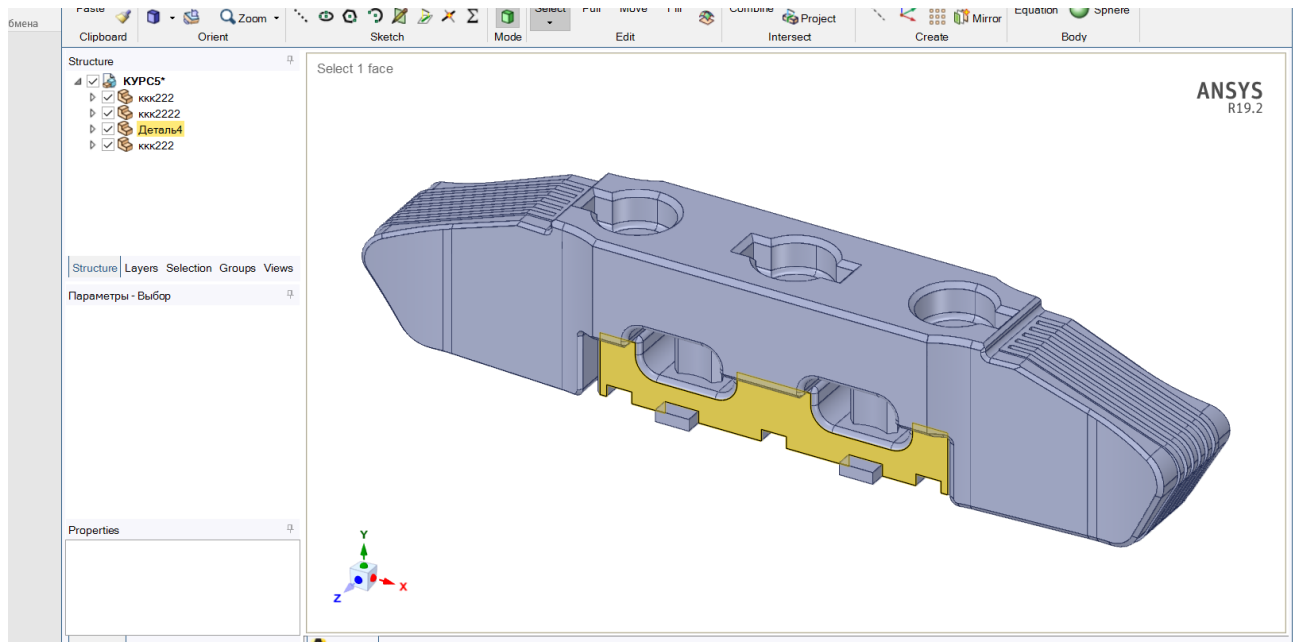


Рисунок 6.2 – Імпортована геометрія скребка

Обираємо матеріал для скребка а саме сталь також записуємо Tensile Yield Strenght $\sigma = 250$ МПа

Налаштовуємо тетраедичну сітку з базовим розміром елемента 5 мм та локальним ущільненням до 1 мм у зонах контакту (рис 6.3)

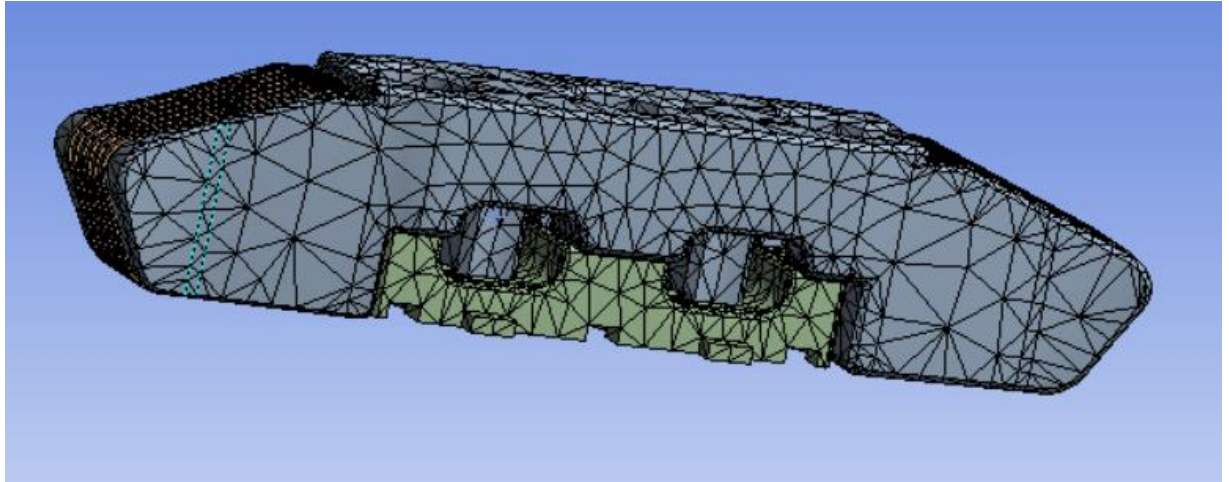


Рисунок 6.3 - Сітка

Прикладаємо до внутрішньої поверхні скребка жорстке заземлення, Fixed support

Прикладаємо попередньо розраховану силу що тисне на скребок (Force), при контакті з матеріалом (Рис. 6.4)

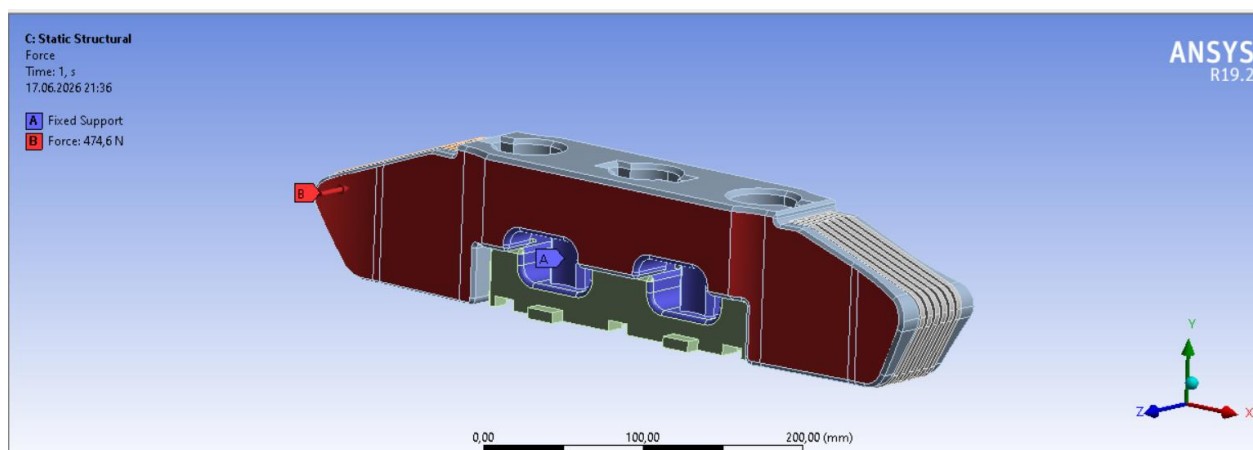


Рисунок 6.4 – Прикладені сили до скребка

Далі виконуємо розрахунок переміщення та еквівалентних напружень що діють на скребок(Рис 6.5, 6.6)

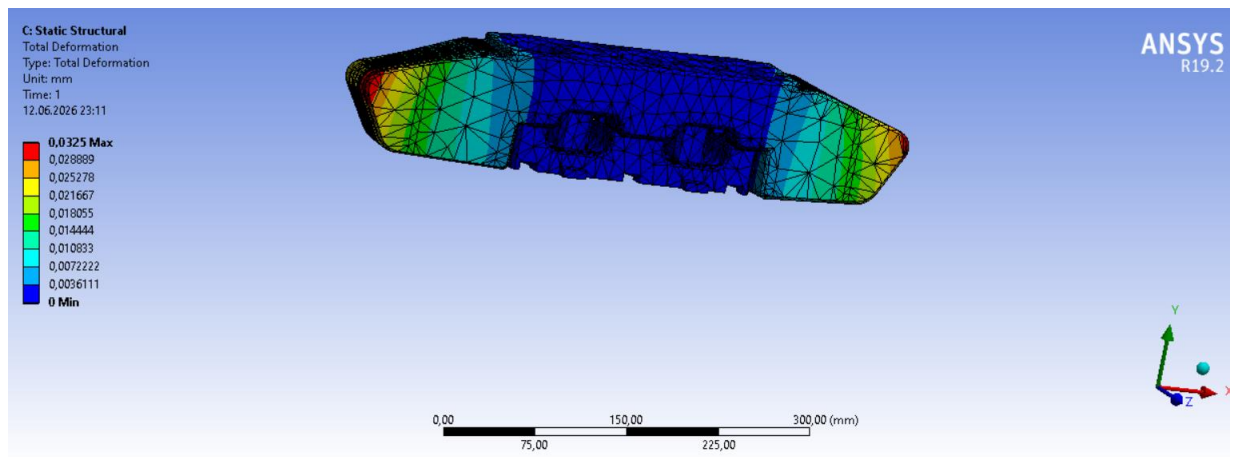


Рис 6.5 - Переміщення

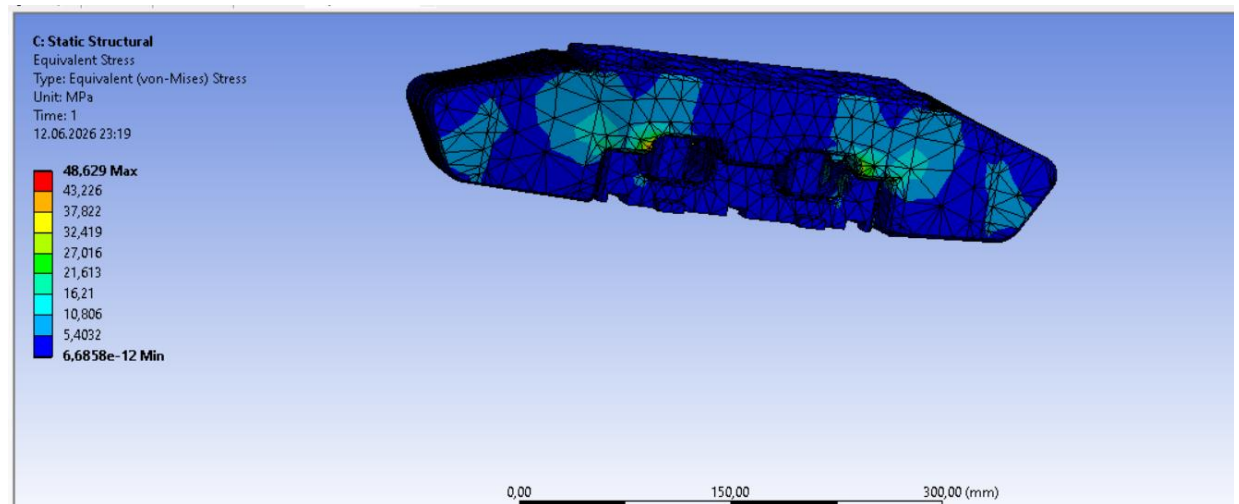


Рисунок 6.6 – Еквівалентні напруження

Розраховуємо Коефіцієнт запасу (рис. 6.7)

