

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

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ **О.Л. Сокольський**

«_____» _____ 2023 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему: «Живильник скребковий з модернізацією скребків»

Студентка групи IV к. ЛУ-91
(шифр групи)

Матвієнко Діана Олександрівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник проєкту:

Герасименко Ю.Ю.
(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультанти з питань

МОДЕРНІЗАЦІЇ _____ **Щербина В.Ю.**

ТЕХ. МАШ. _____ **Борщик С.О.**

ОХОРОНА ПРАЦІ _____ **Ковтун А.І.**

РЕЦЕНЗЕНТ _____

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

Студентка _____

Київ 2023 рік

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

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **О.Л. Сокольський**

«__» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студентці

Матвієнко Діані Олександрівні

1. Тема проєкту «Живильник скребковий з модернізацією скребків», керівник проєкту Герасименко Юлія Юріївна, затверджені наказом по університету від 26.05.2023 р. № 2024-с.
2. Термін подання студентом проєкту 18.06.2023 р.
3. Вихідні дані до проєкту: вид живильника – скребковий живильник, вид вантажу – вапняк, насипна густина $\rho = 2,8$ т/м³, продуктивність $Q = 65$ т/год, довжина живильника $L = 25$ м, кут нахилу $\beta = 30^\circ$, швидкість транспортування, $v = 0,37$ м/с, кількість зубців приводної зірочки – 9.
4. Зміст пояснювальної записки: Вступ. Призначення й галузь застосування виробу, що проєктується. Технічна характеристика базової машини. Опис конструкції, її основних частин і принципу дії. Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування модернізованої конструкції. Охорона праці. Очікувані механіко-економічні показники. Висновки.
5. Перелік графічного матеріалу: Живильник скребковий з модернізацією скребків, Скребок модернізований, Результати розрахунків скребка в програмному забезпеченні ANSYS, Натяжна станція, Технологічна схема подрібнення та сушіння вапняку, Скальчатий кондуктор консольного типу з пневматичним зажимом.

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 17.04.2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ. Технічна характеристика	17.04.23 – 24.04.23	
2	Призначення і галузь застосування	25.04.23 – 29.04.23	
3	Опис конструкції і принцип дії	30.04.23 – 02.05.23	
4	Літературно-патентний огляд та обґрунтування модернізації	03.05.23 – 09.05.23	
5	Розрахунки, що підтверджують працездатність	10.05.23 – 16.05.23	
6	Графічна частина	17.05.23 – 23.05.23	
7	Охорона праці	24.05.23 – 30.05.23	
8	Технологія машинобудування	31.05.23 – 12.06.23	
9	Висновки	13.06.23 – 15.06.23	

Студентка

Д.О. Матвієнко

Керівник проекту

Ю.Ю. Герасименко

Зміст дипломного проєкту

Реферат (укр.).....	2
Реферат (англ.).....	2
Перелік позначень.....	2
Пояснювальна записка.....	27
Розрахунки.....	32
Технологія машинобудування.....	15
Загальні висновки.....	2
Перелік посилань.....	2
Додатки.....	18

Реферат

Дипломний проєкт бакалавра на тему: «Живильник скребковий з модернізацією скребків». Виконавець – студ. групи ЛУ-91 Матвієнко Д.О., керівник – асистент Герасименко Ю.Ю..

Дипломний проєкт містить текстову і графічну частини. Текстова частина має 3 розділи і додатки., загальний обсяг – 91с., 23 іл., 3 табл., 20 джерел посилань. Графічна частина містить 5 креслень формату А1, 1 креслення формату А2 та плакат з результатами розрахунків формату А1.

Об'єктом проєктування та розробки є скребковий живильник для дозування та транспортування сипучих матеріалів.

Мета проєкту полягає в розробці та проєктуванні скребкового живильника згідно з технічним завданням на базі відомого рівня техніки за допомогою аналізу розглянутих основних аспектів модернізації скребків, їх переваг та вплив на ефективність роботи скребкового живильника, а також у впровадженні модернізованої конструкції скребків до спроектованого обладнання.

Як методи розробки і проєктування були використані параметричні, кінематичні, проєктувальні розрахунки за відомими методиками та нормативними документами.

На основі аналітичного огляду науково-технічної літератури, патентних досліджень, інженерно-технічних розрахунків та нормативної і конструкторської документації отримані наступні результати:

- 1) вивчено конструкцію і принцип роботи скребкових живильників, проаналізовано їх технічні характеристики і параметри;
- 2) виконано параметричні розрахунки, що є необхідним для розробки і проєктування скребкового живильника, згідно з технічним завданням;
- 3) на основі патентних досліджень проведено модернізацію скребків;
- 4) розроблено і спроектовано живильник скребковий для дозування сипучих матеріалів з модернізованими скребками;

5) виконано креслення загального виду скребкового живильника та складальні креслення вузлів.

6) розглянуто технологію виготовлення скребків з модернізованою конструкцією.

7) за результатами роботи надруковані тези та зроблена доповідь на всеукраїнській конференції.

СКРЕБКОВИЙ ЖИВИЛЬНИК, СКРЕБОК, ЛАНЦЮГ, ВАПНО,
МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗРАХУНКИ, ПРИВІД, ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Abstract

Bachelor's degree project on the topic: "Scraper feeder with modernization of scrapers". Performer - student of the LU-91 group Diana Matvienko, supervisor - assistant Yuliia Herasymenko.

The diploma project contains text and graphic parts. The text part has 3 sections and appendices, the total volume is 91 pages, 23 illustrations, 3 tables, 20 sources of references. The graphic part contains 5 A1 drawings, 1 A2 drawing, and a poster with the results of A1 calculations.

The object of design and development is a scraper feeder for dosing and transporting bulk materials.

The purpose of the project is to develop and design a scraper feeder according to the terms of reference based on the known state of the art by analyzing the main aspects of the scraper modernization, their advantages and impact on the efficiency of the scraper feeder, as well as to implement the modernized scraper design into the designed equipment.

Parametric, kinematic, and design calculations were used as development and design methods according to well-known methods and regulatory documents.

Based on an analytical review of scientific and technical literature, patent research, engineering and technical calculations, and regulatory and design documentation, the following results were obtained

- 1) the design and principle of operation of scraper feeders were studied, their technical characteristics and parameters were analyzed;
- 2) parametric calculations were performed, which is necessary for the development and design of a scraper feeder, according to the technical specifications;
- 3) based on patent research, the scrapers were modernized;
- 4) developed and designed a scraper feeder for dosing bulk materials with modernized scrapers;

5) drawings of the general view of the scraper feeder and assembly drawings of the components were made.

6) the technology of manufacturing scrapers with a modernized design was considered.

7) based on the results of the work, the abstracts were published and a report was made at the all-Ukrainian conference.

SCRAPER FEEDER, SCRAPER, CHAIN, LIME, MODERNIZATION,
CALCULATIONS, DRIVE, NUMERICAL MODELING

Перелік позначень

a_c – крок скребків, мм;

$B_{\text{ж}}$ – ширина жолоба живильника, мм;

F_a – осьова сила в зачепленні, Н;

F_r – радіальна сила в зачепленні, Н;

F_t – колова сила в зачепленні, Н;

g – прискорення вільного падіння м/с^2 ;

$h_{\text{ж}}$ – висота жолоба живильника, мм.

L – довжина живильника, м;

$M_{\text{зв}}$ – сумарний момент у небезпечному перерізі, Н·м;

M – сумарний згинальний момент у небезпечному перерізі, Н·м;

N_p – розрахункова потужність електродвигуна, кВт;

$n_{\text{дв}}$ – частота обертання електродвигуна, об/хв;

n_{σ} – запас втомної міцності на згин;

n_{τ} – запас втомної міцності на кручення;

Q – продуктивність, т/год;

Q_p – розрахункова продуктивність живильника, т/год;

q_B – погонне навантаження від вантажу, кг/м;

q_0 – погонне навантаження від ланцюгів із скребками, кг/м;

$S_{\text{дин.}}$ – розрахункове зусилля динамічного натягу ланцюга в набігаючій вітці живильника, Н;

$S_{\text{ст}}$ – максимальний статичний натяг ланцюга, Н;

S_p – повне розрахункове зусилля ланцюга, Н;

$t_{\text{л}}$ – крок ланцюга, мм;

W_T – тягове зусилля, Н;

z – кількість зубців приводної зірочки;

β – кут нахилу живильника, град.;

$\eta_{\text{заг}}$ – загальний ККД приводу;

μ – коефіцієнт тертя вантажу по матеріалу жолоба;

ρ – густина вантажу, т/м³;

v – швидкість транспортування, м/с;

ω_B^I – коефіцієнт опору переміщення вантажу від тертя його по дну і стінках жолоба;

ω_0^I – коефіцієнт тертя ковзання скребків по дну жолоба;

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Живильник скребковий з модернізацією
скребків»**

Київ – 2023 року

ЗМІСТ

Вступ.....	2
1. Призначення та галузь використання скребкового живильника	4
2. Опис конструкції, її основних частин та принципу дії	6
3. Опис технологічного процесу виробництва, в якому бере участь машина.....	9
4. Літературний та патентний огляд стану питання по напрямкам можливої модернізації.....	11
5. Охорона праці.....	17
5.1 Повітря робочої зони	17
5.2 Електробезпека.....	18
5.3 Пожежна безпека.....	20
5.4 Виробниче освітлення	22
5.5 Шум	22
6. Очікувані механіко-економічні показники	25
Висновки	27

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Живильник скребковий з модернізацією скребків		Лім.	Арк.	Акрушіє
Розроб.		Матвієнко Д.О.							
Перевір.		Герасименко Ю.Ю.						1	27
Реценз.							НТУУ КПІ ім. І.Сікорського		
Н. Контр.									
Затверд.		Сокольський О.Л.							

Вступ

Скребкові живильники використовуються в різних галузях промисловості для транспортування таких матеріалів, як вугілля, зола та інші мінерали. Перевагами цих живильників є їхня висока продуктивність і здатність швидко та ефективно переміщувати великі обсяги матеріалу, що робить їх ідеальними для застосувань, які вимагають високої пропускної здатності.

Скребкові живильники універсальні, оскільки можуть працювати з широким спектром матеріалів, як вологих, так і сухих. Вони також можуть використовуватися в різних галузях промисловості, таких як гірничодобувна промисловість, енергетика та виробництво цементу. Вони також потребують мінімального технічного обслуговування, що зменшує час простою і витрати на обслуговування. Скребкові живильники відомі своєю надійністю і довговічністю, тому вони часто використовуються в галузях, де потрібна безперервна робота.

Скребкові живильники часто дешевші за інші подібні системи, що робить їх економічно вигідним варіантом у багатьох галузях промисловості. Крім того, вони часто розробляються з урахуванням вимог охорони навколишнього середовища, з енергоефективними двигунами і використанням перероблених матеріалів.

Тому скребкові живильники є популярним вибором у широкому спектрі галузей промисловості. Вони надійні, універсальні, економічно ефективні і вимагають мінімального обслуговування, що робить їх ідеальними для багатьох сфер застосування, де можлива подальша розробка.

Однак, з впровадженням нових технологій та зростанням вимог до продуктивності, скребкові живильники потребують модернізації для покращення їх функціональності, ефективності та надійності. Метою даної дипломної роботи є впровадження модернізації скребкових живильників з метою підвищення їх продуктивності та надійності. Для досягнення цієї мети будуть використані комплексні дослідження, аналіз сучасних тенденцій та практик у сфері живильників, а також числове моделювання.

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

Модернізація скребкових живильників має кілька переваг: модернізовані скребкові живильники розроблені з використанням передових технологій, які дозволяють значно підвищити швидкість, потужність і надійність. Старі скребкові системи схильні до поломок та інших проблем, які можуть поставити під загрозу безпеку оператора. Крім того, вони можуть потребувати частого технічного обслуговування і ремонту, що може бути дорогим і трудомістким. Модернізація системи може заощадити час і гроші в довгостроковій перспективі за рахунок зменшення потреби в технічному обслуговуванні та ремонті.

Загалом, модернізація скребкового живильника оптимізує роботу компанії та підвищить прибутковість за допомогою покращення функціональних характеристик обладнання, зменшення витрат на обслуговування та ремонт, а також підвищення загальної продуктивності системи живлення, забезпечуючи при цьому безпеку працівників і мінімізуючи вплив на навколишнє середовище.

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

1. Призначення та галузь використання скребкового живильника

Скребкові живильники – це тип підйомно-транспортного обладнання, що використовується для транспортування матеріалу на великі відстані, підйому матеріалу на велику висоту, транспортування матеріалу на високих швидкостях або в гарячих чи агресивних середовищах.

Призначення скребкового живильника – контроль потоку матеріалу та забезпечення ефективної роботи наступного обладнання на лінії.

Технічні характеристики скребкових живильників можуть відрізнятися залежно від конкретної конструкції і застосування, але деякі загальні риси можуть включати продуктивність, розмір, потужність, матеріали конструкції, елементи керування і вимоги до технічного обслуговування.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика скребкового живильника

Вид вантажу	Вапняк
Продуктивність живильника	65 т/год
Густина вантажу	2,8 т/ м ³
Довжина живильника	25 м
Швидкість транспортування	0,37 м/с
Кут нахилу	30°
Крок ланцюга	35 мм
Кількість зубців приводної зірочки	9

Загалом, технічні характеристики скребкових живильників залежать від вимог конкретного застосування та процесу обробки матеріалу. Правильний вибір, монтаж і технічне обслуговування обладнання важливі для забезпечення оптимальної продуктивності та уникнення простоїв.

Скребкові живильники застосовуються в галузях, які вимагають обробки великих обсягів сипучих матеріалів, таких як гірничодобувна промисловість, енергетика, виробництво цементу і хімічна промисловість.

Гірничодобувна промисловість – основна сфера застосування скребкових живильників, які використовуються для транспортування корисних копалин з шахти на збагачувальну фабрику. У будівельній галузі скребкові живильники використовуються для транспортування таких матеріалів, як камінь і пісок на будівельних майданчиках.

У цементній промисловості вони використовуються для подачі сировини, такої як вапняк і глина, в печі для переробки в цемент. В енергетиці скребкові живильники використовуються для подачі вугілля і золи в котли для виробництва енергії. Вони також слугують в сільському господарстві для транспортування зерна та інших сільськогосподарських продуктів.

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

2. Опис конструкції, її основних частин та принципу дії

Як вже було зазначено скребкові живильники використовуються для подачі і транспортування різних матеріалів, таких як зерно, корми, мінеральні добрива і вапно. Скребкові живильники зазвичай складаються з таких основних елементів, як бункер, скребок, привід і розвантажувальна труба.

Розглянемо конструкцію обладнання на прикладі одного з найпопулярніших живильників в технічному оснащенні гірничо-металургійних підприємств. Загальний вигляд цього живильника зображено на рис. 2.1.

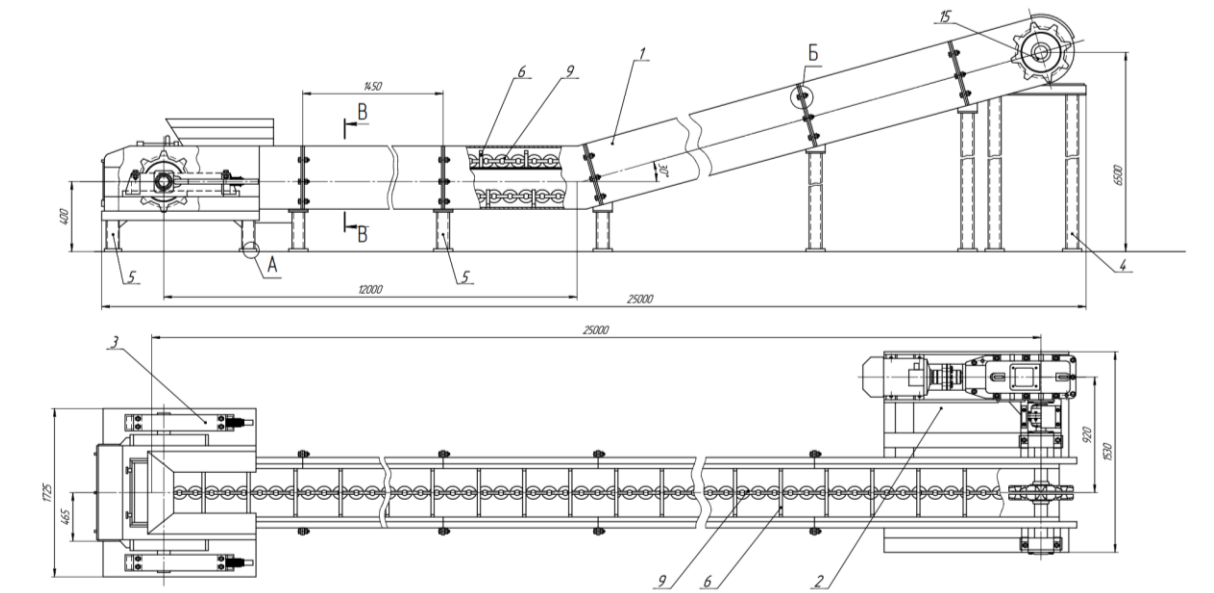


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд живильника скребкового

Живильник КС-400 – це скребковий живильник, який використовується для подачі сипучого матеріалу з бункера на конвеєр або подібний пристрій.