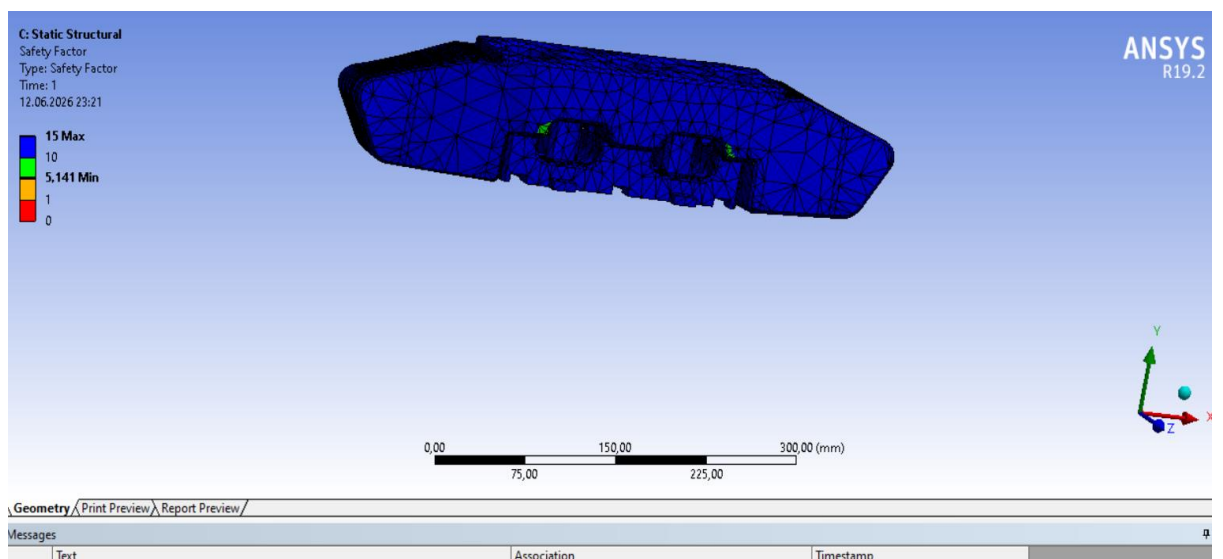


Рисунок 6.7 – Коефіцієнт запасу

Отримуємо результат максимальної деформації - 0.0325 мм

Та еквівалентних напружень - $\sigma_{\text{екв}} = 48,629$ МПа

Коефіцієнт запасу аналітично становить - 5.141

Розраховуємо за формулою

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{\text{екв}}} = \frac{250}{48.629} = 5.141$$

Напруження конструкції менше допустимих отже конструкція працездатна

6.2 Модифікована конструкція

Обираємо матеріал для модифікованого скребка сталь та записуємо Tensile Yield strength що дорівнює 250 МПа

Імпортуємо геометрію модифікованого скребка у Ansys(рис. 6.8)

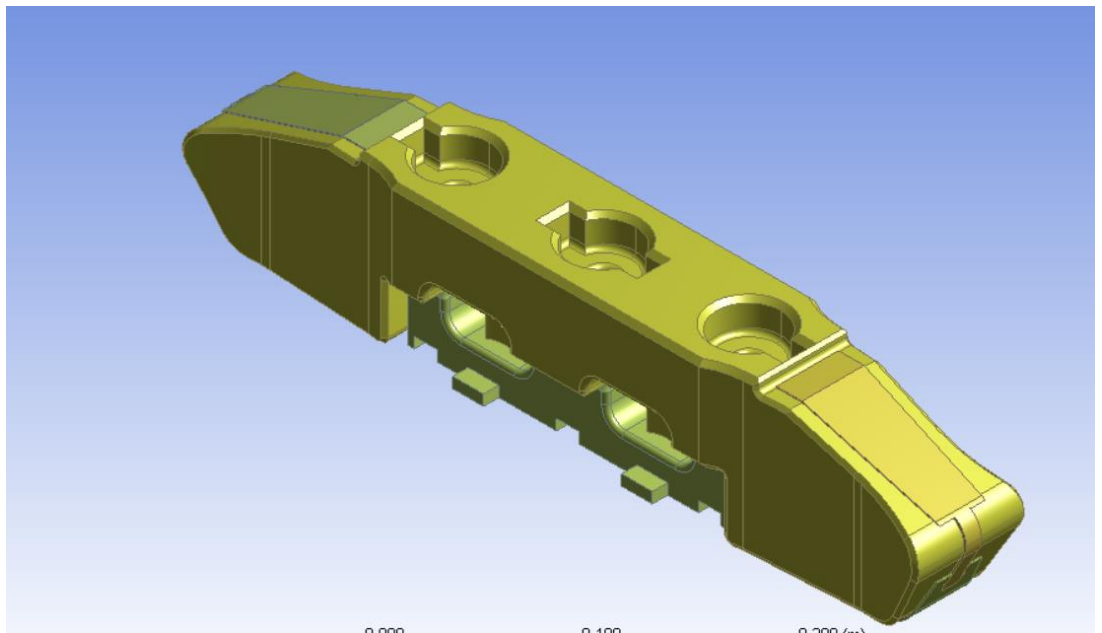


Рисунок 6.8 – Імпорт модифікованого скребка

Об'єднуємо всі деталі в одне ціле, та йдемо в пункт «Model» для встановлення сітки, для розрахунку моделі в ANSYS було побудовано скінченно-елементну сітку з автоматичним розбиттям на тетраедральні елементи. Параметри сітки обрано таким чином, щоб забезпечити необхідну точність розрахунків при мінімальному часі обчислень. Отримана сітка

адекватно описує геометрію конструкції та придатна для проведення подальшого аналізу напружено-деформованого стану (Рис 6.9)

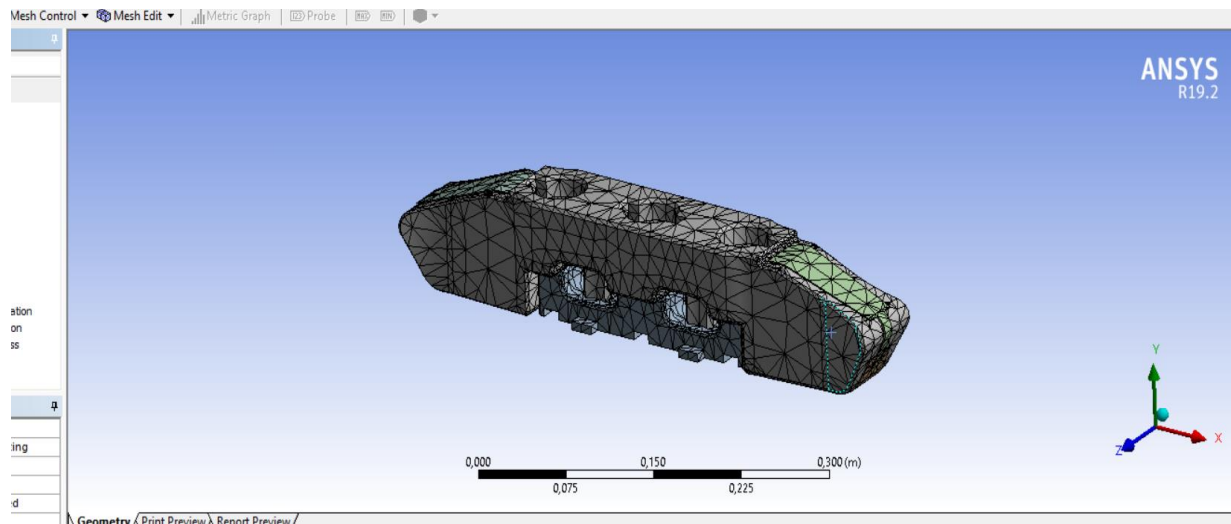


Рисунок 6.9 – Сітка для модернізованого скребка

Прикладаємо жорстке зацмлення в отворах Fixed support також

Прикладаємо розрахований тиск матеріалу Force, $P_{розр} = 23073$ (Рис 6.10)

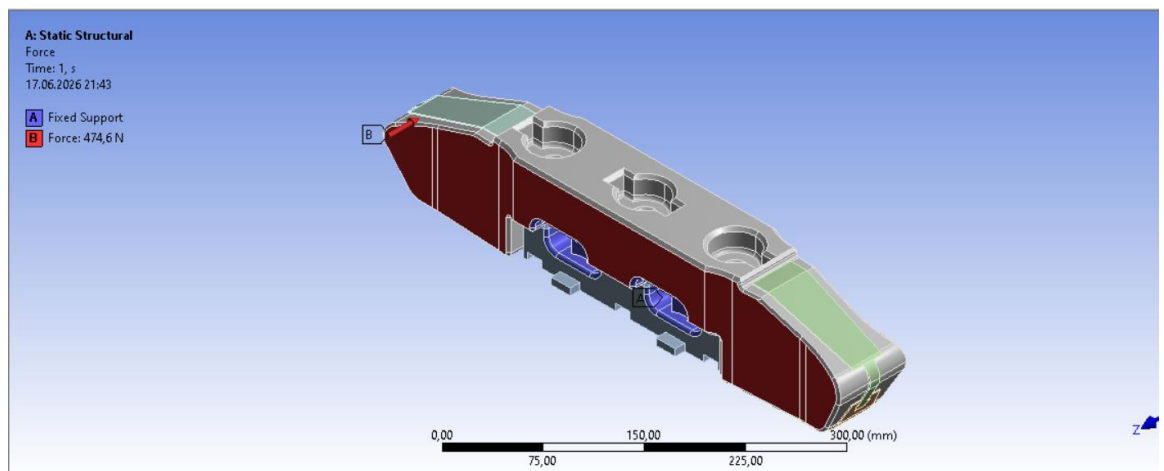


Рисунок 6.10 – Прикладені сили до модернізованого скребка

Розраховуємо деталь а саме еквівалентні напруження Equivalent Stress та переміщення Total Deformation(Рис 6.11, 6.12)

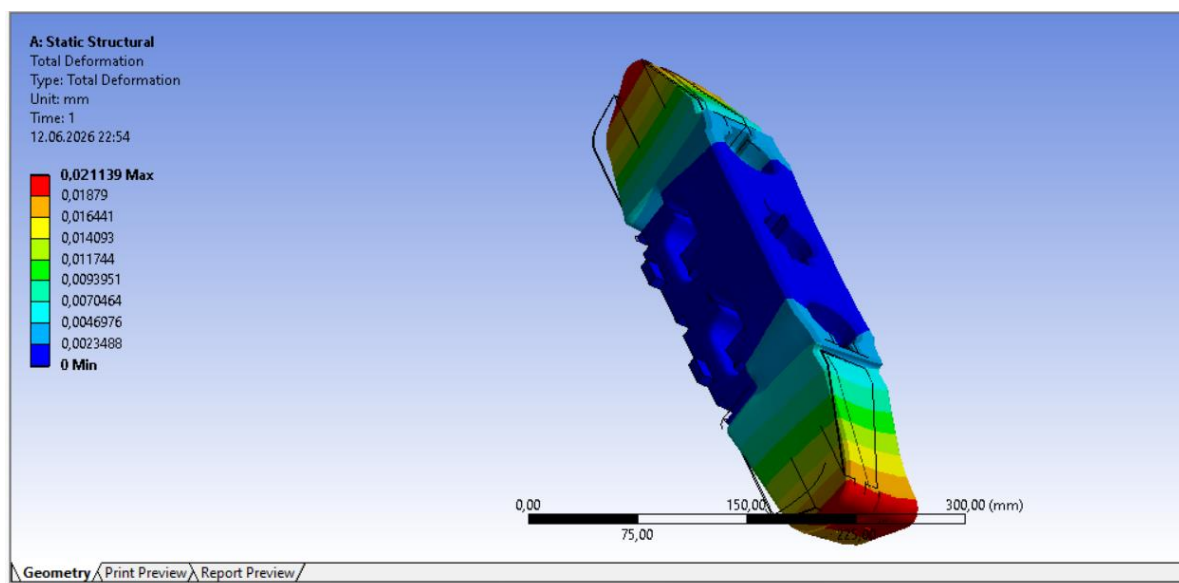


Рисунок 6.11 - Переміщення

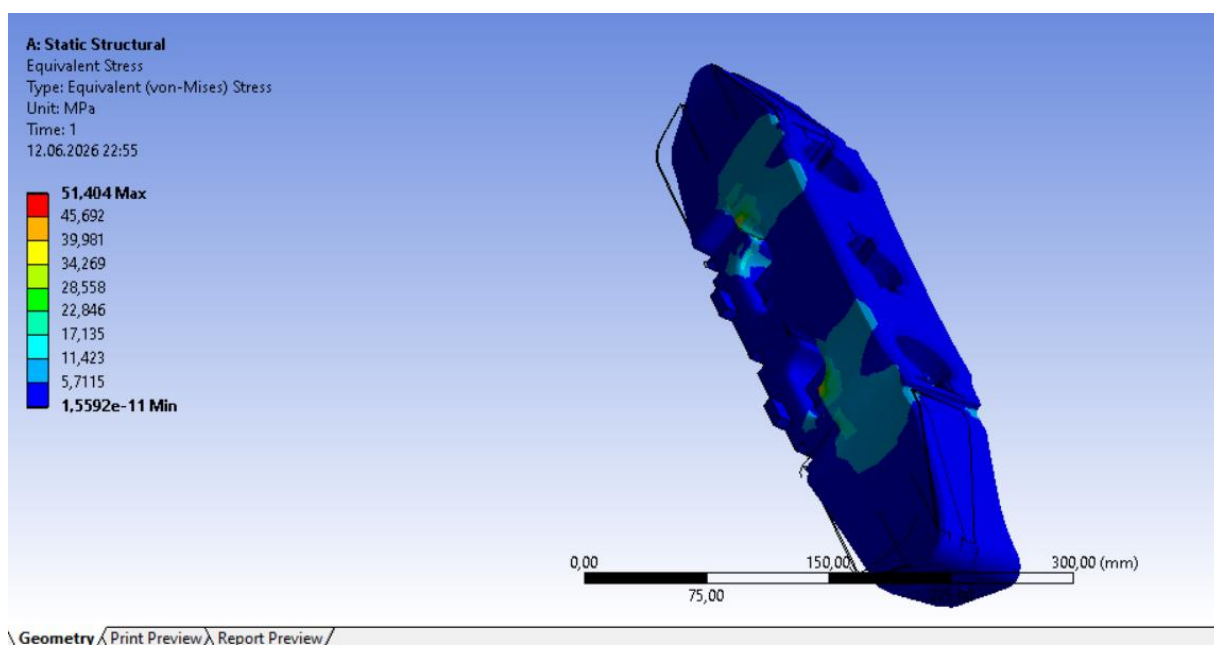


Рисунок 6.12 – Еквівалентні напруження

Розраховуємо коефіцієнт запасу Safety Factor (Рис 6.17)

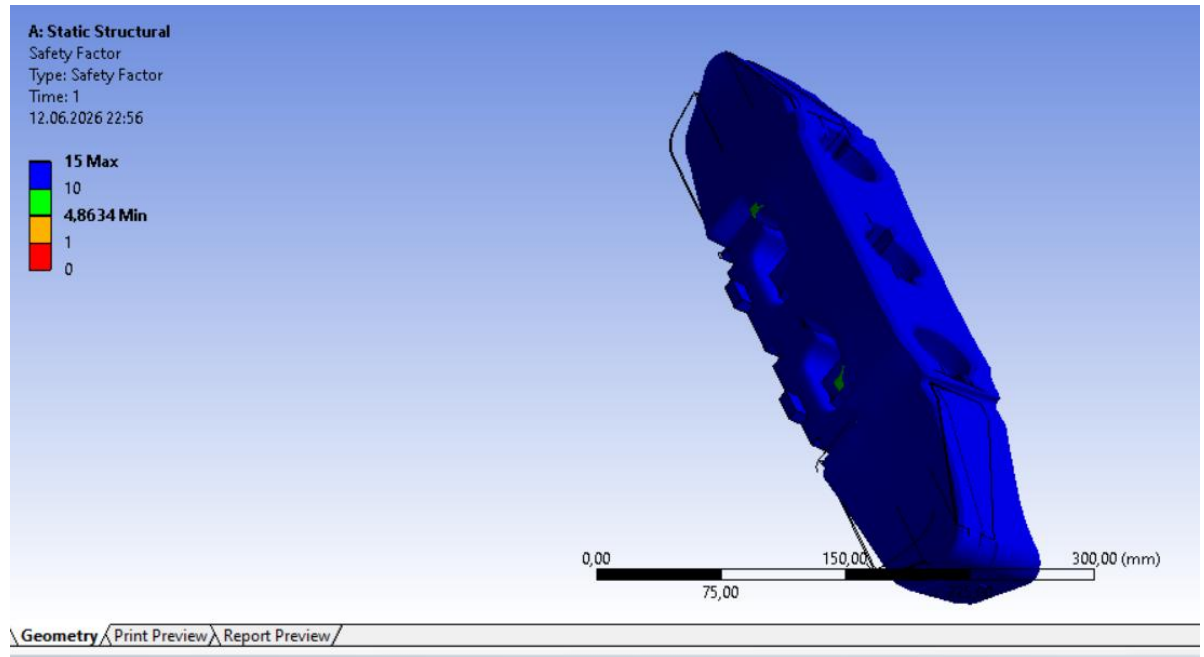


Рисунок 6.17 – Коефіцієнт запасу

Після розрахунків отримуємо дані:

Коеф запасу Міцності розрахунковий - 4.86

Значення максимального переміщення 0.0211 мм

Значення еквівалентних напружень $\sigma_{\text{екв}} = 51.404$ МПа

Отже маємо результат в якому конструкція не значно деформується після модернізації скребка

Розрахуємо коеф. Запасу міцності конструкції

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{\text{екв}}} = \frac{250}{51.404} = 4.86$$

Напруження конструкції менше допустимих отже конструкція працездатна

Висновок: з розрахунків порівнюємо конструкцію скребка до та після модернізації - Впроваджена модифікація конструкції скребка є успішною та повністю виправданою з інженерної точки зору.

Головний позитивний ефект модернізації — зниження максимального переміщення на 35% (з 0.0325 мм до 0.0211 мм), що забезпечує значно більшу жорсткість та геометричну стабільність виробу під навантаженням.

Незначне зростання еквівалентних напружень з 48.629 МПа до 51.404 МПа є цілком допустимим. Розрахунковий коефіцієнт запасу міцності хоч і змінився з 5.141 до 4.86, проте він залишається високим і суттєво перевищує мінімально необхідні норми.

Модифікований скребок демонструє кращі експлуатаційні характеристики, є повністю працездатним і надійним.

7. ОХОРОНА ПРАЦІ

Комплексна система охорони праці на підприємстві є базисом для запобігання виробничому травматизму, мінімізації ризиків виникнення професійних патологій, а також недопущення аварійних ситуацій, пожеж чи вибухів. Дана система функціонує в чітких межах чинного трудового законодавства .

Керуючись нормативно-правовими актами України у сфері безпеки праці, у межах цього дипломного проєкту на тему «Живильник скребковий з модернізацією скребків» виконано аналіз та розроблено заходи для створення нешкідливих умов роботи персоналу. Об'єкт дослідження (модернізований скребковий живильник) експлуатується в межах виробничої ділянки, параметри якої становлять: площа — 90 м², загальний об'єм приміщення (V) — 500 м³.

Процес оперативного керування та технічного обслуговування зазначеної технологічної установки супроводжується впливом низки потенційно небезпечних та шкідливих чинників виробничого середовища. До них належать: незадовільний стан повітряного середовища робочої зони, небезпека ураження електричним струмом, загроза виникнення пожежі, недостатній рівень або нераціональна організація виробничого освітлення, а також підвищений рівень шуму.

Повітря робочої зони

Склад та властивості повітряного середовища безпосередньо впливають на загальний стан здоров'я, динаміку стомлюваності та продуктивність праці робітників. Якість повітря визначається як комплексом мікрокліматичних показників (температура, вологість, рухливість повітря), так і присутністю сторонніх шкідливих домішок чи пилу. Гігієнічне регламентування параметрів внутрішнього середовища здійснюється на підставі ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Цей

документ визначає оптимальні та гранично допустимі мікрокліматичні показники з урахуванням періоду року, типу робочого місця та сумарних енерговитрат працівника.

Трудова діяльність оператора, який обслуговує скребковий живильник, за ступенем важкості класифікується як легка фізична праця. Такі роботи поділяють на категорії:

- **Категорія Іа:** рівень енерговитрат організму становить 151–200 ккал/год (175–232 Вт); робота пов'язана з постійним ходінням, переміщенням дрібних деталей або виробів у положенні стоячи. Вона відповідає режимам безпосереднього технічного обслуговування живильника, регулювання натяжного пристрою скребоків та візуального контролю завантаження жолоба.
- **Категорія Іб:** енерговитрати перебувають у межах 121–150 ккал/год; діяльність може виконуватися як сидячи, так і стоячи, та пов'язана з певним переміщенням.

Оскільки під час роботи живильника можливе виділення пилоподібних матеріалів, обладнання доцільно розміщувати у спеціальних транспортних галереях. Конструктивні елементи цих галерей мають бути виконані виключно з негорючих матеріалів та оснащені системами механізованого прибирання просипів і пилу.

Згідно з вимогами, температура зовнішніх поверхонь конструкцій живильника та внутрішнього устаткування в зоні роботи персоналу не повинна відхилятися від оптимальних значень температури повітря більш ніж на 2°C. Захист персоналу та стабілізація параметрів повітряного середовища реалізуються за допомогою комплексу організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та колективних заходів. Зокрема, застосовуються ефективні вентиляційні системи, здійснюється регулярний моніторинг концентрації шкідливих речовин у повітрі та підтримуються регламентовані параметри мікроклімату.

Електробезпека

Специфіка роботи промислового електрообладнання вимагає суворого контролю ризиків електротравматизму. Повсюдна автоматизація та висока концентрація електротехнічних засобів створюють постійну небезпеку для персоналу. Електротравми виникають у разі випадкового дотику людини до струмоведучих частин, що перебувають під напругою, або при наближенні до точок із різними потенціалами відносно землі.

Виробнича зона, де змонтовано пульт керування живильником, через специфіку умов експлуатації належить до категорії приміщень із підвищеною небезпекою ураження струмом. Енергоживлення живильника здійснюється від трифазної електромережі промислової частоти 50 Гц з номінальною напругою 220/380 В. Мережа обов'язково повинна мати глухозаземлену нейтраль з системою заземлення TN-S (або TN-C-S), а схема підключення — передбачати пристрої захисного відключення (ПЗВ) відповідно до вимог ДСТУ EN 61140:2019 «Захист від ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання». Електробезпека під час роботи з установкою забезпечується поєднанням конструктивних, схемних та стаціонарних захисних засобів, а також суворим дотриманням правил безпечної експлуатації електроустановок (ЕУ). Відповідно до Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), захисні заходи поділяють на дві основні групи:

1. Захист від прямого дотику (до частин, що нормально перебувають під напругою).
2. Захист у разі непрямого дотику (при виникненні аварійного потенціалу на металевих корпусах внаслідок пошкодження ізоляції).