Основними конструктивними елементами цього живильника є ланцюгова стрічка, яка є основним рухомим елементом конвеєра. На неї натягнуті спеціальні пластини для забезпечення транспортування різних матеріалів. Редуктор, який передає механічну енергію від електродвигуна до ланцюгового полотна, зазвичай розташований в нижній частині живильника та складається з зубчастої передачі та мотор-редуктора, привід – виконує роль джерела енергії для руху обладнання.

Привід може бути електричним або гідравлічним. Рамна конструкція – основна несуча конструкція конвеєра, складається з декількох частин, з'єднаних між собою звареними секціями з профільних труб, що забезпечують стійкість і надійність конструкції, на яку монтується ланцюгова стрічка і редуктор. Бункер може бути встановлений на виході або вході живильника і може зберігати матеріал, що транспортується. Датчики безпеки допомагають запобігти аварійним ситуаціям, зупиняючи роботу системи в разі блокування рухомих елементів або перевищення температури.

На додаток до основних елементів, КС-400, і будь-який інший скребковий живильник, може бути оснащений додатковими пристроями, такими як валкові станції, датчики рівня і завантажувальні бункери, в залежності від функціонального призначення.

Принцип роботи скребкового живильника. Сипучий матеріал із зони зберігання потрапляє на зміщені скребкові лопаті, які переміщують матеріал вперед і переносять його на вертикальний вал. Привід забезпечує необхідну швидкість, передаючи рух на ланцюгову стрічку через редуктор. Рамна конструкція надійно підтримує конвеєр, а бункер може зберігати матеріал, що транспортується.

У процесі роботи матеріал передається на наступну скребкову лопать, яка також рухається вперед. Цей процес триває до тих пір, поки матеріал не досягне останнього скребка, де він збирається і передається на конвеєр або інший транспортний засіб.

Більшість скребкових живильників мають дві лопаті на різній висоті. Це дозволяє оптимізувати кількість матеріалу, яку може переносити скребок. Додаткові елементи конструкції можуть включати спеціальні лопаті для зменшення зносу скребка і відповідні механізми для контролю швидкості і натягу ланцюга.

Якщо живильник має важільну конструкцію, скребок може також рухатися під кутом. Коли скребок досягає максимальної висоти, матеріал падає з нього і транспортується до місця призначення через розвантажувальну трубу.

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

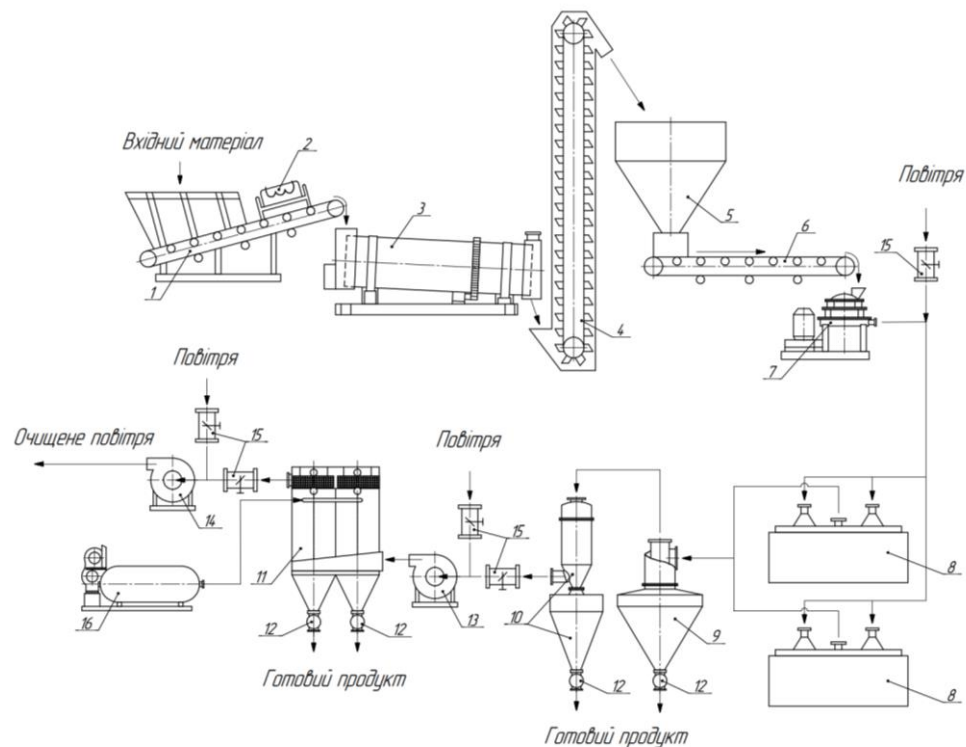
Скребкові живильники дозволяють регулювати рух скребка за необхідності, що дозволяє точно контролювати дозування матеріалу. Цей тип живильників також дуже ефективно працює з щільними матеріалами з низькою стійкістю до стирання.

Серед переваг скребкових живильників можна виділити ефективність та високу продуктивність, так як сипучі матеріали можна швидко і ефективно переміщати зі складу на конвеєри та інші транспортні засоби. Також вони є довговічними і надійними через простоту конструкції. Перевагою також є можливість автоматизації самого процесу і налаштування швидкості подачі та інших параметрів обладнання відповідно до виробничих потреб.

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

3. Опис технологічного процесу виробництва, в якому бере участь машина

Лінія подрібнення та сушіння вапняку (рис.3.1) – це комплекс обладнання та технологій, що використовуються для виробництва вапняку з сировини у вигляді вапнякових порід, таких як вапняк, мергель, доломіт і т.д.



1 – живильник скребковий; 2 – магнітний сепаратор; 3 – сушильний комплекс; 4 – елеватор; 5 – видатковий бункер із шиберною головкою;
6 – живильник стрічковий ПЛ-500; 7 – млин МЦВ-3;
8 – млин роторно-струменевий МРС-2/770; 9 – циклон-бункер ЦП-4,5;
10 – пиловловлювач П ПЦ-2,0 з бункером; 11 - рукавний фільтр ФРІ-60;
12– живильник секторний ПС-1В; 13 – вентилятор ВВС; 14 – вентилятор середнього тиску; 15 – шиберні заслінки; 16 – компресор.

Рисунок 3.1 – Технологічна схема подрібнення та сушіння вапняку

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Вихідний матеріал завантажується в скребковий похилий живильник 1. Живильник має регулювання швидкості стрічки та змінну площу на вихідному перерізі бункера (шиберна заслінка).

Над стрічкою живильника встановлений магнітний сепаратор 2 для уловлювання металевих включень. Живильник подає матеріал до завантажувальної камери сушильного комплексу 3, де відбувається процес видалення вологи з добутого вапняку до допустимого рівня до 1%.

Висушений матеріал завантажується ланцюговим елеватором 4 у видатковий бункер 5 стрічкового живильника 6. Живильник забезпечує рівномірну регульовану подачу матеріалу до млина МЦВ-3 7, де відбувається подрібнення матеріалу до фракції – 2 мм. Потім матеріал з потоком повітря надходить паралельно до двох млинів МРС-2/770 8, в яких відбувається подрібнення матеріалу до фракції 200 мкм.

Після млина матеріал потрапляє по продуктопроводу послідовно в систему циклон-бункера ЦБ-4,5 9 та пиловловлювача П ПЦ-2,0 10. Ступінь очищення пилоповітряної суміші більше 99%. Пилоподібні частинки дрібної фракції вловлюються у рукавному фільтрі 11. Готовий матеріал із бункерів за допомогою секторних живильників 12 відвантажується в транспортну тару.

Вентилятори 13, 14 призначені для забезпечення необхідного потоку матеріалу в продуктопроводах лінії, що регулюється шибєрними заслінками 15. Компресор 16 здійснює регенерацію рукавів фільтра за рахунок зворотного продування повітрям.

Далі процес передбачає пакування – вапняк завантажують у мішки або контейнери та готують до відправлення.

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

4. Літературний та патентний огляд стану питання по напрямкам можливої модернізації

Метою огляду літератури та патентів є виявлення та аналіз існуючих рішень і технологій в області скребкових живильників, а також оцінка їх ефективності та аплікабельності. Огляд полягає у виявленні переваг та недоліків існуючих рішень, а також у визначенні потенційних вдосконалень для підвищення якості та продуктивності скребкових живильників. Розглянуті дослідження в області скребкових живильників проводяться саме для вдосконалення їхньої ефективності та надійності.

У роботі [2], що містить журнал "International Journal of Mining Science and Technology", в 2019 році, розглянуто вплив геометрії скребків на ефективність транспортування матеріалів. Результати показали, що збільшення кута нахилу скребка і зменшення відстані між скребками можуть збільшити продуктивність живильника.

Проведено дослідження, опубліковане у журналі "International Journal of Mechanical Sciences" в 2020 році, що стосувалося впливу динамічних навантажень на надійність скребкових живильників [3]. Дослідження показало, що підвищення швидкості живильника може призвести до збільшення динамічних навантажень на скребки, що може вплинути на їхню тривалість служби.

В статті [4], що опублікована у журналі "Materials Science Forum" в 2018 році розглянуто вплив температури на зносостійкість скребкових живильників, а також розглядалися методи зменшення зносу скребків в умовах високих температур.

Враховуючи спрямованість досліджень, конструкції живильників мають проблеми зі зношенням ланцюга, витратами на технічне обслуговування через проблему зносостійкості скребків, традиційний скребковий живильник надзвичайно не зручний у використанні через незручність заміни скребків та для регулювання відстані між скребками.

Метою літературно-патентного огляду є усунення вказаних вище недоліків за рахунок удосконалення конструкції скребкового живильника, впровадження

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

довговічного та економічно ефективного рішення для скребкових ланцюгових систем.

Зважаючи на недоліки відомого рівня техніки, корисна модель [5] передбачає скребок для двостороннього ланцюгового скребкового живильника, що вирішує проблеми нестійкої фіксації та незручного розбирання та складання скребка у відомому рівні техніки.

В [6] запропонована модернізація скребка, що забезпечує ефективне рішення для підтримки цілісності конвеєрної системи та забезпечення ефективного та безпечного переміщення матеріалів.

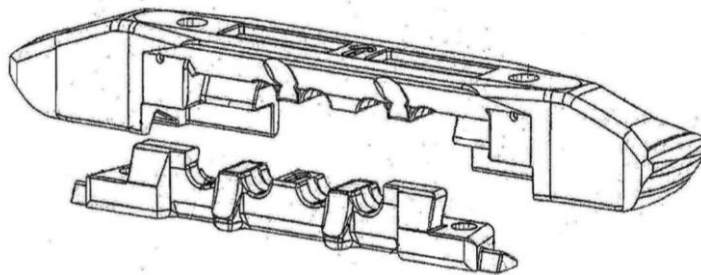


Рисунок 4.1 – Вид скребка в корисній моделі [6]

Скребок складається з опорної пластини, зносостійкого леза та механізму кріплення. Лезо виготовлено з матеріалу, який може витримувати знос рухомих матеріалів. Однією з унікальних особливостей цієї конструкції скребка є те, що зносостійкий шар можна замінити окремо від корпусу скребка. Це зменшує витрати на технічне обслуговування та продовжує термін служби скребка. Крім того, корпус скребка має вигнуту форму, яка призначена для збільшення площі контакту між скребком і конвеєрною стрічкою. Це допомагає запобігти зісковзуванню матеріалу з конвеєра під час транспортування.

Метою модернізації скребка в [7] є вирішення проблем, які пов'язані з терміном служби скребка, і також тим, що скребок часто знаходиться в неправильному положенні. У цій роботі пропонується застосування вигнутої форми корпусу скребка (рис. 4.2), яка розроблена для покращення контакту між скребком і конвеєрною стрічкою, що зменшує ймовірність зісковзування матеріалу під час транспортування.

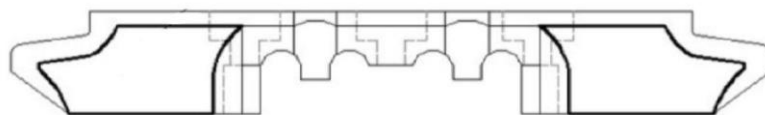
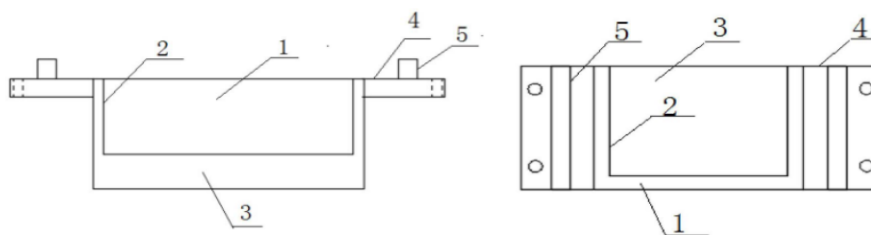


Рисунок 4.2 – Структурна схема сторони скребка

Корисна модель [8] містить модернізацію скребкового вузла і скребкового живильника. Скребковий вузол містить щонайменше два скребки та два транспортувальні ланцюги, які використовуються для приведення скребків у рух. Два ланцюги розташовані на відстані, а скребок з'єднаний між ними, поздовжній переріз скребкової пластини є трикутним. Завдяки тому, що поздовжній переріз скребкової пластини має таку форму, коли скребкова пластина штовхає матеріали, матеріали не можуть накопичуватися на скребковій пластині, і не можуть бути спричинені відходи матеріалів.

Метою корисної моделі [13] є створення скребка та скребкового живильника, що можуть вирішити проблеми зношення ланцюга, зменшення терміну служби скребка і витрат на технічне обслуговування.

У технічній схемі корисної моделі (рис. 4.3), розташувавши ковш на корпусі скребка, можна ефективно запобігти зворотному потоку кам'яного вугілля в секції нагнітання, збільшити кількість видалення шлаку, зменшити швидкість обертання скребкового живильника та зменшити знос обладнання.



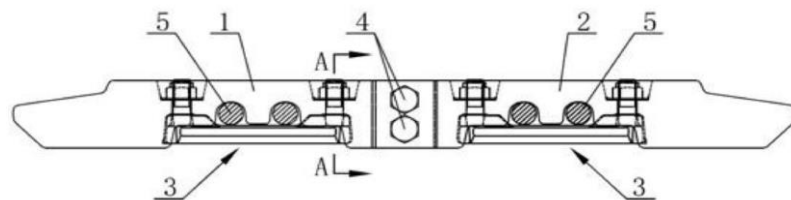
1 – нижня пластина, 2 – бічна пластина, 3 – перегородка, 4 – сполучна пластина, 5 – направляюча пластина

Рисунок 4.3 – Вид скребка, описаного в корисній моделі [13]

Корисна модель [9] розкриває механізм переміщення скребкового живильника. В ній завдяки спільному використанню обертової ручки, обертового вала, ведучої конічної шестерні, веденої конічної шестерні, двостороннього гвинтового стрижня, затискного блоку та затискної канавки можна швидко зняти верхню та нижню скребкові пластини. Розглянута модернізація позитивно впливає на ефективність роботи завдяки вирішенню проблеми з заміною скребків через спрощення конструкції.

Проблема технічного обслуговування та заміни дволанцюгового скребка може бути вирішена за допомогою [10] створення роздільного скребка для скребкового живильника для полегшення обслуговування та заміни скребка.

Ліва та права скребкові пластини міцно з'єднані болтами (рис. 4.4), мають високу міцність і їх зручно від'єднувати, вони приблизно на 40% коротші за звичайні скребкові пластини, і їх можна швидко від'єднати та замінити, якщо скребкові пластини зламані або деформовані.



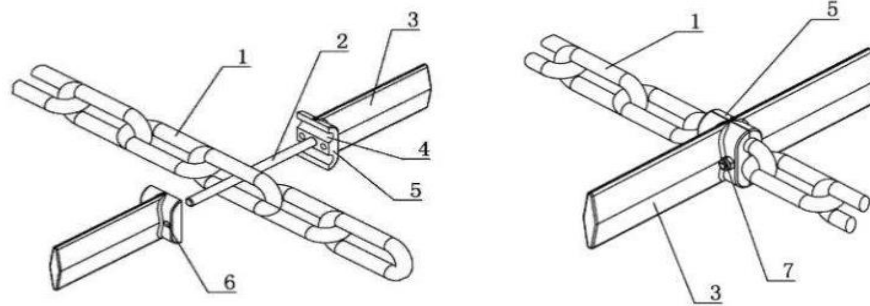
1 – лівий скребок, 2 – правий скребок; 3 – болт U, 4 – болт;
5 – горизонтальне кільце ланцюга

Рисунок 4.4 - Схематична діаграма конструкції роздільного скребка

Деформація під час процесу впливає на ефективність транспортування матеріалу скребком. Розглянуто корисну модель скребка [11], яка являє собою скребок для скребкової машини, що складається з лівого скребкового леза та правого скребкового леза, які узгоджені між собою, не потребує допоміжної пластини, розташованої на ланцюгу під час встановлення, і є простим за структурою.

В [12] метою корисної моделі є створення ланцюгового скребкового механізму ланцюгової скребкової машини, який має високу міцність і надійність з'єднання та монтажу. У корисній моделі корпус скребка з'єднаний і закріплений

на круговому ланцюзі за допомогою з'єднувального сидіння (рис.4.5), фіксація зручна, з'єднання міцне та надійне, а міцність скребка значно збільшується через розташування у його корпусі опорного стрижня. У порівнянні з відомим рівнем техніки, винахід має переваги надійного з'єднання та монтажу, зручного розбирання та складання, а також високої міцності з'єднання.



1 – ланцюг, 2 – опорні тяги, 3 – корпуса скребка, 4 – напівкруглі дуги,
5 – шарніри, 6 – отвори для кріплення, 7 – болти

Рисунок 4.5 – Корисна модель скребка та його конструкції [12]

Для збільшення продуктивності живильника розроблено скребок [14], у якого з обох сторін до середньої ділянки скребка примикають лопаті скребка і кожна лопать скребка має вихідну від середньої ділянки перемичку і ділянку на кінці, що розширюється до цієї перемички (рис. 4.6).

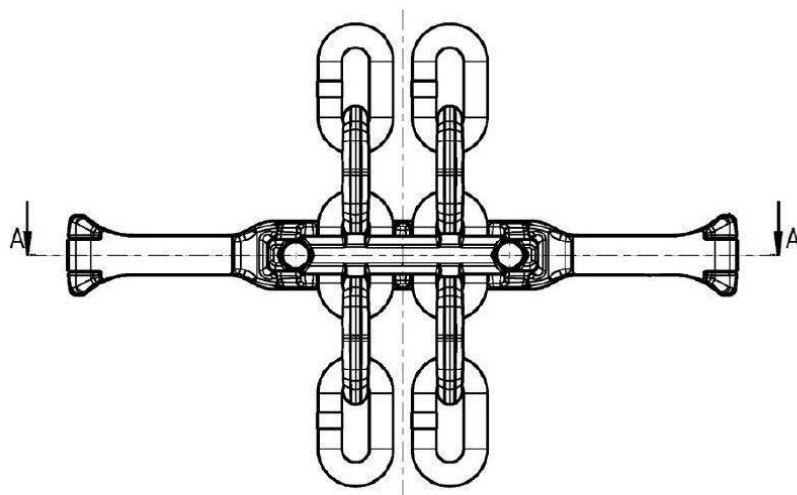


Рисунок 4.6 – Вид зверху модернізованого скребка [14]

На нижній стороні перемички передбачена зносостійка накладка, яка, починаючись від відступу на нижній стороні середньої ділянки, покриває зазначену перемичку. Це сприяє значному збільшенню терміну служби скребка та забезпечує позитивний вплив на продуктивність самого обладнання.

Для модернізації обрано патент на корисну модель DE 202017107766U1 через відповідність критеріям новизни та наявність потенціалу для впровадження та розвитку. Патент на корисну модель є актуальним і має практичне значення у досліджуваній області. Для проведення належного дослідження для даного винаходу є доступною велика кількість літературних джерел, інформації та даних. Вибір патенту був проведений на основі вияву потенціалу для подальшого впровадження та комерціалізації, з погляду його практичної цінності та впливу на реальний бізнес-сектор.

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

5. Охорона праці

Питання вибухів та пожеж на виробництві, попередження професійних захворювань і травматизму, а також питання безпеки праці в рамках трудового законодавства містить у собі охорона праці [17].

Згідно з встановленими зразками та законом України про охорону праці, є необхідним визначити для обладнання, що стосується теми дипломного проєкту «Живильник скребковий з модернізацією скребків», безпечні умови експлуатації для обслуговуючого персоналу. Живильник знаходиться у виробничому цеху площею 70 м² та об'ємом $V = 420 \text{ м}^3$.

При обслуговуванні подібного обладнання та при його експлуатації небезпечними і шкідливими виробничими факторами є ураження електричним струмом, повітря робочої зони, пожежна безпека, виробниче освітлення та шум.

5.1 Повітря робочої зони

Важливим елементом виробничого середовища при роботі з будь-яким обладнання є повітря робочої зони, від його повітря, в значній мірі залежить самопочуття та працездатність людини. Стан повітря робочої зони визначається мікрокліматичними умовами й вмістом в ньому шкідливих речовин. Санітарно-гігієнічне нормування умов мікроклімату має здійснюватися відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», які містять допустимі і оптимальні параметри мікроклімату залежно від загальних енерговитрат людського організму при виконанні робіт, періоду року та з урахування виду робочого місця

Робота оператора скребкового живильника - легка фізична праця. Легкі фізичні роботи поділяються на категорію Іа – енерговитрати нижче 120ккал/год та категорію Іб (121– 150ккал/год). Категорія Іа – це робота, яка виконується сидячи і не пов'язана з фізичним навантаженням.

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Живильники, при роботі яких використовуються пилоутворюючі матеріали, повинні бути встановлені в транспортних галереях, виконаних з негорючих матеріалів, які мають бути обладнані пристроєм для механічного прибирання пилу, що розсипався.

Для даної категорії робіт температури зовнішніх поверхонь технологічного обладнання та внутрішніх поверхонь робочої зони не мають бути більшими чи меншими від оптимальних температур повітря більш ніж на 2°C, тобто температура має бути в допустимих межах величин температури повітря.

Захист працюючих, а також нормалізація повітря робочої зони, має включати в себе заходи забезпечення регламентованої чистоти повітря і також підтримання необхідних параметрів мікроклімату.

Це забезпечуються застосуванням засобів вентиляції, контролем повітря робочої зони за вмістом шкідливих речовин та підтримкою нормованих параметрів мікроклімату за допомогою комплексу організаційно-технологічних, санітарно-технічних та інших подібних заходів колективного захисту.

5.2 Електробезпека

Актуальність проблем електробезпеки, а саме відсутності загроз з боку електроустановок, які перевищують допустимий ризик, характеризується наступними умовами: широким розповсюдженням використання електричної енергії в усіх проявах діяльності і життя людини; особливостями електротравматизму; умовами виникнення електротравм. Електротравми виникають при потраплянні людини під напругу, якщо у випадку наближення чи дотику до точки, потенціал якої є відмінним від потенціалу землі, або до двох точок електричної мережі, які мають різні потенціалами.

Виробниче приміщення, де є встановлений пункт керування живильником, відповідно до існуючих правил відноситься до тих приміщень, які мають підвищену небезпеку ураження людей електричним струмом. Живильник має бути підключений до трифазної мережі струму частотою 50 Гц, напругою 220/380 В,

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

а також має бути обладнаний глухозаземленою нейтраллю за допомогою пристрою захисного відключення.

Безпечна експлуатація електроустановок забезпечується при застосуванні схемних та стаціонарних конструктивних заходів захисту, використанні засобів захисту, електрозахисних у тому числі, дотриманні захисних заходів при виконанні робіт в ЕУ.

Схемні та конструктивні заходи захисту забезпечують експлуатацію електроустановок під напругою, тому вони є однією з невід'ємних частин ЕУ. Згідно ПУЕ ці заходи поділяють на групи: захисту від прямого дотику, захисту в разі одиничного пошкодження та непрямого дотику.

Безпека експлуатації обладнання має забезпечуватися низкою технічних і організаційних заходів захисту, а саме таких як: належною профілактикою і контролем ушкодження ізоляції, застосуванням малих напруг та при необхідності подвійної ізоляції, захисним поділом мереж, забезпеченням повної неприступності струмоведучих частин, захисним заземленням, а також захисними відключенням та зануленням, застосуванням засобів індивідуального захисту.

З метою запобігання різного виду травм на виробництві рекомендується:

- в спеціальній шафі повинні знаходитися рубильники включення установки;
- силові кабелі мають перебувати в спеціальних захисних металевих рукавах.
- реалізація спеціального захисного відключення у випадку потрапляння робітників під напругу та у разі виникнення інших ситуацій, при яких установка має бути знеструмлена.
- вузли обладнання, що можуть опинитися під напругою, необхідно обладнати клемми для підключення заземлення.
- місця біля датчиків заземлення мають бути позначенні знаками «Земля» незмивною фарбою за ГОСТ 30331.3-95.

Електрична міцність ізоляції також має бути перевірена випробуванням на пробій напругою 200В з частотою 50 Гц протягом 1 хвилини.

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

5.3 Пожежна безпека

Автоматизована лінія є призначеною для експлуатації в протипожежних зонах під класом П – Па за ПУЕ. За ДСТУ 8828:2019 будівля є вогнестійкою за II ступенем.

Пожежна безпека об'єкту має забезпечуватися за такими напрямками як попередження пожежі, застосування протипожежного захисту, реалізація організаційних заходів.

Розглянемо вихідні положення системи попередження пожежі: пожежа є можливою за наявності трьох чинників, а саме горючої речовини, окислювача і джерела запалювання, якщо хоч один з наведених чинників є відсутнім або обмежені безпечною величиною, то виникнення пожежі унеможлиблюється. Окислювач і горюча речовина лише за певних умов утворюють горюче середовище, саме тому попередження пожеж в результаті зводиться до попередження утворення горючого середовища та попередження виникнення у такому середовищі або внесення в нього джерела запалювання.

Наступними заходами або їх комбінаціями за ДСТУ 8828:2019 має забезпечуватися попередження утворення горючого середовища: максимально впроваджена заміна негорючими та важкогорючими матеріалами горючих; максимально можливе за умовами будівництва та технології обмеження об'єму і маси використовуваних горючих речовин, матеріалів та запровадження якомога безпечніших способів їх розміщення; підтримання безпечної концентрації самого середовища відповідно правил безпеки і вказаних до норм; достатня концентрація складової частини флегматизатора в повітрі захищуваного об'єму; ізоляція горючого середовища; підтримання відповідних значень тиску і температур середовища, при яких поширення полум'я не відбувається; максимальна автоматизація та механізація технологічних процесів, які пов'язані з використанням горючих речовин; розміщення та установка пожежонебезпечного устаткування в приміщеннях, що є ізольованими або знаходяться на відкритих майданчиках; застосування пристроїв захисту обладнання з горючими речовинами від аварій та пошкоджень; утилізація пожежонебезпечних відходів виробництва.

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Попередження утворення джерел запалювання в горючому середовищі може бути забезпечено за рахунок:

- використання механізмів, машин, пристроїв, устаткування, при експлуатації яких не має місце утворення джерела запалювання;
- використання засобів захисного відключення ймовірних джерел запалювання;
- забезпечення блискавкозахисту і захисного заземлення споруд, будівель та устаткування;
- використання устаткування та технологічних процесів, що задовольняють вимоги статичної іскробезпеки;
- підтримання нижче граничних допустимих температур нагрівання (не має перевищувати 80% температури самозаймання горючого середовища) поверхні обладнання, машин, пристроїв, матеріалів і речовин, що можуть увійти в контакт з горючим середовищем;
- виключення існування ймовірності виникнення іскрового розряду в горючому середовищі з енергією, що вище або дорівнює мінімальній енергії запалювання;
- використання інструментів, при роботі яких з горючими газами та легкозаймистими речовинами не виникає іскор;
- ліквідація умов хімічного, теплового, мікробіологічного самозаймання матеріалів та речовин, що обертаються, конструкцій та виробів, виключення їх контакту з відкритим полум'ям;
- виконання норм, правил пожежної безпеки та вимог чинних стандартів;

Вимоги до реалізації та експлуатації електрообладнання для вибухонебезпечних та пожежонебезпечних зон регламентуються ДНАОП 0.00-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних електроустановок».

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

5.4 Виробниче освітлення

Світло є одним із найбільш значних чинників виробничого середовища, завдяки йому відбувається забезпечення зорового зв'язку працівника з його оточенням. Правильна організація освітлення сприяє зниженню енерговитрат організму на виконання роботи, позитивно впливає на діяльність центральної нервової системи, що має свій вплив на підвищення працездатності людини, якості продукції та в цілому продуктивності праці, а також допомагає знизити вірогідність виробничого травматизму тощо.

При виборі штучних джерел світла перевагу слід надавати люмінесцентним лампам, так як вони є енергоекономічними. Окрім того, за спектральними характеристиками вони є максимально наближеними до природного світла, що є важливим при застосуванні суміщеного освітлення.

Регулярний та ретельний догляд за устаткуванням штучного та природного освітлення займає важливе значення для створення раціональних умов освітлення та задля для забезпечення нормованих величин освітленості без додаткових витрат електроенергії на робочих місцях.

Згідно ДБН В.2.5-28:2018 та за результатами спостережень за ходом технологічного процесу – розряд зорової роботи – VIII. Для штучного освітлення в цеху необхідно використати 25 люмінесцентних ламп типу АД 1,5, які мають пилогазоохоронні світильники ПВМ-1-2х40.

Фактичні рівні освітленості повинні дорівнювати або бути більше нормативних рівнів з урахуванням коефіцієнту запасу відповідно до вимог зазначених вище.

5.5 Шум

В умовах виробництва будь-який шум представляє собою негативний вплив на стан здоров'я людей та їх працездатність, через погіршення сприйняття інформації під дією шуму при виконанні певних небезпечних технологічних операцій, може відбутися травмування.

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Шум є одним з основних шкідливих факторів. Велика кількість високошвидкісних механізмів, збільшення потужності обладнання, різке зростання транспортного потоку веде до збільшення рівня шуму у всіх оточуючих середовищах. На виробництві з таким обладнанням як скребковий живильник як основні джерела шуму виступають редуктор та електродвигун.

При роботі лінії рівень звуку, звукового тиску в октавних смугах частот та еквівалентні рівні звуку, що мають бути для постійних робочих місць, не повинні перевищувати певні допустимі норми – 99-103 дБ. За ДСН3.3.6.6.037-99, якщо еквівалентний рівень звуку на робочих місцях 80 дБ, то при такому рівні звуку буде забезпечуватися збереження слуху на 97%, для тих, хто працює за такого рівня шуму приблизно десяти років, і 94% слуху для тих, хто працює протягом двадцяти років.

Вимірювання, санітарно-гігієнічне нормування та контроль шумів має здійснюватися у відповідності до ДСН 3.3.6.037-99, згідно цих вимог на робочих місцях контроль рівня шуму має відбуватися не рідше одного разу на рік. В ДСН 3.3.6.037-99 також регламентовані порядок розрахунку еквівалентного рівня звуку, а також порядок вимірювання рівнів звуку за допомогою спеціального обладнання – шумомірів.