Додатково реалізується комплекс організаційно-технічних рішень: постійний контроль стану ізоляційного покриття, використання безпечної малої напруги для кіл керування, подвійна ізоляція, розділення електричних мереж, забезпечення повної недоступності відкритих струмоведучих

елементів, захисне заземлення, занулення та видача засобів індивідуального захисту (ЗІЗ).

З метою мінімізації травматизму впроваджено такі практичні кроки:

- Розподільчі рубильники та комутаційна апаратура розміщуються у закритих спеціальних шафах;
- Силові кабельні лінії прокладаються всередині захисних металевих рукавів чи гофротруб;
- Впроваджено системи захисного автоматичного вимкнення живлення на випадок аварійних режимів;
- Усі металеві вузли та корпуси, які можуть опинитися під напругою через пробій ізоляції, оснащуються заземлювальними клемми;
- Місця приєднання заземлювальних провідників до корпусів живильника, електродвигуна та шаф керування позначаються міжнародним графічним символом заземлення відповідно до ДСТУ ІЕС 60417, а самі захисні провідники та шини мають розпізнавальне жовто-зелене забарвлення згідно з вимогами ПУЕ та ДСТУ EN 60445:2018.

Електрична міцність ізоляції кабелів та апаратури підлягає регулярній перевірці шляхом випробувань на пробій напругою 200 В із частотою 50 Гц упродовж 1 хвилини.

Пожежна безпека

Проектована автоматизована лінія розрахована на роботу в пожежонебезпечних зонах класу П-Па згідно з класифікацією ПУЕ. Відповідно до положень ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення», виробнича будівля за ступенем вогнестійкості відповідає II ступеню. Категорія приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою визначається згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та

пожежною небезпекою» і для даного типу виробництва зазвичай відповідає категорії В (пожежонебезпечна). Пожежна профілактика на об'єкті базується на трьох ключових напрямках: недопущення формування горючого середовища, виключення появи джерел запалювання та організація надійного протипожежного захисту. Загальновідомо, що пожежа можлива лише за одночасної наявності трьох факторів: окиснювача, горючої речовини та термічного імпульсу (джерела запалювання). Усунення або обмеження хоча б одного з елементів унеможливило виникнення горіння.

Згідно з ДСТУ 8828:2019, для запобігання утворенню горючого середовища впроваджуються такі заходи:

- Заміна (де це дозволяє технологія) легкозаймистих матеріалів на негорючі або важкогорючі аналоги;
- Суворе обмеження об'ємів і маси горючих речовин, що одночасно перебувають у цеху;
- Дотримання безпечних схем та регламентів зберігання матеріалів;
- Підтримання безпечної (вибухо- та пожежобезпечної) концентрації повітряного середовища;
- Флегматизація повітряного об'єму за рахунок контрольованого введення інертних компонентів;
- Надійна ізоляція зон із горючими матеріалами;
- Моніторинг та утримання в заданих межах тиску й температури середовища;
- Максимальний рівень автоматизації та механізації процесів, де використовуються небезпечні речовини;
- Розміщення пожежонебезпечного обладнання в ізольованих зонах, цехах або на спеціально обладнаних майданчиках;
- Використання систем захисту обладнання від механічних пошкоджень та аварійних руйнувань;
- Своєчасна утилізація пожежонебезпечних відходів виробництва, регулярне очищення транспортних галерей від просипів та пилу.

Щоб запобігти появі джерел запалювання, вживаються такі заходи:

- Експлуатація лише тих машин і механізмів, робота яких не викликає іскріння чи критичного перегріву;
- Встановлення апаратів швидкого захисного вимкнення потенційних джерел підпалу;
- Оснащення будівель та технологічних комплексів системами блискавкозахисту й контурами заземлення;
- Застосування обладнання, що задовольняє вимогам статичної іскробезпеки;
- Обмеження температури нагрівання поверхонь машин та матеріалів (вона не повинна перевищувати 80% від температури самозаймання речовин, присутніх у зоні);
- Повне виключення іскрових розрядів із енергією, що дорівнює або перевищує мінімальну енергію запалювання;
- Використання спеціального інструменту, що не утворює іскор при ударах та терті;
- Запобігання процесам хімічного, теплового чи мікробіологічного самозаймання матеріалів, регулярний огляд вузлів, що обертаються, та виключення їхнього контакту з відкритим вогнем;
- Неухильне дотримання чинних стандартів протипожежного режиму.

Проектування, монтаж та експлуатація електротехнічних засобів для пожежо- та вибухонебезпечних зон детально регламентуються нормами ДНАОП 0.00-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних електроустановок».

Виробниче освітлення

Рациональна організація світлового середовища є критично важливою для забезпечення зорового комфорту працівника, покращення координації рухів та підтримки високої працездатності. Якісне освітлення знижує загальну

втому, позитивно впливає на нервову систему, підвищує продуктивність праці та безпосередньо зменшує ймовірність помилок оператора і виробничого травматизму.

При проєктуванні штучного освітлення перевагу віддано люмінесцентним джерелам світла через їхню високу енергоефективність. Крім того, за своїм спектральним складом їхнє випромінювання є максимально наближеним до природного світла, що вкрай важливо при створенні суміщених систем освітлення. Для підтримки нормативних параметрів освітленості без перевитрат електроенергії організовується планове обслуговування, очищення та заміна ламп і віконного скла.

Керуючись вимогами ДБН В.2.5-28:2018 та зважаючи на специфіку технологічного процесу, характер зорової роботи оператора віднесено до **VIII розряду**. Для штучного освітлення ділянки передбачено встановлення 25 люмінесцентних ламп типу АД 1,5, які монтуються у спеціальних пілогазозахисних світильниках серії ПВМ-1-2х40. Фактичні показники освітленості на робочих місцях повинні відповідати або перевищувати нормативні значення з обов'язковим урахуванням коефіцієнта запасу.

Шум та вібрація

У виробничих умовах будь-яке шумове навантаження є шкідливим чинником, що негативно впливає на слуховий апарат, спричиняє загальне погіршення самопочуття, знижує концентрацію уваги та може спровокувати травмування через невчасне сприйняття звукових сигналів небезпеки.

Основними джерелами шуму під час роботи скребкового живильника є привідний електродвигун та редуктор. Зростання потужності сучасного обладнання та інтенсивності матеріальних потоків призводить до збільшення загального рівня звукового тиску.

Відповідно до санітарних норм ДСН 3.3.6.6.037-99, еквівалентні рівні шуму на постійних робочих місцях не повинні перевищувати встановлених граничних

величин (для більшості промислових цехів — до 80 дБ). Дотримання цього рівня гарантує збереження слуху у 97% робітників при стажі роботи до 10 років та у 94% — при стажі понад 20 років. Інструментальний контроль та гігієнічна оцінка рівня шуму мають проводитися за допомогою шумомірів не рідше ніж один раз на рік. Порядок розрахунку та вимірювання еквівалентних рівнів звуку також регламентується ДСН 3.3.6.6.037-99.

Зниження шумового впливу досягається насамперед за рахунок впровадження малозумних технологій та обладнання. У разі неможливості повного усунення шуму в джерелі, застосовують засоби індивідуального (навушники, беруші) та колективного (звукоізолюючі кожухи, екрани) захисту.

Тісно пов'язаним шкідливим фактором є вібрація. Для захисту від неї застосовують комплекс технічних, організаційних та лікувально-профілактичних заходів. Технічні рішення закладаються ще на етапі проєктування шляхом оптимізації кінематичних схем машин, що дозволяє знизити динамічні навантаження. Також ефективно використовуються методи віброгасіння, віброізоляції та вібропоглинання.

До організаційних методів належить контроль рівнів вібрації, планово-попереджувальний ремонт і перехід на дистанційне керування обладнанням. Конструктивні методи захисту передбачають зміну жорсткості системи, сил тертя, приведеної маси, а також інтеграцію демпферних пристроїв безпосередньо в структуру скребків та корпусу живильника.

Висновок до розділу

Проведений аналіз умов праці на виробничій ділянці площею 70 м² довів, що експлуатація модернізованого скребкового живильника супроводжується впливом комплексу небезпечних та шкідливих чинників. Запропоновані у розділі заходи колективного та індивідуального захисту, що базуються на вимогах чинного законодавства України та профільних нормативних документів (ДСН 3.3.6.042-99, ДСТУ 8828:2019, ДБН В.2.5-

28:2018 тощо), дозволяють повністю компенсувати шкідливий вплив пилу, шуму, вібрації та недостатнього освітлення. Завдяки впровадженню систем захисного заземлення, ПЗВ, пилогазо захищених світильників ПВМ-1-2х40 та використанню пожежобезпечного обладнання класу П-Па, створено безпечні, нешкідливі та комфортні умови для роботи обслуговуючого персоналу (операторів), що мінімізує ризики виробничого травматизму та профзахворювань.

8. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

8.1 Опис і призначення деталі

Півмуфта (Рис. 1) являє собою деталь механічного приводу, виконану у вигляді елемента з розширеною робочою частиною та хвостовиком із зовнішньою різьбою. Хвостовик призначений для жорсткого з'єднання муфти з валом або іншим елементом кінематичного ланцюга, що забезпечує надійну фіксацію, точне осьове позиціонування та можливість швидкого демонтажу у разі ремонту чи заміни. Робоча частина деталі безпосередньо бере участь у процесі передачі крутного моменту, забезпечуючи стабільний обертовий рух, а також сприяє компенсації динамічних навантажень і плавному функціонуванню всього приводного механізму.

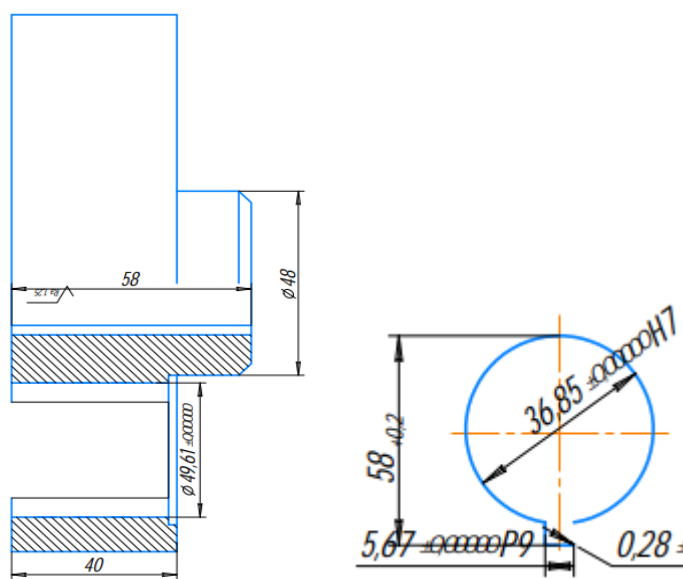


Рисунок 8.1 – Ескіз півмуфти

Матеріал деталі Сталь 45Х (ГОСТ 4543-71)

Як заготовка для виготовлення даної деталі використовується круглий прокат (Рис. 2), що має достатню міцність і зносостійкість в умовах експлуатації. У деяких випадках може застосовуватися поковка, яка забезпечує підвищені механічні властивості виробу. Заготовка виготовляється

з технологічними припусками, необхідними для подальшої механічної обробки зовнішніх поверхонь, формування робочої частини та нарізання різьби на хвостовику.

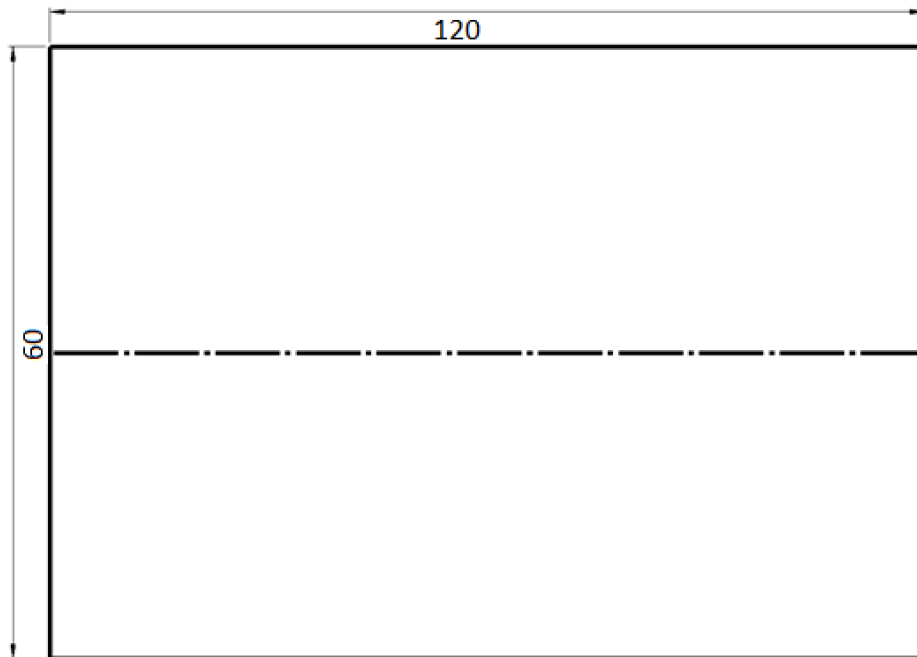
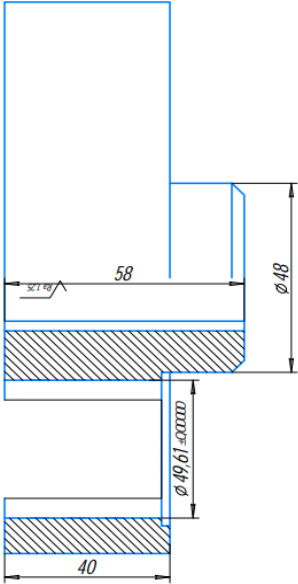


Рисунок 8.2 - Заготовка півмуги

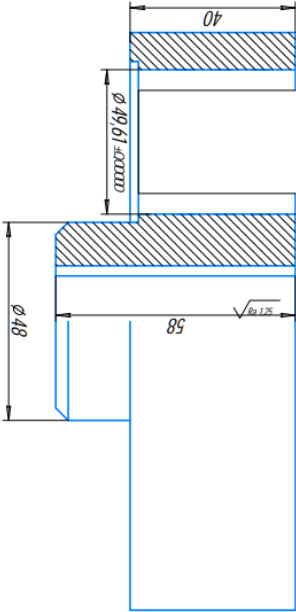
8.2 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

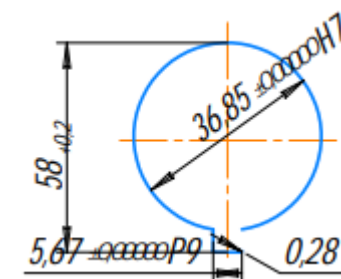
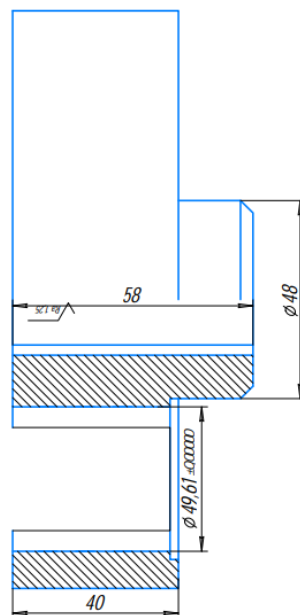
Розроблений технологічний процес виготовлення деталі складається з токарних, різьбонарізних, підрізних та шліфувальних операцій. Обробка деталі виконується із циліндричної заготовки на токарному верстаті з формуванням сферичної поверхні, шийки та циліндричного хвостовика. Детально технологічний процес описаний у МК, КЕ, ОК.

Дубл.														
Взамін.														
Підпис									Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата	
Розробив	Пашикін І.Є.			КПІ імені Ігоря Сікорського								005		
Перевірів	Борицький С.О.													
Н.контр.				Півмуфта								Н		



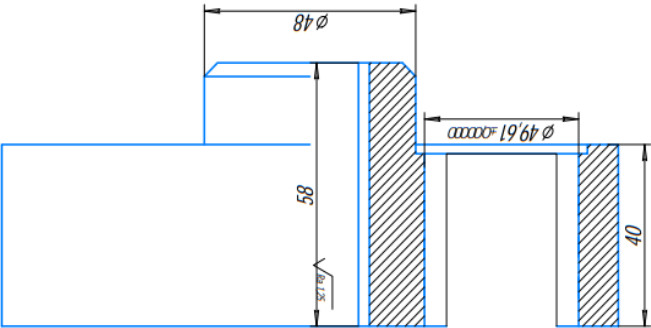
Дубл.														
Взамін.														
Підпис									Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата	
Розробив	Пашикін І.Є.			КПІ імені Ігоря Сікорського								010		
Перевірів	Борицький С.О.													
Н.контр.				Півмуфта								Н		



[illegible] KE

Обробка різанням

Дубл.														
Взамін.														
Підпис									Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата	
Розробив	Пашикін І.Є.			КПІ імені Ігоря Сікорського							020			
Перевірів	Борицький С.О.													
Н.контр.				Півмуфта								Н		



[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

8.3 Призначення пристосування для обробки деталі

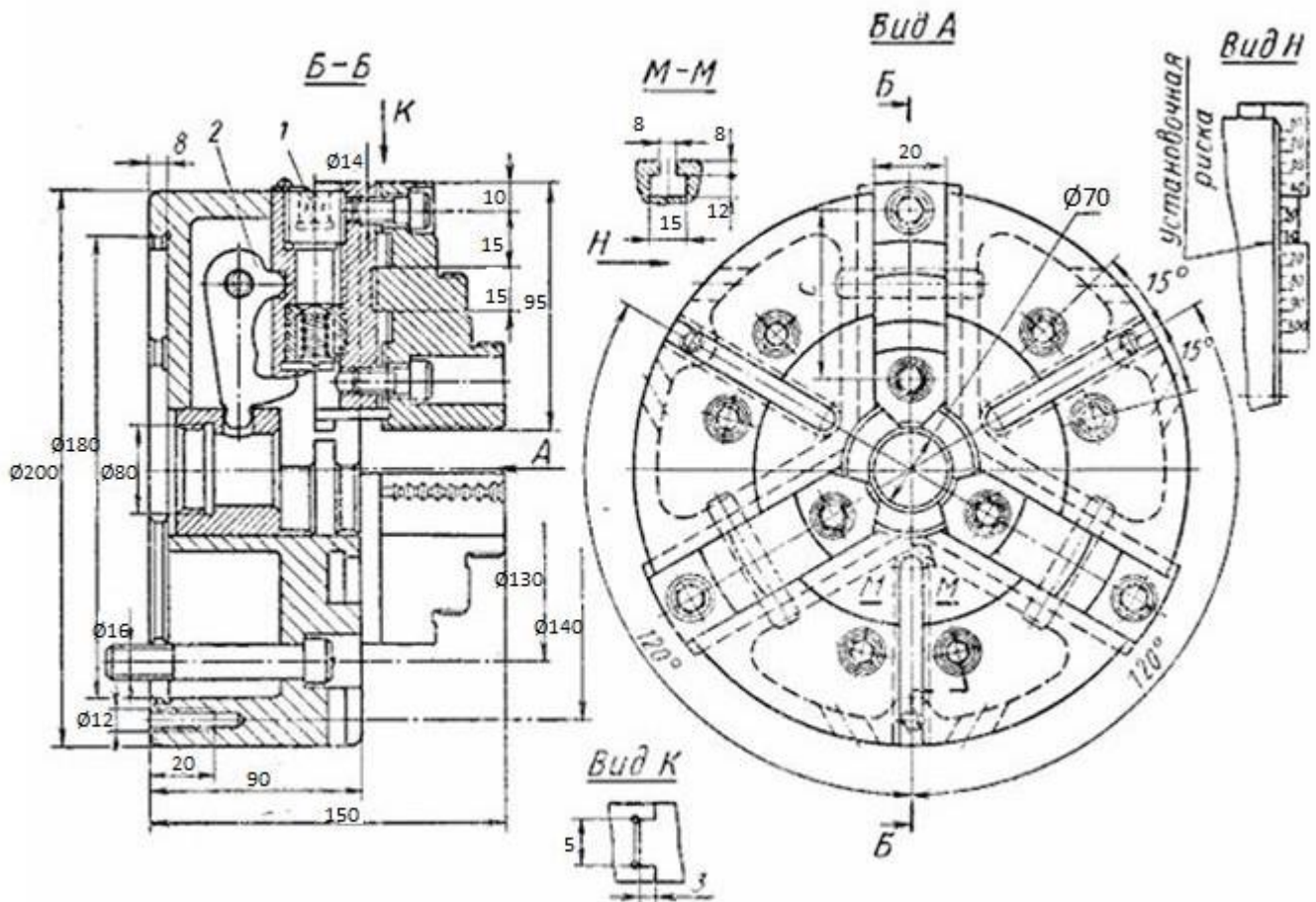


Рисунок 8.3 – Самоцентрований спіральний патрон

Для базування й надійного закріплення заготовки на токарному верстаті обрано трикулачковий самоцентрований спіральний патрон (Рис. 8.3). Цей пристрій є універсальним технологічним оснащенням для обробки деталей, що мають форму тіл обертання.

- Автоматичне центрування: Синхронне переміщення кулачків до центра (або від нього) забезпечується внутрішнім диском з архімедовою спіраллю. Це гарантує точне суміщення осі симетрії циліндричної заготовки з віссю обертання шпинделя, що мінімізує радіальне биття.
- Висока продуктивність: Одночасний рух усіх кулачків дозволяє оператору швидко встановлювати та знімати деталь за допомогою одного ключа. Це значно скорочує допоміжний час на підготовчо-

заклучні операції, що вкрай важливо для підвищення ефективності виробництва.

У якості вихідного матеріалу для деталі використовується круглий прокат (пруток). Заготовка фіксується в кулачках патрона із вильотом, достатнім для обробки всіх запланованих поверхонь за один установ (це дозволяє уникнути похибок базування при перевстановленні).

Під час технологічної операції послідовно виконуються такі переходи:

1. Підрізання торця — для формування чистової лінійної бази та забезпечення перпендикулярності до осі обертання.
2. Обточування циліндричного хвостовика та шийки — чорнове та чистове точіння зовнішніх поверхонь до досягнення заданих розмірів і шорсткості.
3. Точіння сферичної поверхні — фасонне обертання (за допомогою радіусного різця або за траєкторією, заданою системою ЧПУ).