В першу чергу, захист від шуму має забезпечуватись за рахунок використання шумобезпечної техніки, лише у разі неможливості вирішення цього питання, має бути проведене використання заходів та засобів індивідуального і колективного захисту.

До шуму також можна віднести і вібрацію, для захисту від шкідливої дії якої також існують технічні, лікувально-профілактичні, організаційні, індивідуальні та колективні заходи. Технічними заходами є насамперед зниження вібрації в джерелі її виникнення, це базується на виборі технологічних та кінематичних схем на стадії проектування, що знижують динамічні навантаження в обладнанні. Також є можливим зниження діючої вібрації на шляху розповсюдження від джерела виникнення, це такі заходи як віброгасіння, віброізоляція та вібропоглинання.

Обслуговування обладнання та його своєчасний ремонт за відповідним технічним регламентом, дистанційне керування обладнанням, що

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

є вібронебезпечним, контроль рівнів вібрації в межах допустимих норм є організаційними заходами.

Зміна таких параметрів як сили тертя, приведеної маси, жорсткості, використання демпферних пристроїв та зменшення діючих змінних сил у самій конструкції відноситься до конструктивних методів захисту від вібрації, від загальної вібраційної активності механізмів та машин і є найбільш важливим напрямком захисту.

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

6. Очікувані механіко-економічні показники

Результатом обраної модернізації передбачено досягнення надійної та довговічної конструкції скребків, що здатні витримувати великі навантаження, важкі умови роботи та насамперед роботу при високих температурах. Використання певних матеріалів, оптимальних конструкцій скребків та наявність зносостійкої накладки значно зменшить знос та забезпечить тривалий термін служби.

Відповідно до обраних матеріалів, механіко-економічні показники скребків з нержавіючої сталі з накладкою з титанового сплаву включатимуть такий аспект як тривалість служби. Самі скребки з нержавіючої сталі мають високу стійкість до корозії і зносу. Титанові сплави мають високу стійкість до корозії, включаючи стійкість до окислення, впливу кислот, лугів та інших агресивних середовищ. Це все забезпечує тривалий термін експлуатації скребків і зменшує необхідність у ремонті та заміні. Це також дозволяє зменшити частоту заміни скребків і витрати на обслуговування, що дозволяє зменшити витрати на експлуатацію та покращити ефективність роботи.

Титанові сплави мають високу міцність при низькій вазі. Це дозволяє скребкам з титановою накладкою бути легшими та водночас міцнішими, що зменшує зусилля на систему живильника та збільшує її міцність.

Наступним аспектом забезпечення безпеки і дотримання санітарних норм. Нержавіюча сталь є тим матеріалом, що не взаємодіє з матеріалами, що проходять через систему. Вона також має високу стійкість до бактерій та інших мікроорганізмів.

Також очікуваним показником є стабільність роботи. Скребки з обраних матеріалів мають високу міцність і стабільність форми, що забезпечує їхню точність і надійність під час роботи. Вони не вигинаються, не ламаються, можуть працювати протягом тривалого періоду часу без втрати своїх механічних властивостей та ефективності.

Ще одним з аспектів є екологічність. Нержавіюча сталь та титан є екологічно

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

чистими матеріалами, нержавіюча сталь може бути повторно використана і перероблена, вона не містить шкідливих речовин і не викидає токсичних відходів під час експлуатації. А використання скребків, в склад яких входить титановий сплав, сприяє зменшенню впливу на навколишнє середовище та покращенню екологічної стійкості системи.

Враховуючи ці показники, скребки живильника з нержавіючої сталі та титановою накладкою можуть бути вигідним вибором з механічного та економічного погляду. Вони забезпечують високу міцність та стійкість до корозії, зменшують витрати на обслуговування та ремонт, мають тривалий термін служби, дозволяють працювати в екстремальних умовах та є екологічно чистими.

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Висновки

Досліджено призначення і галузь застосування скребкового живильника, розглянуто його основні частини і принцип їх роботи та комплекс заходів, спрямованих на забезпечення безпеки та здоров'я працівників на робочому місці при роботі з даним обладнанням.

На основі літературного та патентного огляду стану питання з впровадження доцільної модернізованої конструкції, було обрано патент з винаходом, який передбачає використання таких матеріалів як нержавіючої сталі – для виготовлення самого скребка та титанового сплаву – для виготовлення зносостійкої накладки. Встановлено, що скребки з цих матеріалів мають високу міцність та стійкість до корозії, що дозволяє забезпечити тривалий термін служби системи. Виявлено, що використання таких скребків зменшує витрати на обслуговування та ремонт, оскільки їх не потрібно часто замінювати через вигинання або ламання. Використання такої модернізованої конструкції покращує гігієнічні умови праці, оскільки не відбувається викидання токсичних речовин під час роботи і відсутня необхідність у використанні шкідливих розчинників для чищення таких скребків.

Обрана модернізація скребків живильника є доцільним кроком з механічного та економічного погляду, оскільки вона забезпечує тривалий термін служби, зниження витрат та покращення умов праці.

					ЛУ91.085186.01-90 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Розрахунки
до дипломного проєкту
на тему: «Живильник скребковий з модернізацією
скребків»

Київ – 2023 року

ЗМІСТ

1. Розрахунки які підтверджують працездатність та основні геометричні розміри.....	2
1.1. Параметричні та кінематичні розрахунки	2
1.2. Розрахунки на міцність.....	11
2. Розрахунок на міцність скребка за допомогою CAE-системи ANSYS ...	27
Висновки	32

					ЛУ91.085186.01-90 РР			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Живильник скребковий з модернізацією скребків	Лім.	Арк.	Акрушіє
Розроб.		Матвієнко Д.О.						
Перевір.		Герасменко Ю.Ю.					1	32
Реценз.						НТУУ КПІ ім. І.Сікорського		
Н. Контр.								
Затверд.		Сокольський О.Л.						

1. Розрахунки які підтверджують працездатність та основні геометричні розміри

Задля проєктування та розробки скребкового живильника, згідно з технічним завданням, є необхідним встановити працездатність досліджуваного обладнання. Розрахунки включають у себе визначення основних геометричних розмірів на базі яких будуть обрані механізми приводу та ланцюг для переміщення скребоків. Також вони містять розрахунок механічної передачі, перевірочний розрахунок валів, епюри та перевірку запасу втомної міцності для конструкції, разом з тим і розрахунок модернізованої конструкції скребка в системі ANSYS.

1.1. Параметричні та кінематичні розрахунки

За методикою наведеною в [16, ст. 36–44] проведено розрахунок на працездатність та на визначення всіх необхідних геометричних розмірів. Параметричні та кінематичні розрахунки (вибір основних параметрів):

- Вибір швидкості скребоків: 0,1...1,0 м/с при ширині скребоків $B_c \leq 300$ мм; 0,05...0,63 при $B_c > 300$ мм.
- Вибір форми скребоків і жолоба
- Розміщення приводу і тип натяжного пристрою
- Вибір ланцюга

Визначення ширини жолоба:

$$B_{\text{ж}} = \sqrt{\frac{k_{\text{ж}} \cdot Q_p}{3600 \cdot \psi \cdot k_p \cdot g \cdot \rho}},$$

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

де Q_p – розрахункова продуктивність живильника, Т/год; $Q_p = \frac{k_n}{k_r} * Q$; k_n – коефіцієнт нерівномірності завантаження, $k_n = 1,1 \dots 1,25$; k_r – коефіцієнт нерівномірності використання конвеєра в часі, $k_r = 0,7 \dots 0,9$; $k_{ж}$ – коефіцієнт співвідношення ширини і висоти жолоба, $k_{ж} = 2,1 \dots 4,0$ ($k_{ж}=2,1$); ψ – коефіцієнт заповнення жолоба, який залежить від типу вантажу (для легкосипучих – $\psi = 0,5 \dots 0,6$, для кускових – $\psi = 0,7 \dots 0,8$); k_{β} – коефіцієнт, який враховує кут нахилу конвеєра ($0,65 \dots 1$); v – швидкість ланцюга, м/с; ρ – густина вантажу, т/м³.

$$Q_p = \frac{1,25}{0,7} * 65 = 116 \text{ т/год}$$

$$B_{ж} = \sqrt{\frac{2,1 * 116}{3600 * 0,7 * 0,75 * 0,37 * 2,8}} = 0,36 \text{ м}$$

Ширину узгоджуємо зі стандартом – $B_{ж} = 400 \text{ мм}$.

Висота жолоба:

$$h_{ж} = \frac{B_{ж}}{k_{ж}}$$

$$h_{ж} = \frac{0,4}{2,1} = 0,190 \text{ м}$$

Висота скребка:

$$h_c = h_{ж} - (25 \dots 50) \text{ мм}$$

$$h_c = 190 - 30 = 160 \text{ мм}$$

Ширина скребка:

$$B_c = B_{ж} - (10 \dots 30) \text{ мм}$$

$$B_c = 400 - 20 = 380 \text{ мм}$$

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Крок скребків:

$$a_c = nt_{\text{л}}, \text{ де } n - \text{ парне число}$$

$$a_c = 4 \cdot 35 = 140 \text{ мм},$$

Визначення погонних навантажень:

$$\cdot \text{ від вантажу } q_B = \frac{Q_p}{3.6 \cdot v}, \text{ кг/м};$$

тут Q_p в т/год, v в м/с;

$$q_B = \frac{116}{3.6 \cdot 0.37} = 87 \text{ кг/м}$$

$$\cdot \text{ від ланцюгів із скребками } q_0 = k_{\text{л}} \cdot q_B,$$

де $k_{\text{л}}$ – емпіричний коефіцієнт, який враховує рядність ланцюгів: для дворядного $k_{\text{л}} = 0.6 \dots 0.8$, для однорядного $k_{\text{л}} = 0.4 \dots 0.6$;

$$q_0 = 0.5 \cdot 87 = 43.5 \text{ кг/м}$$

Тяговий розрахунок конвеєра. Поділимо трасу конвеєра на окремі ділянки, починаючи з точки збігання ланцюгів з приводних зірочок, від т.1 до т.6 (рис.1.1).

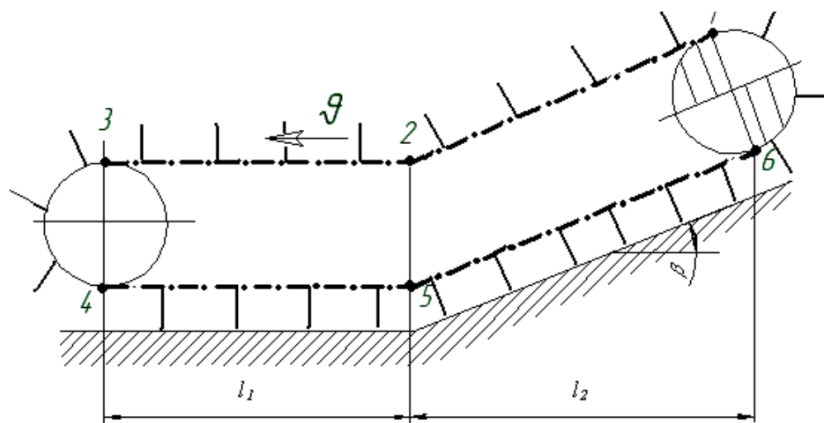


Рисунок 1.1 – Розрахункова схема живильника

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Тяговий розрахунок починають з точки найменшого натягу.

Найменший натяг може бути в т.1 або в т.2:

В т.1, якщо $\omega_0^I > \text{tg}\beta$, в т.2, якщо $\omega_0^I < \text{tg}\beta$,

де ω_0^I - коефіцієнт опору переміщення ланцюгів по направляючим (коеф. тертя кочення для котків 0,05...0,12).

$$\text{tg}\beta = \text{tg}30^\circ \approx 0,6$$

Найменший натяг в т.2:

$$S_{\min} = S_2 = 1000 \text{ Н}$$

$$S_3 = S_2 + q_0 l_1 \omega_0^I g, \text{ Н}$$

$$S_3 = 1000 + 87 \cdot 12 \cdot 0,06 \cdot 9,81 = 1308 \text{ Н},$$

де g – прискорення сили тяжіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Натяг в т.4

$$S_4 = S_3 \lambda_{\text{зир}},$$

$$S_4 = 1308 \cdot 1,08 = 1412 \text{ Н},$$

де $\lambda_{\text{зир}}$ – коеф. опору переміщення ланцюгів при огинанні зірочок, $\lambda_{\text{зир}} = 1,08 \dots 1,1$.

Натяг в т.5

$$S_5 = S_4 + (q_B \omega_B^I + q_0 \omega_0^I) g l_1, \text{ Н}$$

$$S_5 = 1412 + (87 \cdot 0,55 + 43,5 \cdot 0,06) \cdot 9,81 \cdot 12 = 7362 \text{ Н},$$

де ω_B^I – коефіцієнт опору переміщення вантажу від тертя його по дну і стінках жолоба,

$$\omega_B^I = 1,1 \mu = 1,1 \cdot 0,5 = 0,55,$$

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

де μ – коеф. тертя вантажу по матеріалу жолоба; ω_0^I – коеф. тертя ковзання скребків по дну жолоба.

Натяг в т.6

$$S_{нб} = S_6 = S_5 + (q_B \omega_B^I + q_0 \omega_0^I) g l_2 + (q_B + q_0) g l_2 \operatorname{tg} \beta, \text{Н}$$

$$S_{нб} = 7\,362 + (87 * 0,55 + 43,5 * 0,06) * 9,81 * 13$$

$$+ (87 + 43,5) * 9,81 * 13 * 0,6 = 23\,809 \text{ Н}$$

Натяг в т.1

$$S_{зб} = S_1 = S_2 - q_0 \omega_0^I g l_2 + q_0 g l_2 \operatorname{tg} \beta, \text{Н}$$

$$S_{зб} = 1000 - 87 * 0,06 * 9,81 * 13 + 87 * 9,81 * 13 * 0,6 = 4\,000 \text{ Н}$$

Тягове зусилля:

$$W_T = S_{нб} - S_{зб} + (\lambda_{зп} - 1)(S_{нб} + S_{зб})$$

$$W_T = 23\,809 - 4\,000 + (1,1 - 1)(23\,809 + 4\,000) = 22\,034 \text{ Н}$$

Вибір схеми приводного конвеєра і визначення загального ККД приводу:

При послідовному з'єднанні елементів передач: $\eta_{заг} = \eta_1 \eta_2 \dots \eta_n$, де $\eta_1 \eta_2 \dots \eta_n$ – ККД елементів передач, які входять і склад приводу.

Привід скребкового конвеєра складається з проміжних передач, двигуна та приводного барабана. Для приведеної схеми: $\eta_{заг} = \eta_m * \eta_{ред} * \eta_{л.п} * \eta_б$, де η_m – ККД муфти, $\eta_{ред}$ – ККД редуктора, $\eta_{л.п}$ – ККД ланцюгової передачі, $\eta_б$ – ККД приводного барабану на підшипниках кочення.

$$\eta_{заг} = 0,985 * 0,97 * 0,92 * 0,93 = 0,82$$

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Розрахункова потужність електродвигуна:

$$N_p = k_3 \frac{W_T g}{1020 n_{\text{заг}}}, \text{ кВт}$$

$$N_p = 1,1 \frac{22034 * 0,37}{1020 * 0,82} = 10,72 \text{ кВт},$$

де W_T – тягове зусилля в Н; k_3 – коефіцієнт запасу, який враховує зусилля, що витрачається на подолання сил інерції елементів конвеєра, $k_3 = 1,1 \dots 1,25$

За розрахованою потужністю електродвигуна з таблиці 2.1 [1, ст.30] обираємо двигун 4A160S6Y3, у якого потужність 11 кВт та який має синхронну частоту обертання $1000 \frac{1}{\text{хв}}$.

Для автоматизації розрахунку геометричних розмірів скребків та розрахунку потужності необхідного для лінії виробництва електродвигуна створено блок-схему розрахунку у вигляді умовно-графічних позначень [додаток А] та розроблено за допомогою мови програмування C++ код [додаток В], для використання якого для обладнання з іншими характеристиками та коефіцієнтами для розрахунку за методикою [16] необхідно лише задати вхідні дані та запустити виконання коду.

Перевірка правильності вибору тягового ланцюга:

Повне розрахункове зусилля, яке діє на ланцюг, визначають за формулою:

$$S_p = S_{\text{ст}} + S_{\text{дин.}},$$

де $S_{\text{ст}}$ – максимальний статичний натяг ланцюга, одержаний в результаті тягового розрахунку, $S_{\text{ст}} = S_{\text{нб}}$; $S_{\text{дин.}}$ – розрахункове зусилля динамічного натягу ланцюга в набігаючій вітці живильника.

$$S_{\text{дин.}} = 3 a_{\text{max}} \frac{(q_B + q_0 C)L}{g}, \text{ Н}$$

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

$$S_{\text{дин.}} = 3 * 0,95 \frac{(853,5 + 430 * 1) * 25}{9,81} = 9\,333 \text{ Н},$$

де a_{max} – найбільше значення прискорення ланцюга в результаті того, що ланцюг лягає на привідну зірочку не по сталому радіусу, а по сторонам многокутника.

$$a_{\text{max}} = 2\pi^2 \frac{g^2}{z^2 t_{\text{л}}},$$

$$a_{\text{max}} = 2\pi^2 \frac{0,37^2}{9^2 * 0,035} = 0,95,$$

де z – кількість зубців приводної зірочки, $t_{\text{л}}$ – крок ланцюга, м; $q_{\text{в}}$ – погонне навантаження вантажу, $q_{\text{в}} = 87 * 9,81 = 853,5 \text{ Н/м}$ q_0 – погонне навантаження ланцюгів із скребками, $q_0 = 43,5 * 9,81 = 430 \text{ Н/м}$, C – величина, яка враховує довжину конвеєра, L – довжина конвеєра, м.

$$S_{\text{р}} = 23\,809 + 9\,333 = 33\,144 \text{ Н}$$

Коефіцієнт запасу міцності:

$$n = \frac{S_{\text{руйн.}}}{S_{\text{р}}} \leq [n],$$

$$n = \frac{40\,000}{33\,144} = 1,2 \leq [n],$$

де n – коефіцієнт запасу міцності, $n = 8 \dots 10$

За значенням розривного навантаження з таблиці [18] за ГОСТ 2319-81 обрали ланцюг А1 - 10 × 35.

Діаметр ділильного кола приводної зірочки:

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

$$d_{з\dot{и}р} = \frac{t_{\dot{л}}}{\sin \frac{180}{Z}}, \text{ мм}$$

$$d_{з\dot{и}р} = \frac{35}{\sin \frac{180}{9}} = 102 \text{ мм}$$

Частота обертання приводних зірочок:

$$n_{з\dot{и}р} = \frac{60 \cdot 1600 \cdot 9}{Z \cdot d_{з\dot{и}р}}, \text{ об/хв.},$$

$$n_{з\dot{и}р} = \frac{60 \cdot 1600 \cdot 0,37}{9 \cdot 102} = 44 \text{ об/хв.}$$

Загальне передаточне число приводу:

$$U_{з\dot{а}г} = n_{д\dot{в}} / n_{з\dot{и}р},$$

$$U_{з\dot{а}г} = 975 / 38,6 = 25,2,$$

де $n_{д\dot{в}}$ – частота обертання вибраного електродвигуна.

Вибір редуктора і розбивка $U_{з\dot{а}г}$ по ступеням елементів приводу:

$$U_{з\dot{а}г} = U_{р\dot{е}д} \cdot U_{п\dot{е}р}.$$

Звідки $U_{п\dot{е}р} = U_{з\dot{а}г} / U_{р\dot{е}д}$ передаточне число відкритої передачі, 2...5.

Згідно каталогу [19] обираємо попередньо редуктор (КЦ1-500-6,3-41-УЗ) черв'ячного типу з $U_{р\dot{е}д} = 6,3$ (рис.1.2).

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

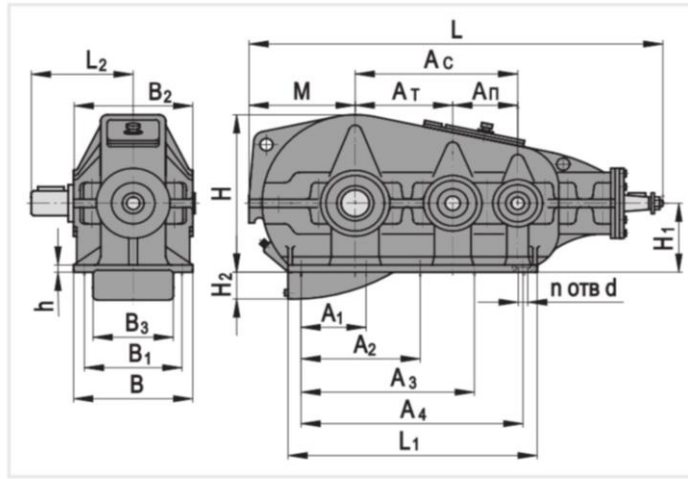


Рисунок 1.2 – Схема редуктора КЦ1-500-6,3-41-УЗ

$$U_{\text{пер.}} = 25,2 / 6,3 = 4$$

Визначення частоти обертання потужності і крутних моментів на валах приводу:

1. Для валу 0:

Потужність: $N_0 = N_{\text{дв}} = 11 \text{ кВт}$,

Частота обертання на валах приводу: $n_0 = n_{\text{дв}} = 975 \text{ об/хв}$,

Кутова швидкість $\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 975}{30} = 102 \text{ рад/с}$,

Крутний момент: $T_0 = \frac{N_0}{\omega_0} = \frac{11000}{102} = 108 \text{ Н·м}$

2. Для валу 1:

Потужність: $N_1 = N_0 \cdot \eta_{01} = 11 \cdot 0,92 = 10,12 \text{ кВт}$,

Частота обертання на валах приводу: $n_1 = \frac{n_0}{u_{01}} = \frac{975}{4} = 244 \text{ об/хв}$,

Кутова швидкість: $\omega_1 = \frac{\omega_0}{u_{01}} = \frac{102}{4} = 26 \text{ рад/с}$,

Крутний момент: $T_1 = \frac{N_1}{\omega_1} = \frac{10120}{26} = 389 \text{ Н·м}$

3. Для валу 2:

Потужність: $N_2 = N_1 \cdot \eta_{12} = 10,12 \cdot 0,97 = 9,82 \text{ кВт}$,

Частота обертання на валах приводу: $n_2 = \frac{n_1}{u_{02}} = \frac{244}{6,3} = 38,7$ об/хв

Кутова швидкість: $\omega_2 = \frac{\omega_1}{u_{02}} = \frac{26}{6,3} = 4$ рад/с,

Крутний момент: $T_2 = \frac{N_2}{\omega_2} = \frac{9820}{4} = 2\,454$ Н·м

1.2. Розрахунки на міцність

За методикою наведеною в [15] проведено розрахунок механічної передачі, перевірочний розрахунок валів, побудовано відповідні епюри та визначено запас втомної міцності для конструкції.

Обраний редуктор КЦ1-500 має циліндричну механічну передачу з косозубим зачепленням, розрахунок якої є необхідним для подальшого розрахунку валу на міцність.

Вихідні дані для розрахунку механічної передачі в редукторі:

1. Потужність на валу шестерні $N_1 = 10,12$, кВт.
2. Кутова швидкість ведучого вала (шестерні), $\omega_1 = 26$ рад/с.
3. Передаточне відношення $u = 6,3$.
4. Термін служби передачі $t = 10000$ годин.

Вибір матеріалу зубчастих коліс та режиму термообробки:

За [15] – поєднання марок матеріалів шестерні та колеса:

- шестерня сталь 45 (σ_B - 780 МПа, σ_T - 540 МПа, HB=248, поліпшення),
- колесо сталь 45Л (σ_B - 680 МПа, σ_T - 440 МПа, HB=207, поліпшення);

Число циклів напружень для колеса за весь термін служби передачі:

$$N_{\Sigma} = 572.4 \cdot \omega_2 \cdot t,$$

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

$$\text{де } \omega_2 = \frac{\omega_1}{u} = \frac{25,5}{6,3} = 4 \text{ рад/с}$$

$$N_{\Sigma} = 572,4 \cdot 4 \cdot 10000 = 2,3 \cdot 10^7.$$

Базове число циклів напружень $N_{HO} = 16,5$ млн. циклів [15]. Число циклів N_{FO} при розрахунках на згин для всіх сталей рекомендується прийняти $N_{FO} = 4 \cdot 10^6$.

Коефіцієнти довговічності при розрахунках на контактну міцність K_{HL} і на згин K_{FL} :

$$K_{HL} = \left(\frac{N_{HO}}{N_{\Sigma}} \right)^{1/6} \geq 1 \leq K_{HL_{\max}},$$

$$\text{При } N_{\Sigma} > 4 \cdot 10^6 \text{ прийняти } K_{FL} = 1. \Rightarrow 2,3 \cdot 10^7 > 4 \cdot 10^6 \Rightarrow K_{FL} = 1.$$

Визначити значення границь витривалості для зубців шестірні σ_{HO1} , σ_{FO1} та колеса σ_{HO2} , σ_{FO2} за [15].

$$\sigma_{HO1} = 2HB + 70 = 2 \cdot 248 + 70 = 566,$$

$$\sigma_{FO1} = 1,8HB = 1,8 \cdot 248 = 446$$

$$\sigma_{HO2} = 2HB + 70 = 2 \cdot 207 + 70 = 484,$$

$$\sigma_{FO2} = 1,8HB = 1,8 \cdot 207 = 373$$

Допустимі напруження для матеріалів зубчастих коліс:

Контактне $[\sigma]_{H_2}$ для менш міцного матеріалу колеса, МПа:

$$[\sigma]_{H_2} = \frac{\sigma_{HO2}}{S_H} \cdot K_{HL} = \frac{484}{1,1} \cdot 1 = 440 \text{ МПа},$$

де S_H – коефіцієнт безпеки, $S_H = 1,1$.

Згинальні $[\sigma]_{F1,2}$ для матеріалів шестерні та колеса, МПа:

$$[\sigma]_{F1,2} = \frac{\sigma_{FO1,2}}{S_F} \cdot K_{FL} = \frac{410}{1,8} \cdot 1 = 227 \text{ МПа},$$

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

де S_F – коефіцієнт безпеки; $S_F = 1.8 \dots 2.3$, $\sigma_{FO_{1,2}} = 1,8 \cdot H_B$

Розрахункове допустиме значення контактного напруження, МПа:

$$[\sigma]_H = 0.45 \cdot ([\sigma]_{H_1} + [\sigma]_{H_2}), \quad [\sigma]_H < 1.23 \cdot [\sigma]_{H_{\min}}$$

$$[\sigma]_{H_1} = \frac{\sigma_{HO_1}}{S_H} \cdot K_{HL} = \frac{566}{1,1} \cdot 1 = 515 \text{ МПа},$$

$$[\sigma]_H = 0.45 \cdot ([\sigma]_{H_1} + [\sigma]_{H_2}) = 0.45 \cdot (515 + 440) = 430 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_H < 1.23 \cdot [\sigma]_{H_{\min}} = 430 < 1,23 \cdot 440$$

Розрахункові коефіцієнти:

Коефіцієнт ширини вінця ψ_{bd} , $\psi_{bd} = 0,8$;

Коефіцієнти нерівномірності навантаження при розрахунках на контактну міцність $K_{H\beta} = 1,04$ і згинальну міцність $K_{F\beta} = 1,07$;

Міжосьова відстань, мм:

$$a_W = K_\alpha (U \pm 1) \cdot \left(\frac{T_1 \cdot K_{H\beta}}{U \cdot \psi_{ba} \cdot [\sigma]_H^2} \right)^{1/3} = 430 \cdot (6,3 \pm 1) \cdot \left(\frac{389 \cdot 1,04}{6,3 \cdot 0,22 \cdot 430^2} \right)^{1/3} =$$
$$= 265 - 366 \text{ мм}$$

$a_W = 400$ мм за ДСТ 21856-6,

де K_α – 430 за [15], ψ_{ba} — коефіцієнт ширини вінця по міжосьовій відстані для матеріалу колеса:

$$\psi_{ba} = \frac{2 \cdot \psi_{bd}}{U + 1} = \frac{2 \cdot 0,8}{6,3 + 1} = 0,22$$

Визначити орієнтовно модуль зачеплення, мм, за формулою:

$$m = m_n = (0.01 \dots 0.02) \cdot a_W = 0,01 \cdot 400 = 4 \text{ мм}$$

$$m = m_n = (0.01 \dots 0.02) \cdot a_W = 0,02 \cdot 400 = 8 \text{ мм},$$

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

де m в діапазоні від 4 мм до 8 $\Rightarrow$ Обираємо $m = 4$ мм;

Сумарне число зубців z_{Σ} для косозубих коліс:

$$z_{\Sigma} = \frac{2 \cdot a_w}{m_n} \cdot \cos(\beta) = \frac{2 \cdot 400}{4} \cdot \cos(10^\circ) = 197,$$

де β – кут нахилу зубців, $\beta = 10^\circ$;

Уточнюємо кут:

$$\beta = \arccos\left(\frac{z_{\Sigma} \cdot m_n}{2 \cdot a_w}\right) = \arccos\left(\frac{197 \cdot 4}{2 \cdot 400}\right) = 9,94^\circ$$

Число зубців шестерні:

$$z_1 = \frac{z_{\Sigma}}{U' + 1} = \frac{197}{6,3 + 1} = 27 \geq z_{\min} = 17$$

Число зубців колеса:

$$z_2 = z_{\Sigma} - z_1 = 197 - 27 = 170$$

Уточнити передаточне число редуктора та його відхилення від раніше прийнятого значення:

$$U = \frac{z_2}{z_1} = \frac{170}{27} = 6,29$$

$$\Delta U = \frac{|U' - U|}{U'} \cdot 100\% \leq 2,5\% = \frac{|6,3 - 6,29|}{6,3} \cdot 100\% = 1,5\% \leq 2,5\%$$

Визначити геометричні розміри передачі:

					ЛУ91.085186.01-90 PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Діаметри ділильних кіл, мм:

$$d_1 = \frac{m_n \cdot z_1}{\cos(\beta)} = \frac{4 \cdot 27}{\cos(9,94^\circ)} = 110 \text{ мм}$$

$$d_2 = \frac{m_n \cdot z_2}{\cos(\beta)} = \frac{4 \cdot 170}{\cos(9,94^\circ)} = 690 \text{ мм}$$

Діаметри кіл вершин, мм:

$$d_{a1} = d_1 + 2.5 \cdot m = 110 + 2.5 \cdot 4 = 120 \text{ мм}$$

$$d_{a2} = d_2 + 2.5 \cdot m = 690 + 2.5 \cdot 4 = 700 \text{ мм}$$

Діаметри кіл западин, мм:

$$d_{f1} = d_1 - 2.5 \cdot m = 110 - 2.5 \cdot 4 = 100 \text{ мм}$$

$$d_{f2} = d_2 - 2.5 \cdot m = 690 - 2.5 \cdot 4 = 680 \text{ мм}$$

Уточнена міжосьова відстань, мм:

$$a_w = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{110 + 690}{2} = 400 \text{ мм}$$

Ширина вінця колеса, мм:

$$b_2 = \psi_{ba} \cdot a_w = 0,352 \cdot 400 = 140 \text{ мм}$$

$$b_2 = 140 \text{ мм.}$$

Ширина вінця колеса з урахуванням можливого осьового зміщення при збиранні:

$$b_1 = b_2 + (2 \dots 5) = 140 + 5 = 145 \text{ мм}$$

					ЛУ91.085186.01-90 PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Колова швидкість, м/с:

$$V_1 = \frac{\omega_1 \cdot d_1}{2} = \frac{26 \cdot 0,11}{2} = 1,43 \text{ м/с}$$

За значенням колової швидкості призначити степінь точності передачі 9-а.
Коефіцієнти динамічного навантаження: для косозубих коліс прийняти: $K_{H\alpha}=1.02$,
 $K_{HV}=1,2$, $K_{F\beta}=1,07$, $K_{FV}=1,4$ [15];

Колова сила, Н:

$$F_t = \frac{2 \cdot T_1}{d_1} = \frac{2 \cdot 389}{0,11} = 7077 \text{ Н}$$

Розрахункове контактне напруження та порівняння його з допустимим, МПа:

$$\sigma_H = 376 \cdot \sqrt{\frac{F_t}{b_2 \cdot d_1} \cdot \frac{U+1}{U} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{HV}} \leq [\sigma]_{H_2} =$$
$$376 \cdot \sqrt{\frac{7\,077}{140 \cdot 110} \cdot \frac{6,3+1}{6,3} \cdot 1.02 \cdot 1,04 \cdot 1,2} = 310 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{H_2} = 440 \text{ МПа}$$

Міцність зубців на згин:

Коефіцієнти форми зубця Y_{F_1} і Y_{F_2} відповідно до числа зубців шестерні z_1 і колеса z_2 за табл. $Y_{F_1}=3,81$ і $Y_{F_2}=3,60$ [15].

$$Z_{V_1} = \frac{z_1}{\cos^3(\beta)} = \frac{27}{\cos^3(9,94^\circ)} = 28$$

$$Z_{V_2} = \frac{z_2}{\cos^3(\beta)} = \frac{170}{\cos^3(9,94^\circ)} = 178$$

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Порівнюємо значення:

$$\frac{[\sigma]_{F_1}}{Y_{F_1}} \text{ і } \frac{[\sigma]_{F_2}}{Y_{F_2}} = \frac{227}{3,81} < \frac{227}{3,6}$$

Далі розрахунок вести по шестерні, так як відношення менше, менш міцне на згин.