Конструкція патрона забезпечує високе зусилля затиску, що дозволяє протидіяти силам різання, які виникають під час зняття стружки.

Технологічний ефект: Надійна фіксація заготовки у кулачках повністю нівелює ризик її осьового або радіального зміщення під дією крутного моменту. Оптимальна жорсткість закріплення гасить автоколивання (вібрації) в системі ВІДП (Верстат-Інструмент-Деталь-Пристосування). Це безпосередньо впливає на якість: запобігає появі мікронерівностей на поверхні деталі, забезпечує високу точність геометричних розмірів та виконання вимог щодо взаємного розташування поверхонь.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті на тему «Живильник скребковий з модернізацією скребка» успішно вирішено актуальне науково-технічне завдання, що полягає в підвищенні експлуатаційної надійності, довговічності та продуктивності транспортуючого обладнання, яке активно використовується в сучасній промисловості. На основі детального аналізу базової конструкції, проведення патентних досліджень та виконання комплексу інженерних розрахунків було науково обґрунтовано та реалізовано напрямок модернізації робочого органу живильника. Основна конструктивна зміна торкнулася геометрії та способу кріплення скребка, що дозволило звільнити корисний простір всередині транспортуючого жолоба шляхом винесення різьбових з'єднань на торцеві грані, а також суттєво знизити інтенсивність абразивного зношування завдяки інтеграції спеціальних полімерних ковзних вставок.

Виконаний комплекс параметричних, кінематичних та тягових розрахунків повністю підтвердив високу технологічну ефективність розробленого обладнання. Модернізований скребковий живильник забезпечує стабільне транспортування сипкого матеріалу з технічною продуктивністю 80 тонн за годину при довжині траси 25 метрів. На основі розрахованого максимального натягу ланцюгового контуру та сумарних динамічних навантажень було оптимально підібрано приводний комплекс, що складається з асинхронного двигуна потужністю 11 кВт та триступінчастого редуктора. Проведені перевіірочні розрахунки ведучого вала на сумісну дію згинання та кручення, а також оцінка довговічності підшипникових вузлів і стійкості ходових гвинтів натяжної станції засвідчили високу надійність конструкції та наявність необхідних нормативних запасів міцності.

Додатковим підтвердженням правильності прийнятих конструкторських рішень стали результати числового скінченно-елементного моделювання напружено-деформованого стану скребка в сучасних програмних комплексах. Порівняльний аналіз показав, що впровадження

коробчастої форми та оптимізація геометрії дозволили зменшити величину максимальних пружних деформацій робочого органу на 35% порівняно з базовим варіантом, забезпечуючи стабільну жорсткість елемента без критичного зростання еквівалентних напружень, які залишаються значно меншими за границю текучості матеріалу.

У технологічній частині проєкту було успішно розроблено прогресивний та економічно доцільний технологічний процес виготовлення відповідальної деталі привода — півмуфти зі сталі 45Х. Завдяки застосуванню сучасного токарного верстата з ЧПК, оптимізації послідовності технологічних операцій та раціональному підбору режимів різання вдалося досягти високої точності обробки та заданої шорсткості поверхонь в умовах серійного виробництва. Крім того, у роботі детально розглянуто питання охорони праці та екологічної безпеки. Спроектовані комплексні заходи захисту від виробничого пилу, шуму, вібрації, а також розроблені системи захисного заземлення та вибору вибухозахищеного електрообладнання повністю гарантують створення безпечних і нешкідливих умов праці для обслуговуючого персоналу відповідно до чинних державних стандартів України.

Таким чином, розроблений дипломний проєкт має важливе практичне значення для підприємств хімічної, будівельної та суміжних галузей промисловості. Запропонована модернізація дозволяє одночасно зменшити металоємність робочих органів, знизити питомі енерговитрати на транспортування, суттєво збільшити міжремонтний ресурс обладнання та забезпечити його стабільну, безаварійну та екологічно безпечну експлуатацію в складі сучасних автоматизованих пакувально-виробничих комплексів

ЛІТЕРАТУРА

1. Гевко Б. М., Ткаченко І. Г. Транспортуючі машини : підручник. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2012. 344 с.
2. Шаповалов В. В., Малащенко О. О. Машини безперервного транспорту : навчальний посібник. Харків : ХНАДУ, 2015. 280 с.
3. Воробйов В. В., Павлишин С. І. Конвеєри та транспортуючі системи : довідник-посібник. Київ : Вища школа, 2018. 412 с.
4. Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. В. Вантажопідйомні та транспортуючі машини. Атлас конструкцій : навчальний посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2021. 168 с.
5. Щербина В.Ю., Сівецький В.І., Гондляр О.В. Механічні процеси і обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів. Підготовка сировинних матеріалів і устаткування для змішування та формування [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2022. – 131с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/4573>
6. Малащенко В. О., Павлище В. П. Деталі машин. Курсове проектування : навчальний посібник. Львів : Новий Світ-2000, 2020. 320 с.
7. Щербина В.Ю., Лелека С.В., Безверхий І.О. Методологія проектування. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2024. 119 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/67997>
8. Павлище В. П. Основи конструювання та розрахунок деталей машин : підручник. 3-тє вид., перероб. і доп. Львів : Афіша, 2017. 556 с.
9. Коновалюк Д. М., Ковальчук Р. М. Деталі машин : підручник. Київ : Кондор, 2019. 584 с.
10. Клименко М. П., Костенко О. М. Проектування приводів технологічного обладнання : навчальний посібник. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. 245 с.

- 11.ДСТУ ISO 2148:2021. Безперервний транспорт. Конвеєри легкі скребкові та лоткові. Загальні вимоги безпеки (ISO 2148:1974, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.
- 12.Мікульонок І. О. Механічні та гідромеханічні процеси, апарати і машини хімічної технології : навчальний посібник. Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2018. 172 с.
- 13.Коваленко І. В., Малиновський В. В. Розрахунки основних процесів, машин та апаратів хімічних виробництв : навчальний посібник. Київ : Норіта-Плюс, 2007. 216 с.
- 14.Коваленко І. В., Малиновський В. В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв : підручник. Київ : Інрес ; Воля, 2005. 264 с.
- 15.Мікульонок І. О., Сокольський О. Л., Сівецький В. І., Радченко Л. Б. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів : навчальний посібник. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 200 с.
- 16.Гавва О. М., Беспалько А. П., Волчко А. І., Кохан О. О. Пакувальне обладнання : підручник. Київ : ІАЦ «Упаковка», 2010. 744 с.
- 17.НПАОП 25.0-1.04-13. Правила охорони праці на підприємствах з виробництва пластмасових виробів. Київ, 2013.
- 18.НПАОП 25.0-1.01-12. Правила охорони праці на об'єктах з переробки пластичних мас. Київ, 2012.
- 19.ДСТУ EN ISO 14120:2015. Безпечність машин. Огородження. Загальні вимоги до конструкції та виготовлення нерухомих і рухомих огорожень. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015.
- 20.ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Київ : МОЗ України, 1999.
- 21.ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ : Мінрегіон України, 2013.
- 22.ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ : Мінрегіон України, 2018.

- 23.ДСТУ EN 12464-1:2016. Світло та освітлення. Освітлення робочих місць у приміщеннях. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.
- 24.Патент України на корисну модель № 154087. Скребок для ланцюгового скребкового конвеєра / заявник та патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. Опубл. 27.09.2023.
- 25.Патент України на винахід. Скребковий конвеєр підвищеної надійності / База даних «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій (УКРНОІВІ)».
- 26.Патент України на корисну модель. Живильник скребковий для транспортування сипких матеріалів / База даних патентів України.
- 27.Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій (УКРНОІВІ). База патентів України. Режим доступу: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/586156/> (дата звернення: 15.06.2026).
- 28.ANSYS Mechanical User's Guide. Release 19.2. Canonsburg, PA : ANSYS Inc., 2018.
- 29.ANSYS Theory Reference. Release 19.2. Canonsburg, PA : ANSYS Inc., 2018.
28. <https://patents.justia.com/patent/8662287> (дата звернення: 15.06.2026).
29. <https://patents.justia.com/patent/4312443> (дата звернення: 15.06.2026).
30. https://www.ipqwery.com/ipowner/en/owner/ip/5542175-limited-liability-co-corum-group.html?utm_source (дата звернення: 15.06.2026).

ДОДАТКИ

Таблиця розглянутих патентів

№	Предмет пошуку	№ патенту, МПК, краї на, організація, автор	Ціль створення та суть заявленого технічного рішення
1.	КРУТОНАХИЛЕНИЙ СКРЕБКОВО-СТРІЧКОВИЙ КОНВЕЄР	<u>Україна</u> <u>№ 72323</u> <u>МПК В65G19/00</u> <u>2005р</u> <u>Автор</u> Литвинов Володимир Георгійович	Крутонахилений скребково-стрічковий конвеєр (далі КССК) призначений для транспортування кускуватої гірської маси під кутами до 45-55° з високою продуктивністю. Робочий орган КССК складається з скребкової та стрічкової частин. На скребках скребкової частини закріплені П-подібні ємності. Скребкова та стрічкова частини не пов'язані між собою і мають власні приводи, однак, рух стрічки стрічкової частини та рух ланцюга скребкової частини - синхронні, що досягається за рахунок особливої конструкції привода.
2.	СКРЕБОК ДЛЯ ЛАНКОВИХ ЛАНЦЮГІВ СКРЕБКОВИХ КОНВЕЄРІВ І СТОПОРНИЙ ЕЛЕМЕНТ ДЛЯ СКРЕБКА	<u>Україна</u> <u>№ 91720</u> <u>МПК В65G19/10</u> <u>2010р</u> <u>Автор</u> Мошинська Ніна Миколаївна	Винахід належить до скребка (10) для ланкових ланцюгів, зокрема скребкових конвеєрів з подвійним середнім ланцюгом, який складається з суцільного тіла скребка з головною перемичкою (2), що з'єднує два бічних крила (1) скребка, і щонайменше однією кишенею (5) для вкладання горизонтальної ланцюгової ланки (52) ланкового ланцюга і фіксації скребка (10) за допомогою стопорного елемента (40) для скребка. Для поліпшення захоплення сполученого з горизонтальними ланцюговими ланками скребка (10) і забезпечення можливості застосування скребків з новими ланковими ланцюгами канавки у внутрішніх сторонах (11) крил (1) скребка, а також зовнішніх сторонах проміжної перемички (6) проходять по висоті лож (15) для плечей до головної перемички (2) і утворюють гнізда для захоплювальних виступів (58) на зовнішніх поверхнях плечей (56) горизонтальних ланцюгових ланок (52). Винахід також належить до стопорного елемента (40) для скребка.