Визначити розрахункове напруження згину в основі зубця $\sigma_{F(1,2)}$, МПа:

$$\sigma_{F(1,2)} = 0,9 \cdot Y_{F(1,2)} \frac{F_t}{b_2 \cdot m} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV} \leq [\sigma]_{F(1,2)} =$$
$$0,9 \cdot 3,81 \frac{7\,077}{140 \cdot 4} \cdot 1,04 \cdot 1,4 = 63 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{F(1,2)} = 227 \text{ МПа}$$

Сили в зачепленні, Н:

Колова сила $F_t = 7\,077 \text{ Н}$

Радіальна сила: $F_r = F_t \cdot \operatorname{tg}(20^\circ) = 7077 \cdot \operatorname{tg}(20^\circ) = 2\,576 \text{ Н}$

Осьова сила: $F_a = F_t \cdot \operatorname{tg}(\beta) = 7077 \cdot \operatorname{tg}(9,94^\circ) = 1\,238 \text{ Н}$

Вихідні дані для розрахунку вала шестерні та вала колеса на міцність і жорсткість:

1. Сили в зачепленні: колова $F_t = 7\,077 \text{ Н}$, радіальна $F_r = 2\,576 \text{ Н}$, осьова $F_a = 1\,238 \text{ Н}$, навантаження на консолі від ланцюгової передачі:

$$F_K = F_T + 2 \cdot F_f = \frac{N_1}{9_\phi} + 2 \cdot K_f \cdot q \cdot a \cdot g =$$
$$= \frac{13\,800}{5,1} + 2 \cdot 4 \cdot 2,05 \cdot 1,05 \cdot 9,81 = 2\,153 \text{ Н},$$

де K_f – коефіцієнт провисання, q – маса 1 м ланцюга, кг/м, 2,05 кг; a – міжосьова відстань, м: $(30 \dots 50) \cdot t_\lambda = 1,05 \text{ м}$, 9_ϕ – фактична швидкість ланцюга, м/с:

$$9_\phi = \frac{z_1 \cdot t_\lambda \cdot n_1}{60 \cdot 10^3} = \frac{9 \cdot 35 \cdot 975}{60 \cdot 10^3} = 5,1 \text{ м/с}$$

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

2. Крутний момент на валу шестерні $T_1=389$ Н·м, крутний момент на валу колеса $T_2=2\,454$, Н·м.

3. Матеріал для вала Сталь 45 за [15].

Механічні характеристики:

- границя міцності $\sigma_B=730$ МПа,
- границя текучості $\sigma_T=500$ МПа,
- границя витривалості при згинанні $\sigma_{-1}=320$ МПа, - границя витривалості при крученні $\tau_{-1}=200$ МПа,
- коефіцієнти, що характеризують чутливість матеріалу до асиметрії циклу навантаження $\psi_\sigma=0,1$, $\psi_\tau=0,05$.

Розрахунок вала шестерні (ведучого вала):

Діаметр вихідного кінця вала, мм, визначається з розрахунку на чисте кручення:

$$d \geq \left(\frac{10^3 \cdot T}{0,2 \cdot [\tau]_K} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{10^3 \cdot 389}{0,2 \cdot 14,6} \right)^{\frac{1}{3}} = 51 \text{ мм},$$

де $[\tau]_K$ - допустиме напруження кручення:

$$[\tau]_K = 0,02 \cdot \sigma_B = 0,02 \cdot 730 = 14,6 \text{ МПа}.$$

За [15] $d=53$ мм.

Діаметр вала під підшипники, мм:

$$d_{II} = d + (2 \dots 5) = 53 + 2 = 55 \text{ мм}$$

Діаметр посадочного місця шестерні (або колеса), мм:

$$d_{сер} = d_{II} + (2 \dots 5) = 55 + 5 = 60 \text{ мм}$$

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Обрано попередньо тип та розміри підшипників:

Радіальні кулькові підшипники: позначення – 311, d=55 мм, D=120мм, B=29 мм, r=3 мм, Cr=56 мм, Cor=42,6 мм, n=5 000 хв⁻¹

Розробка конструкції вала:

Відстань між опорами вала, мм:

$$l=b_{1,2}+2\cdot 10^*+2\cdot 5^*+2\cdot \frac{B_{\Pi}}{2}=140+2\cdot 10^*+2\cdot 5^*+2\cdot \frac{29}{2}=199 \text{ мм}$$

Довжина консолі, мм:

$$l_k=\frac{B_{\Pi}}{2}+(40\dots 50)_{\text{мм}}+\frac{B_{\text{ланцюга}}}{2}=\frac{29}{2}+50+\frac{34}{2}=81\text{мм}$$

Перевірочний розрахунок вала:

Для перевірки розрахунку необхідно визначити реакції опор, склавши рівняння суми моментів усіх сил відносно відповідно опор А і В. При розрахунку прийняти схему з симетричним розташуванням шестерні, тобто $l_A=l_B=\frac{l}{2}=\frac{199}{2}=99,5$ мм. Епюри згинальних і крутних моментів у двох площинах представлені на рис.1.3

$$M_{x\max}=R_{Ax}\cdot l_a=1630\cdot 0,0995= 162 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{1x}=R_{Bx}\cdot l_b=946\cdot 0,0995= 94 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$R_{Ay}=\frac{F_{tlb}-F_{klk}}{l_a+l_b}=\frac{7077\cdot 0,0995-2153\cdot 0,081}{2\cdot 0,0995}= 2662 \text{ Н}$$

$$R_{By}=\frac{F_{tlb}+F_k(l_a+l_b+l_k)}{l_a+l_b}=\frac{7077\cdot 0,0995+2153\cdot (2\cdot 0,0995+0,081)}{2\cdot 0,0995}= 6568 \text{ Н}$$

$$M_{y\max}=R_{Ay}\cdot l_a=2662\cdot 0,0995= 265 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{1y}=-F_k\cdot l_k=-2153\cdot 0,081= -174 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

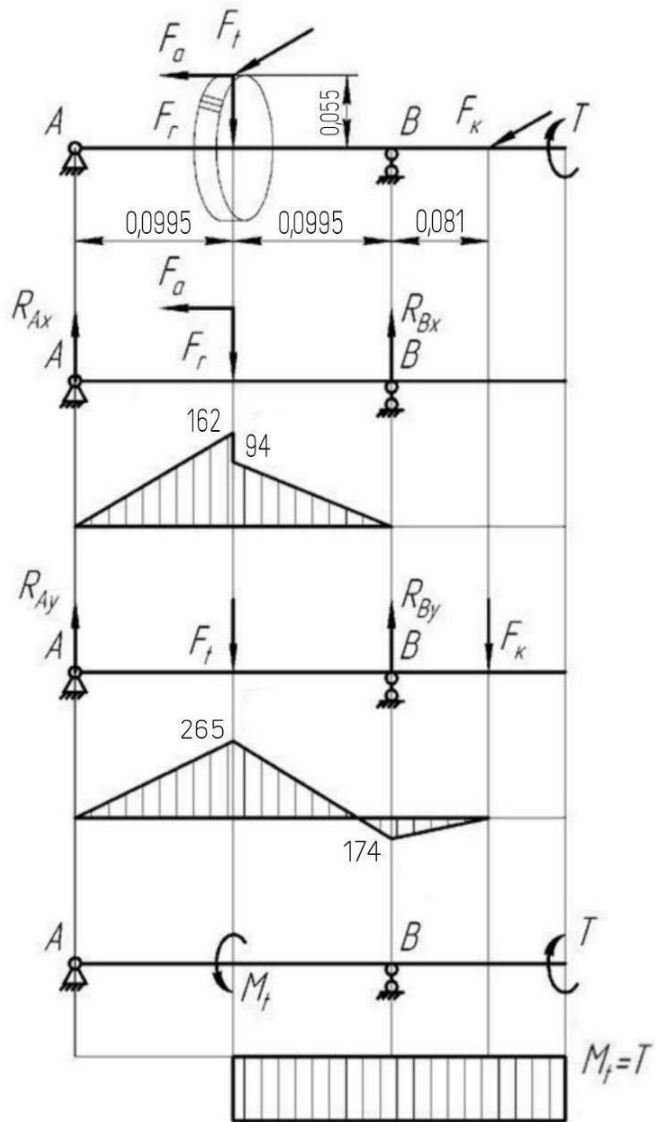


Рисунок 1.3 – Епюри згинальних і крутних моментів для ведучого вала

Сумарний момент у кожному небезпечному перерізі:

$$M_{3B} = \sqrt{M^2 + (0,75 \cdot T)^2} = \sqrt{311^2 + (0,75 \cdot 389)^2} = 426 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де M – сумарний згинальний момент у небезпечному перерізі, Н·м:

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \sqrt{162^2 + 265^2} = 311 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Уточнення діаметру вала в кожному небезпечному перерізі

$$[d] = \left(\frac{M_{зв}}{0,1 \cdot [\sigma_{-1}]} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{426 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 114,2} \right)^{\frac{1}{3}} = 33 \text{ мм},$$

де $M_{зв}$ – зведений момент у перерізі, що перевіряється, Нм;

Допустиме напруження при згині:

$$[\sigma_{-1}] = \frac{0,7 \cdot 1,4 \cdot \sigma_{-1}}{[n] \cdot k_{\sigma}} = \frac{0,7 \cdot 1,4 \cdot 320}{1,5 \cdot 1,83} = 114,2 \text{ МПа},$$

де σ_{-1} – границя витривалості, МПа; $[n] = 1,5$ – коефіцієнт безпеки; $k_{\sigma} = 1,83$ за [15].

Запас втомної міцності в кожному небезпечному перерізі.

Загальний запас втомної міцності:

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}} = \frac{7,6 \cdot 17,1}{\sqrt{7,6^2 + 17,1^2}} = 6,9 \geq [n] = 1,5 \dots 2,5,$$

де n_{σ} , n_{τ} – запаси втомної міцності відповідно по нормальних і дотичних напруженнях. $[n]$ – мінімально допустимий запас міцності.

Запас втомної міцності на згин:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\left(\frac{k_{\sigma}}{E_{\sigma}} \right) \cdot \sigma_a + \psi_a \cdot \sigma_m} = \frac{320}{\left(\frac{1,83}{0,91} \right) \cdot 21 + 0,1 \cdot 0} = 7,6 \geq [n_{\sigma}] = 2,6 \dots 2,75,$$

де σ_a , σ_m – амплітудне та середнє значення напружень циклу при згині, $\sigma_m = 0$, МПа; $E_{\sigma} = 0,91$ – за [15].

$$\sigma_a = \sigma_F = \frac{M}{0,1 \cdot d^3} = \frac{311 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 53^3} = 21 \text{ МПа},$$

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

де M – момент у перерізі, що перевіряється, Н·м.

Запас втомної міцності на кручення:

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\left(\frac{k_{\tau}}{E_{\tau}}\right) \cdot \tau_a + \psi_a \cdot \tau_m} = \frac{200}{\left(\frac{1,51}{0,89}\right) \cdot 6,5 + 0,1 \cdot 6,5} = 17,1 \geq [n_{\tau}] = 1,5 \dots 1,65,$$

де τ_{-1} – границя витривалості при крученні, МПа; $k_{\tau}=1,51$, $E_{\tau}=0,89$ за [15].

$$\tau_a = \tau_F = \frac{T}{0,4 \cdot d^3} = \frac{389 \cdot 10^3}{0,4 \cdot 53^3} = 6,5 \text{ МПа},$$

де τ_a , τ_F – амплітудне та середнє значення напружень при крученні, МПа

Розрахунок вала колеса (веденого вала):

Визначено попередні розміри основних ділянок вала:

Діаметр вихідного кінця вала, мм, визначається з розрахунку на чисте кручення.

$$d \geq \left(\frac{10^3 \cdot T}{0,2 \cdot [\tau_K]} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{10^3 \cdot 3\,350}{0,2 \cdot 14,6} \right)^{\frac{1}{3}} = 95 \text{ мм}$$

Діаметр вала під підшипники (діаметр шипа), мм:

$$d_{\Pi} = d + (2 \dots 5) = 95 + 5 = 100 \text{ мм}$$

Діаметр посадочного місця шестерні (або колеса), мм:

$$d_{\text{сер}} = d_{\Pi} + (2 \dots 5) = 100 + 5 = 105 \text{ мм}$$

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Обрано попередньо тип та розміри підшипників:

Радіальні кулькові підшипники: позначення – 220, d=100 мм, D=180мм, B=34 мм, r=3,5 мм, Cr=95,8 мм, Cor=80,6 мм, n=3150 мин⁻¹

Розробка конструкції вала:

Відстань між опорами вала, мм:

$$l = b_{1,2} + 2 \cdot 10^* + 2 \cdot 5^* + 2 \cdot \frac{B_{\Pi}}{2} = 140 + 2 \cdot 10^* + 2 \cdot 5^* + 2 \cdot \frac{34}{2} = 204 \text{ мм}$$

Довжина консолі, мм:

$$l_k = \frac{B_{\Pi}}{2} + (40 \dots 50)_{\text{мм}} + \frac{B_{\text{ланцюга}}}{2} = \frac{34}{2} + 50 + \frac{34}{2} = 84 \text{ мм}$$

Перевірочний розрахунок вала:

Аналогічно попередньому розрахунку приймаємо схему з симетричним розташуванням шестерні ($l_A = l_B = \frac{l}{2} = \frac{204}{2} = 102 \text{ мм}$) та робимо відповідні обчислення.

Епюри згинальних і крутних моментів у двох площинах представлені на рис.1.4.

$$R_{Ax} = \frac{F_r \cdot l_b + F_a \frac{dw}{2}}{l_a + l_b} = \frac{2576 \cdot 0,102 + 1238 \cdot \frac{0,11}{2}}{2 \cdot 0,102} = 1621 \text{ Н}$$

$$R_{Bx} = \frac{F_r \cdot l_b - F_a \frac{dw}{2}}{l_a + l_b} = \frac{2576 \cdot 0,102 - 1238 \cdot \frac{0,11}{2}}{2 \cdot 0,102} = 954 \text{ Н}$$

$$M_{x\max} = R_{Ax} \cdot l_a = 1621 \cdot 0,102 = 165 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{1x} = R_{Bx} \cdot l_b = 954 \cdot 0,102 = 97 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$R_{Ay} = \frac{F_t l_b - F_k l_k}{l_a + l_b} = \frac{7077 \cdot 0,102 - 2153 \cdot 0,084}{2 \cdot 0,102} = 2651 \text{ Н}$$

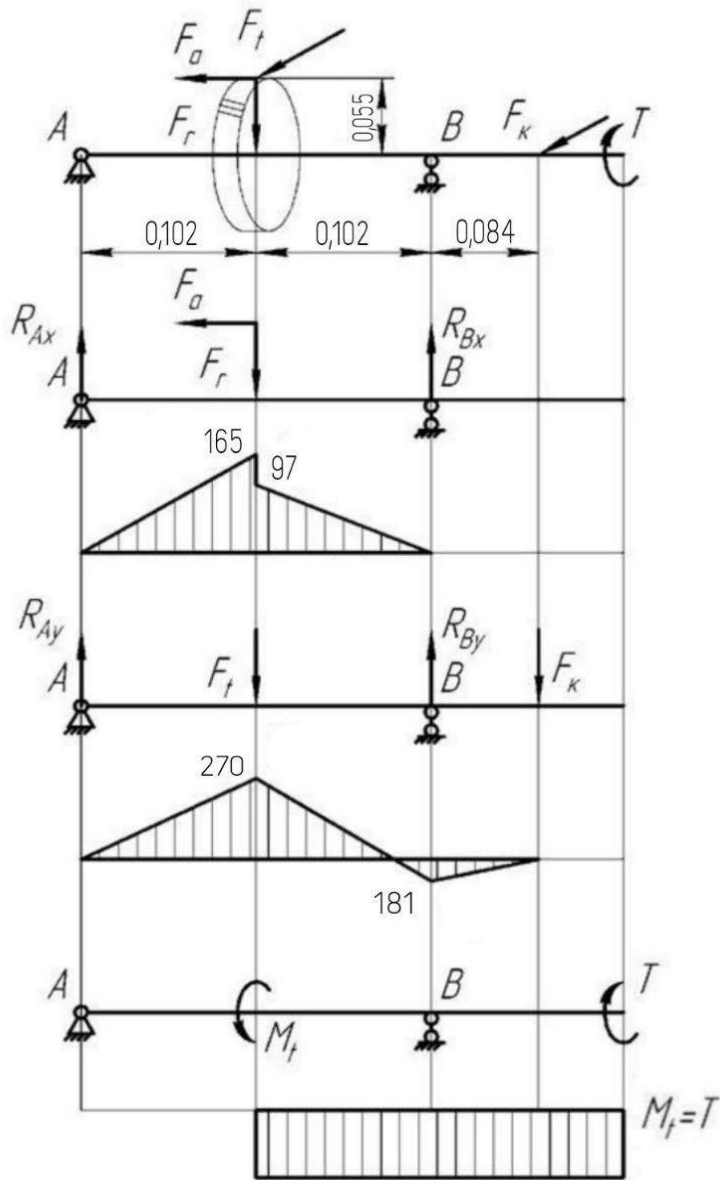


Рисунок 1.4 – Епюри згинальних і крутних моментів для веденого вала

$$R_{By} = \frac{F_t l_b + F_k (l_a + l_b + l_k)}{l_a + l_b} = \frac{7077 \cdot 0,102 + 2153 \cdot (2 \cdot 0,102 + 0,084)}{2 \cdot 0,102} = 6578 \text{ Н}$$

$$M_{y\max} = R_{Ay} \cdot l_a = 2651 \cdot 0,102 = 270 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{ly} = -F_k \cdot l_k = -2153 \cdot 0,084 = -181 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Сумарний момент у кожному небезпечному перерізі:

$$M_{3B} = \sqrt{M^2 + (0,75 \cdot T)^2} = \sqrt{317^2 + (0,75 \cdot 2153)^2} = 972 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \sqrt{165^2 + 270^2} = 317 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Діаметр вала в кожному небезпечному перерізі:

$$[d] = \left(\frac{M_{3B}}{0,1 \cdot [\sigma_{-1}]} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{972 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 92,5} \right)^{\frac{1}{3}} = 66 \text{ мм}$$

Допустиме напруження при згині:

$$[\sigma_{-1}] = \frac{0,7 \cdot 1,4 \cdot \sigma_{-1}}{[n] \cdot k_{\sigma}} = \frac{0,7 \cdot 1,4 \cdot 320}{1,5 \cdot 2,26} = 92,5 \text{ МПа},$$

де $k_{\sigma} = 2,26$ за [15].

Перевірка запасу втомної міцності в кожному небезпечному перерізі.

Загальний запас втомної міцності:

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}} = \frac{32 \cdot 15,5}{\sqrt{32^2 + 15,5^2}} = 14 \geq [n] = 1,5 \dots 2,5$$

Запас утомної міцності на згин:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\left(\frac{k_{\sigma}}{E_{\sigma}}\right) \cdot \sigma_a + \psi_a \cdot \sigma_m} = \frac{320}{\left(\frac{2,26}{0,84}\right) \cdot 3,7 + 0,1 \cdot 0} = 32 \geq [n_{\sigma}] = 2,6 \dots 2,75,$$

де $E_{\sigma} = 0,84$ за [15].

$$\sigma_a = \sigma_F = \frac{M}{0,1 \cdot d^3} = \frac{317 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 95^3} = 3,7 \text{ МПа}$$

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Запас втомної міцності на кручення:

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\left(\frac{k_{\tau}}{E_{\tau}}\right) \cdot \tau_a + \psi_a \cdot \tau_m} = \frac{200}{\left(\frac{1,51}{0,89}\right) \cdot 7,2 + 0,1 \cdot 7,2} = 15,5 \geq [n_{\tau}] = 1,5 \dots 1,65,$$

де $k_{\tau}=1,51$, $E_{\tau} = 0,89$

$$\tau_a = \tau_F = \frac{T}{0,4 \cdot d^3} = \frac{2\,454 \cdot 10^3}{0,4 \cdot 95^3} = 7,2 \text{ МПа}$$

За результатами перевірочних розрахунків для вала шестерні та колеса коефіцієнти втомної міцності на згин та на кручення для обох валів виявилися більшими за необхідні, тож опір втоми можна не підвищувати, немає необхідності застосовувати поверхневе зміцнення. Коефіцієнт запасу показує, у скільки разів діючі напруження менші від граничних, тож можна зробити висновки з приводу достатньої міцності валів.

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

2. Розрахунок на міцність скребка за допомогою CAE-системи ANSYS

За допомогою програми ANSYS створено 3D модель геометрії половини скребка для перевірки на працездатність і розбито скребок на скінченні елементи (рис. 2.1).

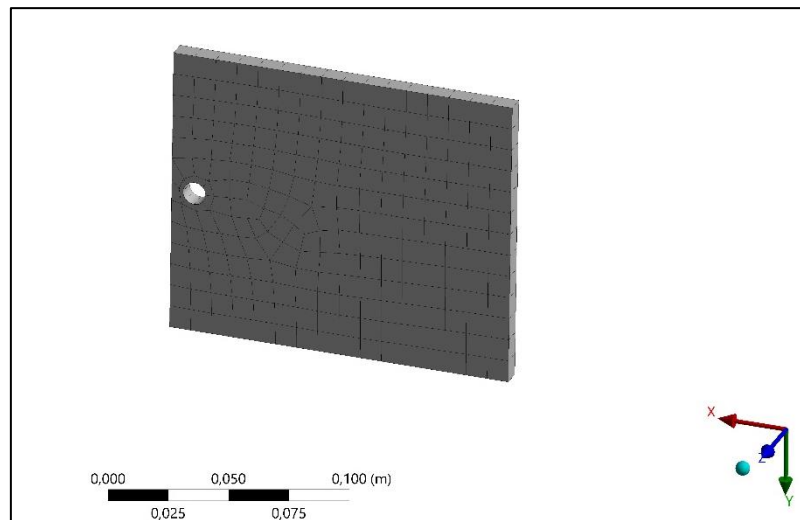


Рисунок 2.1 – Сітка наявної форми скребка

Для того, щоб прикласти силу до моделі скребка, необхідно провести наступні обчислення:

Об'єм матеріалу між двома скребками:

$$V = h_c * B_c * a_c = 0,16 * 0,38 * 0,14 = 0,0085 \text{ м}^3,$$

В результаті сила, що прикладена до одного скребка:

$$F = V * \rho * g = 0,0085 * 2800 * 9,81 = 235 \text{ Н},$$

де $h_c=160\text{мм}$, $B_c=380\text{мм}$, $a_c=140\text{ мм}$, $\rho=2800\text{ кг/м}^3$, $g = 9,81\text{ м/с}^2$.

Використовуючи попередні розрахунки та враховуючи існування накладання площини симетрії, прикладаємо до конструкції зазначені на рис. 2.2 сили.

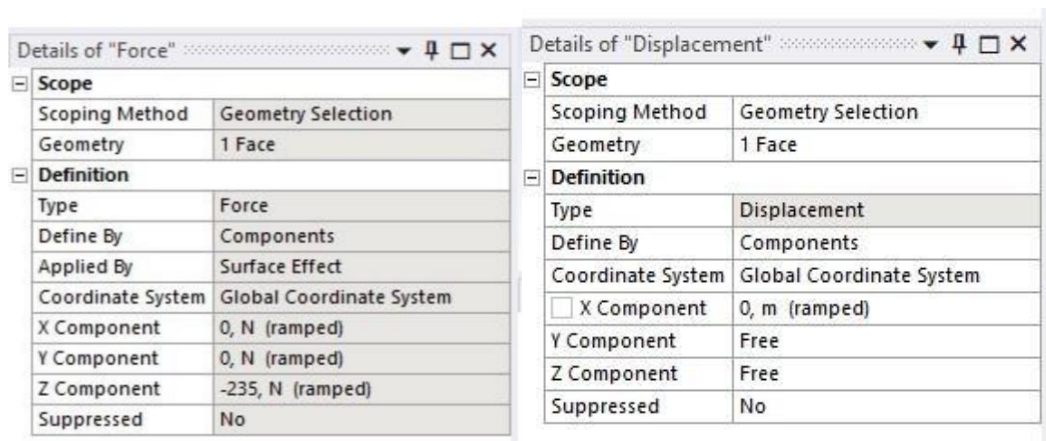


Рисунок 2.2 – Задання сил та закріплень по різних осях

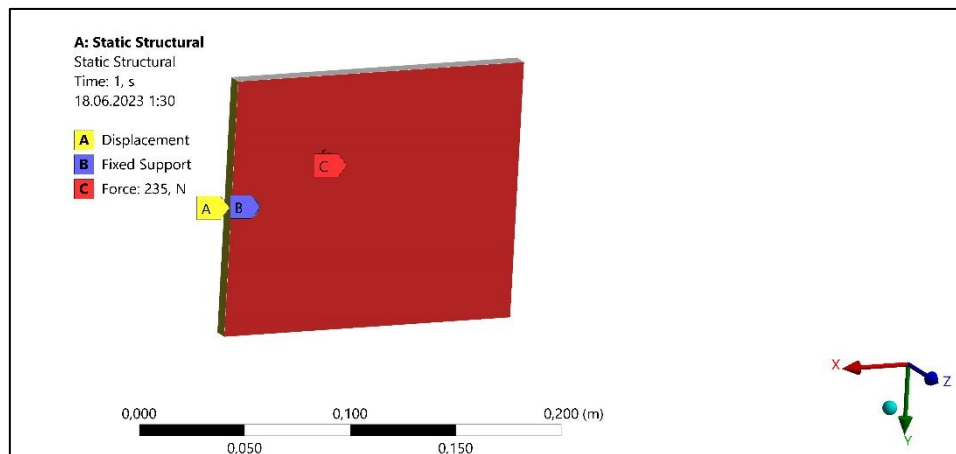


Рисунок 2.3 – Прикладені сили до наявної форми скребка

Виконано розрахунок еквівалентних напружень та розрахунок на розподіл переміщень.

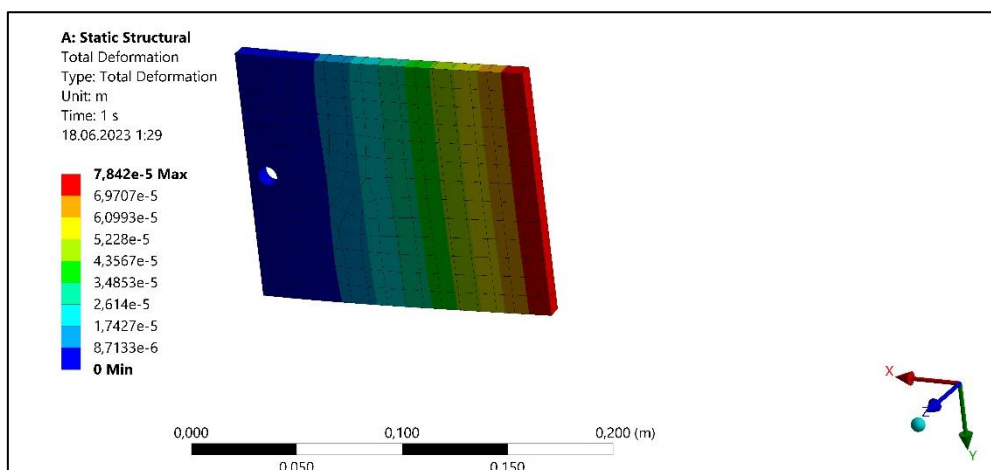


Рисунок 2.4– Розрахунок розподілу переміщень

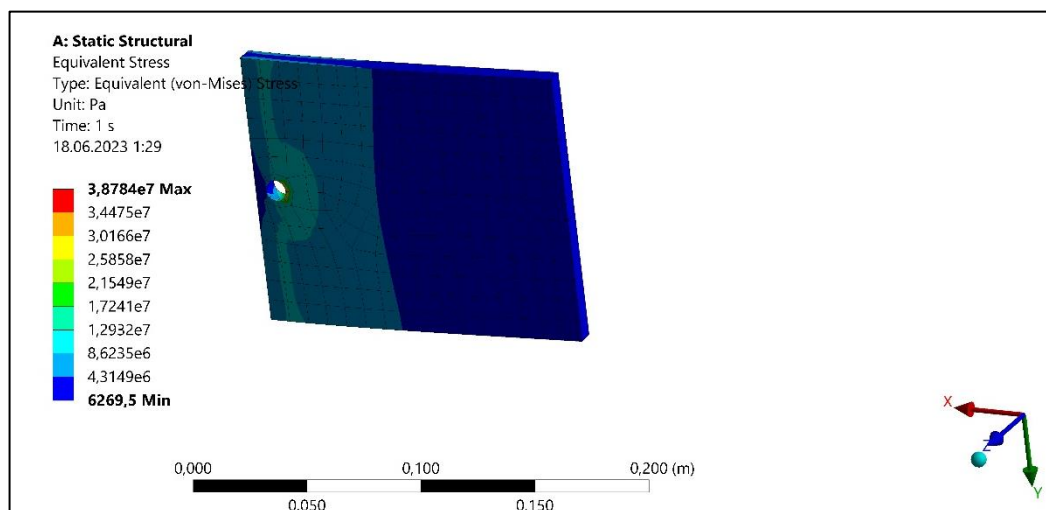


Рисунок 2.5 – Розрахунок еквівалентних напружень

Для корисної моделі [14] аналогічно створено 3D модель половини модернізованого скребка, прикладені такі ж сили та проведено аналогічні розрахунки. Сітка модернізованого скребка зображена на рис. 2.6, прикладені сили на рис. 2.7, результат розрахунку розподілу переміщень на рис. 2.8, результат еквівалентних напружень на рис. 2.9.