3.	ШТАМПОВАН ИЙ СКРЕБОК ДВОЛАНЦЮГ ОВОГО СКРЕБКОВОГ О КОНВЕЄРА	<u>Україна</u> <u>№ 87305</u> <u>МПК В65G19/06</u> <u>2009р</u> <u>Автор</u> Ричка Василь Лукич	Винахід належить до машинобудування й зможе знайти використання в тягових органах дволанцюгових скребкових конвеєрів. В основу винаходу поставлено задачу збільшення несучої здатності та зменшення ваги скребка і витрат матеріалу для його виготовлення, зниження затрат теплової енергії для нагріву заготовки й підвищення стійкості інструмента шляхом зміни конфігурації та зменшення площі поперечного перерізу середньої частини скребка. Поставлена задача вирішується тим, що в штампованому скребку, виконаному у вигляді продовгуватого прямокутного бруса з середньою основною частиною та кінцевими ділянками з подовжніми пазами на бокових сторонах й отворами для жорсткого скріплення зі з'єднальними кільцями ланок круглокольцевих ланцюгів скребкового конвеєра, на верхній та нижній сторонах середньої частини скребка виконані заглиблення траншейного вигляду з нахиленими торцевими стінками. Заглиблення починаються від площин поперечних перерізів закінчення подовжніх пазів й виконані на всю довжину середньої частини симетрично горизонтальній та вертикальній подовжнім площинам симетрії скребка..
4.	РОБОЧИЙ ОРГАН ТРУБЧАТОГО СКРЕБКОВОГ О КОНВЕЄРА	<u>Україна</u> <u>№ 19549</u> <u>МПК В65G19/04</u> <u>1997р</u> <u>Автор</u> Бесклубенко Анатолій Миколайович	Винахід належить до безперервного транспорту. Робочий орган містить круглоланковий ланцюг, закріплені на ланках ланцюга скребки у вигляді дисків, кожний з яких виконаний складеним, включає пару напівдисків з пластичного матеріалу і пару напівдисків металевих, сполучених між собою болтами. Кріплення скребків до ланок ланцюга виконане за допомогою вкладишів, кожний з яких має форму прямокутного тіла з пазами на бічних поверхнях для розміщення в них напівдисків, встановленої всередині ланки ланцюга, при цьому лінія рознімання напівдисків з пластичного матеріалу розташована перпендикулярно лінії рознімання металевих напівдисків.

```

#include <iostream>
#include <cmath>
#include <iomanip>

using namespace std;

int main()
{
    setprecision(3);
    cout << fixed;

    // Исходные данные
    double K = 3.0;
    double Q = 80.0;

    double v = 0.48;
    double gamma = 0.75;
    double Cb = 0.9;
    double Kz = 1.2;
    double eta = 0.8;
    double L1 = 9.0;
    double H = 2.4;
    double w0 = 1.0;
    double g = 9.81;

    // =====
    // 1. Ширина жолоба
    // =====
    double b = sqrt((K * Q) / (3600 * Cb * gamma * v));

    cout << "Ширина жолоба b = "
    << b << " м" << endl;

    double hb = b / K;

    cout << "Висота скребка hb = "
    << hb << " м" << endl;

    // =====
    // 2. Потужність привода
    // =====
    double N = (Kz * Q / (367 * eta))

```

```

* (w0 * L1 + H);

cout << "Потужність привода N = "
<< N << " кВт" << endl;

// =====
// 3. Тяговий розрахунок
// =====
double K2 = 0.9;

double qm = Q / (3.6 * v * K2);

cout << "Лінійна маса вантажу qm = "
<< qm << " кг/м" << endl;

double q0 = 0.8 * qm;

cout << "Лінійна маса тягового органу q0 = "
<< q0 << " кг/м" << endl;

double Smin = 3000.0;

double Smax =
qm * (w0 * 10.0 + H) * g
+ Smin;

cout << "Максимальний натяг Smax = "
<< Smax << " Н" << endl;

// =====
// 4. Динамічне навантаження
// =====
double C = 1.5;
double L = 20.0;
double Z0 = 8.0;
double tc = 0.109;

double Sdyn =
(6 * M_PI * (qm + C * q0)
* L * pow(v, 2) * g)
/ (pow(Z0, 2) * tc);

```

```

cout << "Динамічне зусилля Sdyn = "
<< Sdyn << " Н" << endl;

double Prozr = Smax + Sdyn;

cout << "Розрахункове тягове зусилля P = "
<< Prozr << " Н" << endl;

// =====
// 5. Перевірка продуктивності
// =====
double hb_std = 0.20; // 200 мм
double psi = 0.6;

double Qcheck =
3600 * K
* hb_std * hb_std
* psi * Cb
* gamma * v;

cout << "Перевірочна продуктивність Q = "
<< Qcheck << " т/год" << endl;

return 0;
}

```

Перш. викор.	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
Справ. №					<u>Документація</u>		
	А1			ЛУ21.075165.000-90СК	Складальне креслення	1	
					Складальні одиниці		
Підп. і дата	А1	1		ЛУ21.075165.001-90СК	Рама	1	
	А1	2		ЛУ21.075165.002-90СК	Привідна станція	1	
	А1	3		ЛУ21.075165.003-90СК	Натяжна станція	1	
					Стандартні вироби		
		9			Ланцюг зварний		
					ГОСТ 2319-81		
		10			Болт фундаментний		
					ГОСТ 24379.1-80		
		11			Болт М10х80		
				ГОСТ 7808-70			
Взам. інв. №		12			Гайка М10 ГОСТ 2524		
		13			Шайба 10 ГОСТ 6402		
Підп. і дата							
Інв. № подл.	Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ЛУ21.075164.000-90СП	
	Розроб.	Пашкін І.Е				Літ.	Аркцш
	Перев.	Герасименко				1	1
	Нач. КБ					Живильник скредковий	
	Н. контр.					з модернізацією скредків	
	Затв.	Сокольський				КПІ ім Ігоря Сікорського	

Копіював

Формат А4

Перш. викор.		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
						<u>Документація</u>		
		A1			ЛУ21.075165.000-90СК	Складальне креслення	1	
						Складальні одиниці		
		A2	1		ЛУ21.075165.003-90СК	Вал	1	
		A3	2		ЛУ21.075165.004-90СК	Півмуфта	1	
		A3	3		ЛУ21.075165.005-90СК	Колесо	1	
						Деталі		
			8			Шайба спеціальна	2	
			9			Прокладка	2	
			10			Прокладка	2	
			11			Прокладка	2	
			12			Кришка	1	
			13			Кришка	1	
			14			Днище	1	
			15			Полоса	1	
			16			Накладка	2	
			17			Скоба	1	
		ЛУ21.075164.001-90СП						
		Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		
		Розроб.	Пашкін І.Е					
		Перев.	Герасименко					
		Нач. КБ						
		Н. контр.						
		Затв.	Сокольський					
		Привідна станція скредкового живильника					Літ.	Аркцш
							1	2
							КПІ ім Ігоря Сікорського	

Копіював

Формат А4

Перш. викор.	Формат		Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
	Зона						
Справ. №			18		Пластина		
			19		Гребінка		
Підп. і дата					Стандартні вироби		
					Болти ГОСТ 7798-70		
			25		M8-6d x 16.46.019	6	
			26		M8-6d x 20.46.019	26	
			27		M8-6d x 25.46.019	8	
			28		M16-6d x 65.46.019	4	
Інв. № докл.					Гайки ГОСТ 5915-70		
			32		M8.6H.5.019	34	
			33		M16.6H.5.019	4	
					Шайби ГОСТ 6402-70		
			36		8.65Г.019	8	
			37		16.65Г.019	4	
Взам. інв. №					Шайба 8.02.СЗ.016	8	
			40		ГОСТ 6958-70		
Інв. № подл.							
ЛУ21.075164.001-90СП						Арк	
						2	

Копіював

Формат А4



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **108846** (13) **C2**

(51) МПК

B65G 19/22 (2006.01)**B65G 19/24** (2006.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2011 11811	(72) Винахідник(и):	Фішер Франк (DE), Клінгбайль Віллі (DE), Келер Маттіас (DE), Тіппессен Уве (DE), Віртц Йорг (DE), Віак-Сіманн Ельмар (DE)
(22) Дата подання заявки:	05.03.2010	(73) Власник(и):	КАТЕРПІЛЛАР ГЛОБАЛ МАЙНІНГ ЮРОП ГМБХ, Industriestrasse 1, 44534 Lunen, Germany (DE)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.06.2015	(74) Представник:	Слободянюк Оксана Олександрівна, реєстр. №216
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Парижської конвенції:	10 2009 003 595.8	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	DE 2353005 A1, 30.04.1975 US 2094789 A, 05.10.1937 WO 2004/065270 A1, 05.08.2004
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Парижської конвенції:	10.03.2009		
(33) Код держави-учасниці Парижської конвенції, до якої подано попередню заявку:	DE		
(41) Публікація відомостей про заявку:	10.11.2011, Бюл.№ 21		
(46) Публікація відомостей про видану патенту:	25.06.2015, Бюл.№ 12		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/IB2010/050965, 05.03.2010		

(54) СКРЕБОК ДЛЯ ЛАНЦЮГОВОГО СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРА

(57) Реферат:

Винахід стосується скребка (10) для ланцюгового скребкового конвеєра, що включає в себе головну перемичку (12), на якій утворена область (13) приєднання ланцюга для приєднання скребка (10) до скребкового ланцюга, і лопаті скребка для спрямування скребка по бічних профілях і дну ланцюгового скребкового конвеєра. Для створення скребок, за допомогою яких може бути досягнута вища продуктивність конвеєра, відповідно, зменшення необхідної потужності приводу, що інсталиється, і які мають також можливість заміни зношеного або несправного скребка, відповідно до винаходу передбачено, що лопаті скребка складаються із утримуючої ділянки (14), що закріплена на металевій головній перемичці (12), і пластмасової ковзної вставки (40), що рознімно закріплюється на цій ділянці (14). Для ковзних вставок (40) і їх фіксації пропонуються різні варіанти здійснення.

UA 108846 C2

Винахід стосується скребка для ланцюгового скребкового конвеєра, що включає в себе головну перемичку, на якій утворена область приєднання ланцюга для приєднання скребка до скребкового ланцюга, і лопаті скребка для спрямування скребка по бічних профілях і дну ланцюгового скребкового конвеєра, при цьому кожна з лопатей скребка складається із закріпленої на металевій головній перемичці утримуючої ділянки і рознімно закріпленої на цій утримуючій ділянці пластмасової ковзної вставки.

При видобутку мінералів, зокрема, при підземних гірських роботах, застосовуються ланцюгові скребкові конвеєри, які можуть бути виконані у вигляді одноланцюгових або дволанцюгових скребкових конвеєрів. Такого роду ланцюгові скребкові конвеєри застосовуються, зокрема, як забійні конвеєри, у яких матеріал, що відбивається на великих довжинах забою, повинен безперервно відводитися за допомогою скребків, закріплених на циркулюючому скребковому ланцюгу, і передаватися на інші транспортувальні пристрої, такі як штрехові конвеєри, які також можуть складатися з стрічкових конвеєрів. Ланцюговий скребковий конвеєр частіше за все на двох своїх кінцях забезпечений ланцюговим приводом, за допомогою якого нескінченний, циркулюючий у верхній гілці конвеєра і нижній гілці конвеєра скребковий ланцюг приводиться в рух разом з приєднаними до нього скребками.

Скребок для так званого скребкового конвеєра з подвійним центральним ланцюгом, що включає в себе перемичку скребка, область приєднання ланцюга і виконані суцільно на перемичці скребка лопаті скребка, відомий з публікації DE 102 25 341 C1, на яку тут посилаються для доповнення даного опису.

У рівні техніки давно прагнуть скоротити до мінімуму зусилля, що передаються від відповідних приводів циркулюючого скребкового ланцюга, щоб знизити інсталювані потужності приводів або при однаковій потужності одержати можливість транспортування великих кількостей за допомогою того ж самого скребкового ланцюга. У EP 1 276 685 B1 для цього пропонується, щоб скребковий ланцюг і/або скребок щонайменше частково складався з пластмаси з високою механічною міцністю, що має властивості самогасильного, важкозаймистого і антистатичного матеріалу. Завдяки застосуванню пластмаси як матеріалу для виготовлення скребкового ланцюга і/або скребка повинно забезпечуватися зниження ваги скребка, за рахунок чого може закладатися менша інсталювана потужність приводів або, відповідно, може перероблятися більший об'єм транспортування. По одному з прикладів здійснення в EP 1 276 685 B1 скребок повинен складатися з металевої оболонки, внутрішній простір якої заповнений пластмасою, а за іншим прикладом здійснення скребок, а по можливості також і скребковий ланцюг, повинен повністю виготовлятися з належної пластмаси.

З WO 2004/048234 A1 відома можливість виготовлення всього скребка з пластмаси, при цьому пластмасовий скребок повинен з'єднуватися із ланками металевого скребкового ланцюга, що складаються з металу. Щоб забезпечити внутрішнє з'єднання між скребком і ланцюгом, повністю скребок, що складається з пластмаси повинен приливатися безпосередньо до ланок скребкового ланцюга. Недолік при цьому полягає в тому, що виготовлення з'єднання може здійснюватися тільки на поверхні землі, через що для заміни таких скребків доводилося б доставляти весь скребковий ланцюг з-під землі на поверхню землі. Заміна окремих скребків у вбудованому стані скребкового ланцюга в ланцюговому скребковому конвеєрі неможлива.

З DE 23 53 005 A1 відомі скребки для одноланцюгового конвеєра, у якого одна петля однорядного ланцюга вставляється між головною перемичкою і верхньою стороною замикаючого елемента ланцюга, щоб з'єднати скребок з однорядним ланцюгом. Поверхня ковзання скребка для зменшення шуму і зносу складається з пластмаси. Для цього на нижню сторону замикаючого елемента ланцюга може бути нанесене покриття у вигляді пластмасової поверхні ковзання, або вона забезпечується пластмасовою планкою, яка закріплена в поперечному пазу, що проходить уперек напрямку руху, який має форму ластівчиного хвоста. Крім того, кінці лопатей скребка можуть складатися з замінованих пластмасових ковпачків, кожен з яких за допомогою затиснутої втулки закріплений на утримуючій ділянці на головній перемичці. Пластмасові ковпачки зі своєї нижньої сторони забезпечені потовщеннями для ковзання.

Для скребкового конвеєра з подвійним центральним ланцюгом з WO 2004/065270 відома можливість виготовлення головної перемички і замикаючого елемента ланцюга з різних матеріалів з метою скорочення до мінімуму ваги скребка. Як матеріали для верхньої частини головної перемички пропонуються пластмаса, алюміній або керамічні матеріали, щоб одержати як можна більш легковесну верхню частину. Кінці скребка можуть також складатися з кінцевих ковпачків, які рухомо закріплені за допомогою затиснених втулок і з'єднання в шпунт і гребінь на верхній частині, для чого на головній перемичці виконані утримуючі ділянки, які утворюють гребінь і входять в горизонтальний паз на внутрішніх сторонах кінцевих ковпачків.

Задачею винаходу є створити скребок для ланцюгового скребкового конвеєра, за допомогою якого при високому терміні служби може бути досягнута вища продуктивність конвеєра або, відповідно, зниження необхідної потужності приводу, що інсталиється, і які також забезпечать можливість зміни або заміни зношеної або несправної скребки під землею.

- 5 Ця задача відповідно до винаходу вирішується за допомогою того, що кожна утримуюча ділянка забезпечена двома металевими бічними ребрами, які знаходяться один від одного на відстані проміжного простору, при цьому на пластмасових ковзних вставках утворений проміжний простір для прийому надставки ковзного елемента. Запропоноване винаходом рішення, отже, передбачає створення також металевої приєднувальної області або, відповідно, 10 області приєднання ланцюга між скребком і скребковим ланцюгом над головною перемичкою і одночасно розміщення пластмасових ковзних вставок, які можуть рознімно з'єднуватися з металевою головною перемичкою. Головна перемичка і утримуючі ділянки утворюють металевий корпус скребка з найбільшою, залежно від матеріалу, міцністю. Кожна утримуюча ділянка забезпечена двома бічними ребрами, які знаходяться один від одного на відстані проміжного простору, при цьому між бічними ребрами виконаний проміжний простір для прийому надставки ковзного елемента з пластмаси на ковзних вставках. Залежно від величини і 15 розміру бічних ребер, які переважно можуть виступати вниз за головну перемичку і, зокрема, також приблизно визначати максимальну висоту скребка, може бути досягнуте переміщення матеріалу, що відбивається по суті тільки за допомогою металевих поверхонь, а саме, головної перемичкою, з одного боку, і бічними ребрами утримуючих ділянок, з іншого боку, на відміну від чого ковзні вставки з суттєво легшої пластмаси переважно виконують тільки напрямну функцію для скребок і утворюють контактні поверхні з ланцюговим скребковим конвеєром. Бічні ребра виконують тоді захисну функцію для ковзних вставок і перешкоджають, щонайменше значною мірою, безпосередньому контакту між матеріалом, що відбивається і пластмасою ковзних 20 вставок.

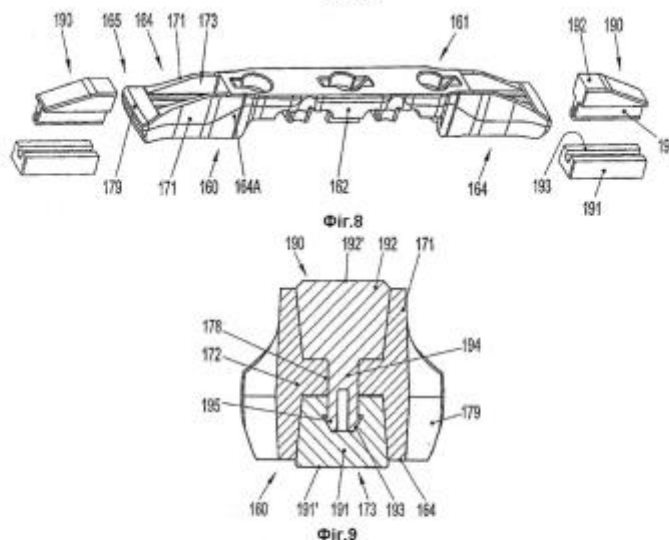
- Пластмасові ковзні вставки можуть при цьому переважно повністю утворювати поверхні ковзання або, відповідно, напрямні поверхні, за допомогою яких відповідний скребок прямує по бічних профілях або по дну ланцюгового скребкового конвеєра. Пластмасові ковзні вставки служать тоді не тільки чисто заповнюючими елементами, призначеними для зниження ваги, як частково запропоновано в рівні техніки, але і виконують також напрямну функцію, завдяки чому одночасно може бути зменшений знос дна конвеєра, оскільки він при експлуатації ланцюгового скребкового конвеєра більше не взаємодіє з металевими поверхнями, а взаємодіє з поверхнями ковзання з пластмаси.

- У переважному варіанті здійснення утримуючі ділянки виконані як одне ціле з головною перемичкою і складаються з того ж матеріалу, що і головна перемичка. Завдяки цьому стає можливим, щоб головна перемичка і утримуючі ділянки могли складатися з відливних деталей, при необхідності також з кованих деталей, і їм можна було надавати форму, яка могла мати як можна меншу кількість кутів або кромок, а замість цього плавні переходи. Але головна перемичка і утримуюча ділянка могли б також виготовлятися окремо і приварюватися одна до 40 одної.

- Основна ідея винаходу, а саме, кріплення пластмасових ковзних вставок до корпусу скребка з металу, в принципі може застосовуватися практично у всіх конструкціях скребок, які вже були запропоновані в рівні техніки. У особливо переважному варіанті здійснення запропонованого винаходом скребка на нижній стороні головної перемички між утримуючими ділянками виконаний закладний карман, і цей закладний карман може закриватися знизу за допомогою 45 замикаючого елемента, завдяки чому між нижньою стороною головної перемички і верхньою стороною замикаючого елемента утворена область приєднання ланцюга. Замикаючий елемент може переважно також складатися з металу і належним чином шляхом з'єднання гвинтами, шляхом з'єднання штифтом, за допомогою затискового хомута і т. п. бути прикріпленим до головної перемички. Також переважно головна перемичка на своїй нижній стороні і/або замикаючий елемент на своїй верхній стороні можуть бути забезпечені декількома полицями для полиць, для полиць ланок подвійного центрального скребкового ланцюга, щоб забезпечити особливо сприятливе опираючі між металевим корпусом скребка, з одного боку, і металевими ланками ланцюга, з іншого боку. Щоб одночасно досягнути особливо сприятливого і міцного на зсув з'єднання між замикаючим елементом і головною перемичкою, переважно, щоб утримуючі ділянки на своїх обмежуючих закладний карман задніх сторонах були забезпечені пазами для введення з геометричним замиканням ребрових ділянок на вільних кінцях замикаючого елемента. Тоді достатньо вставити замикаючий елемент знизу в закладний карман, завдяки чому ділянки ребер входять в пази і закріплюють замикаючий елемент з геометричним замиканням в напрямку руху на металевому корпусі скребка, що складається з головної 60 замикаючої області.

перемички і утримуючих ділянок. Засоби стопоріння між замикаючим елементом і головною перемичкою тоді практично повністю розвантажуються від відповідних зусиль. Як може здійснюватися таке з'єднання між замикаючим елементом і головною перемичкою з пазами на внутрішніх сторонах лопатей скребка, окремо описано в DE 102 25 341 C1, на зміст опису якого тут посилаються в доповнення до даного опису.

- 5 За одним з переважних варіантів здійснення проміжний простір за допомогою переважно горизонтально розташованої поперечної полиці може бути розділений на ділянки проміжного простору, при цьому кожна ділянка проміжного простору виконана для прийому надставки ковзного елемента на ковзній вставці.
- 10 В одному з варіантів здійснення ковзна вставка може бути виконана в формі затискача і на кінцях затискних полиць, що знаходяться на відстані одна від одної, утворюючих надставки ковзного елемента і з'єднаних одна з одною в центральній частині, забезпечена стопорними виступами як засобами фіксації. Ці стопорні виступи можуть тоді переважно входити в заглиблення на поперечній полиці і подібно гачку, що зачіпається з піднутренням фіксуватися на металевому корпусі скребка. З'єднання з гачком, що зачіпається, яке може виготовлятися або відкремлюватися з використанням здатності до деформації, пластмасової ковзної вставки, що має форму затискача, завдяки бічним ребрам знаходиться в захищеній, навантаженої області, і тому може без додаткових стопорних елементів здійснювати надійну фіксацію ковзних вставок на утримуючих ділянках металевих корпусів скребків. Альтернативно або додатково
- 20 ковзні вставки можуть мати затискні полиці, які забезпечені поперечними отворами для проходження засобів фіксації, таких як, наприклад, затискних втулок, важко навантажених штифтів і т. п. Ковзна вставка може бути також виконана в формі затискача і мати дві затискні полиці різної довжини, з'єднані в центральній частині і утворюючі надставки ковзного елемента, при цьому переважно центральна частина забезпечена поперечним отвором для проходження стопорного штифта як засобу фіксації.
- 25



Комп'ютерна верстка Д. Шведрун

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601