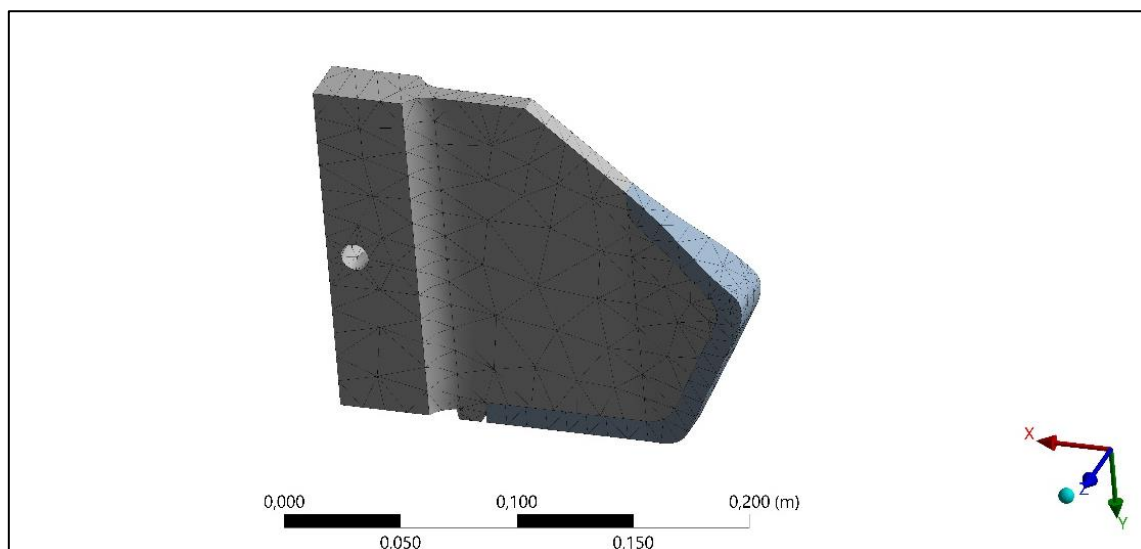


Рисунок 2.6 – Сітка скребка з модернізацією

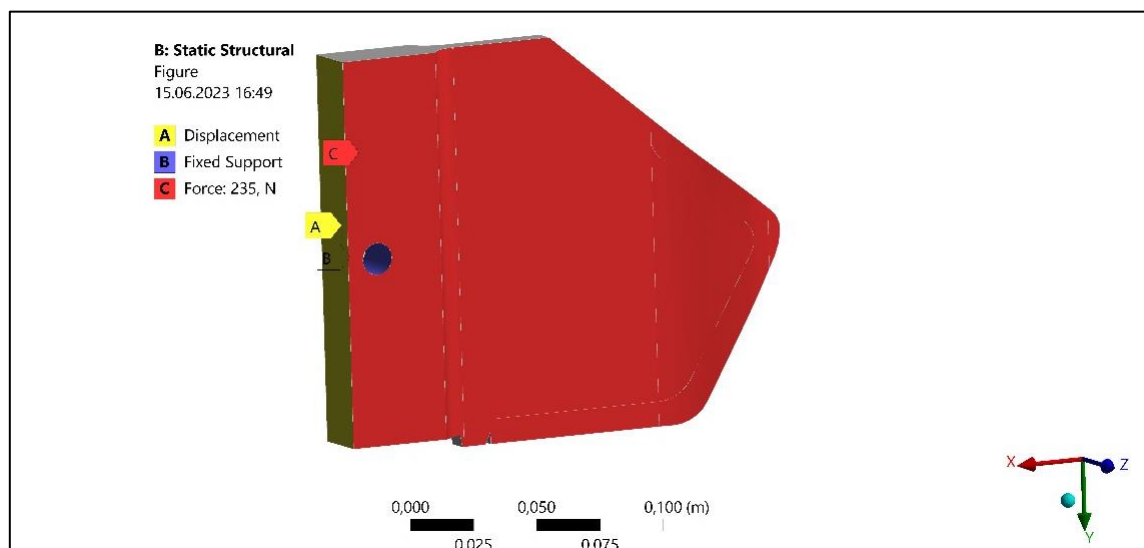


Рисунок 2.7 – Прикладені сили до модернізованого скребка

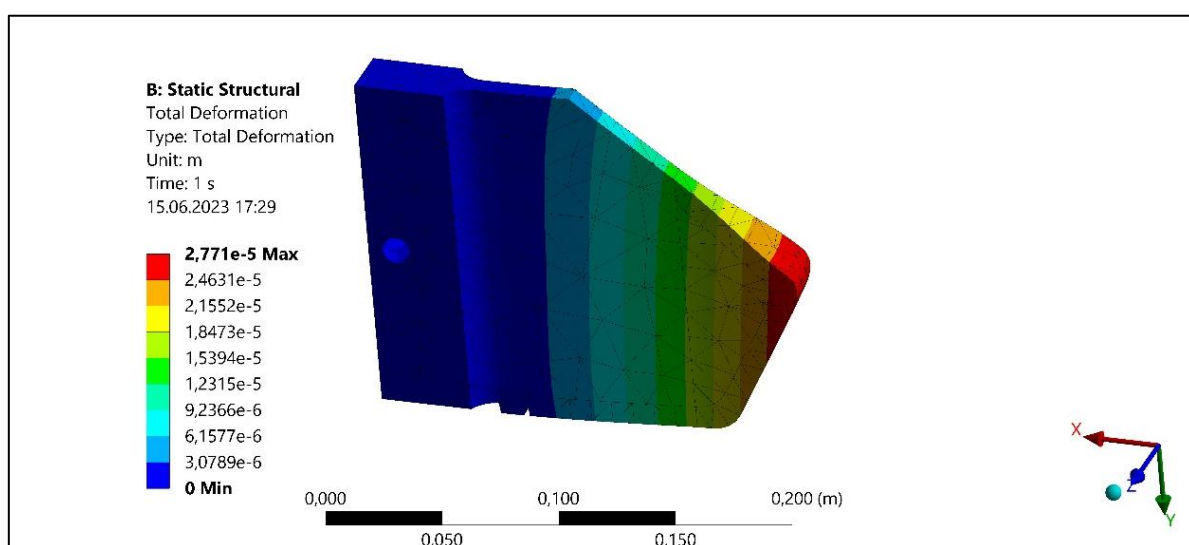


Рисунок 2.8 – Розрахунок розподілу переміщень

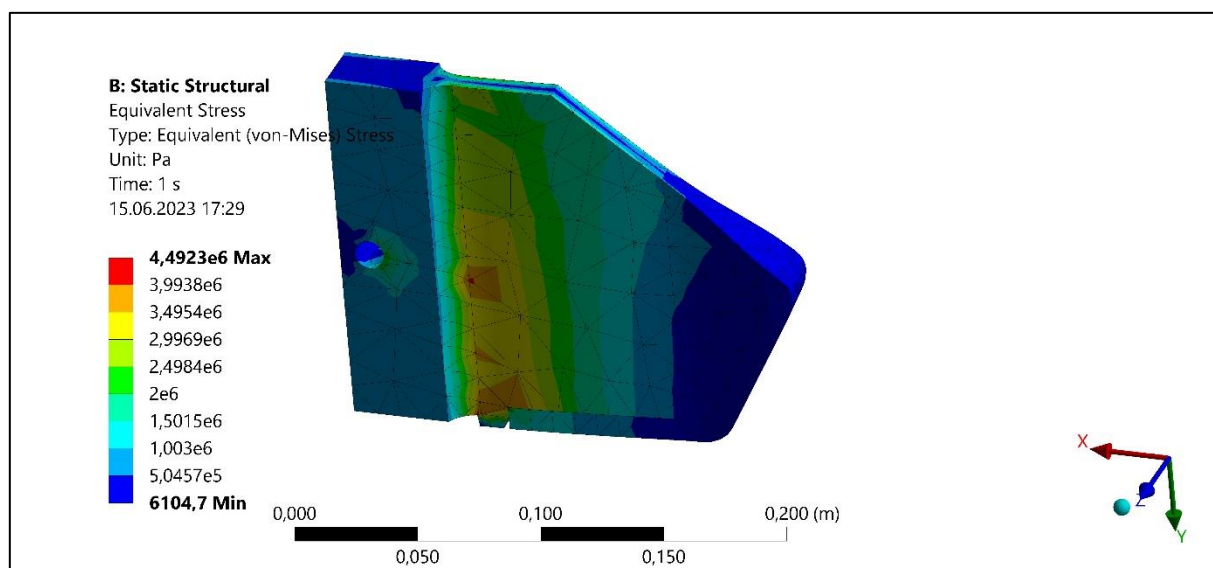


Рисунок 2.9 – Розрахунок еквівалентних напружень

За результатами розрахунків наглядно видно, що скребок і до і після модернізації є достатньо міцним. З рис. 2.4 максимальне переміщення для існуючої геометрії скребка становить $S=0,078$ мм, з рис 2.8 помітно, що для удосконаленої конструкції $S_{mod}=0,027$ мм. Максимальне переміщення удосконаленої конструкції на основі винаходу зменшується на 65%, що свідчить про те, що удосконалений скребок є міцнішим і більш стійким до деформації під дією прикладених зусиль.

Метою модернізації перш за все є збільшення терміну служби скребка, а саме як і у відношенні міцності на стирання та зносостійкості, так і в поведінці скребка під час ковзання, що досягається за рахунок того, що на нижній стороні перемички скребка передбачена зносостійка накладка з титанового сплаву, яка починаючись від виступу на нижній стороні середньої ділянки, покриває зазначену перемичку в напрямку кінцевої ділянки.

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Висновки

За результатами розрахунків для скребкового живильника визначено необхідні розміри для скребків та жолоба, обрано двигун 4A160S6Y3, круглоланковий ланцюг А1 - 10 × 35 та редуктор КЦ1-500-6,3-41-У3 червячного типу.

За допомогою перевірочних розрахунків виявлено, що коефіцієнти втомної міцності валів шестерні та колеса на згин та на кручення перевищують необхідні значення, що свідчить про їх достатню міцність. Немає потреби підвищувати опір втоми або застосовувати поверхневе зміцнення. Коефіцієнт запасу демонструє, що діючі напруження менші від граничних, що підтверджує достатню міцність валів.

Також, результати обчислень, які були проведені в САЕ-системі, показують, що скребок, як до, так і після модернізації, є достатньо міцним. Максимальне переміщення для удосконаленої конструкції скребка зменшилося на 65%, що свідчить про його більшу міцність та стійкість до деформації під навантаженням. Метою модернізації було збільшення терміну служби скребка і це було досягнуто за рахунок використання зносостійкої накладки з титанового сплаву на нижній стороні перемички скребка.

Таким чином, можна зробити висновок про досягнення бажаного ефекту модернізації, який полягає в покращенні міцності та зносостійкості скребка, що сприятиме збільшенню його терміну служби та покращенню його функціональних характеристик у системі.

					ЛУ91.085186.01-90 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Технологія машинобудування
до дипломного проєкту
на тему: «Живильник скребковий з модернізацією
скребків»

Київ – 2023 року

ЗМІСТ

1. Технологія виготовлення деталі	2
1.1. Опис та призначення деталі	2
1.2. Вибір заготовки для виготовлення деталі	2
1.3. Технологічний процес виготовлення деталі.....	5
2. Вибір пристосування для обробки	11
2.1. Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії.....	11
2.2. Розрахунок сил закріплення деталі	13
Висновки	15

					ЛУ91.085186.01-90 ТЕ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Живильник скребковий з модернізацією скребків		Лім.	Арк.	Акрушіє
Розроб.	Матвієнко Д.О.								
Перевір.	Герасименко Ю.Ю.							1	15
Реценз.							НТУУ КПІ ім. І.Сікорського		
Н. Контр.									
Затверд.	Сокольський О.Л.								

1. Технологія виготовлення деталі

1.1. Опис та призначення деталі

Скребки живильника зазвичай складаються з металевої смуги або пластини з прикріпленням до неї скребковим лезом. Вони доступні в різних формах і розмірах, залежно від конкретного застосування і конструкції живильника. Вони можуть бути виготовлені з металу або інших високоміцних матеріалів, залежно від властивостей оброблюваного матеріалу.

Скребки в основному використовуються для переміщення матеріалу або продукту по поверхні живильника. Вони можуть використовуватися для рівномірного розподілу матеріалу на поверхні живильника або для забезпечення подачі на наступні етапи обробки.

Підсумовуючи, можна сказати, що функція скребка живильника полягає в переміщенні матеріалу, а скребки живильника забезпечують переміщення матеріалу по поверхні живильника, допомагаючи йому рівномірно розподілятися або направляючи його в певному напрямку. Наступна функція - збір і розподіл матеріалу, де скребок може збирати матеріал з живильника і передавати його на наступний етап обробки або розподіляти у відповідних кількостях. Скребок живильника також використовується для очищення поверхні від накопиченого матеріалу або залишків, забезпечуючи таким чином надійну роботу обладнання.

1.2. Вибір заготовки для виготовлення деталі

При виборі заготовок для виробництва скребоків необхідно враховувати деякі фактори. Одним з них є вибір матеріалу заготовки, який визначається відповідно до характеристик матеріалу, який буде оброблятися скребком, і умов експлуатації. Як правило, використовуються такі метали, як сталь або нержавіюча сталь, що мають достатню міцність і зносостійкість. Основа деталей, які будуть

					ЛУ91.085186.01-90 ТЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

виготовлені, буде виготовлена з нержавіючої сталі, а накладка, що підвищує зносостійкість, буде виготовлена з титанового сплаву.

При виборі заготовок слід враховувати властивості обраного матеріалу, такі як міцність, твердість, зносостійкість і корозійна стійкість. Ці властивості повинні відповідати умовам використання скребка живильника, забезпечувати достатній термін служби і зменшувати потребу в частому технічному обслуговуванні та ремонті. Для матеріалів, з яких буде виготовлений скребок, актуальними є наступні характеристики:

Нержавіюча сталь є широко використовуваним матеріалом завдяки своїй корозійній стійкості і хорошим механічним властивостям. Нижче в табл. 3.1 наведено загальний опис хімічного складу аустенітної нержавіючої сталі, однієї з найпоширеніших нержавіючих сталей, яка використовується як основа для виготовлення скреbkів.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад сталі AISI 304

Сталь	C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %	Ni, %	Cr, %
AISI 304	≤ 0.08	≤ 1.00	≤ 2.00	≤ 0.045	≤ 0.030	8.0-10.5	18.0 - 20.0

Основні механічні характеристики обраної сталі включають межу міцності при розтягуванні ≥ 515 МПа, границю текучості: ≥ 205 МПа, відносне подовження при розриві: $\geq 40\%$, твердість: ≤ 92 HRB

Титановий сплав BT4, також відомий як Ti-4Al-4V, є одним з найпоширеніших титанових сплавів. Він відноситься до класу альфа-бета сплавів і має хімічний склад, який наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад титанового сплаву BT4

Титановий сплав	Ti, %	Al, %	V, %	Інші, %
BT4	90	4	4	2

Механічні характеристики підібраного титанового сплаву включають міцність на розтяг у нормальному стані – близько 900-1000 МПа, межу текучості у нормальному стані – близько 800 МПа, високі витривалість на втомні руйнування та корозійна стійкість у багатьох середовищах, відмінну здатність до сплавлення і зварювання.

Також розміри і форма заготовки повинні відповідати потребам конкретного скребка живильника. Це включає довжину і саму конфігурацію заготовки, які залежать від розмірів і конструкції самого живильника. Для обраного обладнання в результаті розрахунків заготовка має мати розміри: висота – 160мм, ширина – 380мм, товщина – 14мм (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Заготовка скребка

Технологічний процес для виготовлення скребка надалі буде представлений у маршрутній та операційній картах виготовлення.

					ЛУ91.085186.01-90 ТЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

1.3. Технологічний процес виготовлення деталі

[illegible]

[illegible]

Розроб.	Матвієнко Д. О.					
Перевір.	Боршак С. О.					
Прийняв						
Заверд.						
Н. контр.						
КПІ ім. Ігоря Сікорського						
Скребок						КР

CT08X18H10

Ст08Х18Н10										
М01	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н расх	КИМ	Код загот.	Профіль і розмір	К.Д.	М.З.
М02		1	0,41	1		0,71	ЛНТЯ	380х160х14	1	0,58

А	Цех	Уч.	Р.М.	Опер	Код, найменування операції	Позначення документа											
						С.М.	Проф.	Р.	У.Г.	К.Р.	Код.	ЕН	О.П.	К.от.	T _{ит.}		
Б						Код, найменування обладнання											T _{ит.}

А	005 XXXX Вертикально-фрезерна
---	-------------------------------

Б	XXXXX	18632	3	10	1	1	1	50	1
	6M12Π								

О	Чорнове та чистове фрезерування 2х сторін 380х160.
---	--

Q	За установочну базу приймають торешь А 360х14.
---	--

1	XXXXXX XXXX - патрон.
---	-----------------------

1	XXXXXX XXXX - Пакет шліфувальних фрез ГОСТ 29092-91
Т	

1	1. The first part of the document is a letter from the author to the editor, dated 1961. The letter discusses the author's interest in the subject of the book and the author's intention to write a book on the subject. 2. The second part of the document is a letter from the editor to the author, dated 1961. The letter discusses the editor's interest in the subject of the book and the editor's intention to publish the book. 3. The third part of the document is a letter from the author to the editor, dated 1961. The letter discusses the author's interest in the subject of the book and the author's intention to write a book on the subject. 4. The fourth part of the document is a letter from the editor to the author, dated 1961. The letter discusses the editor's interest in the subject of the book and the editor's intention to publish the book. 5. The fifth part of the document is a letter from the author to the editor, dated 1961. The letter discusses the author's interest in the subject of the book and the author's intention to write a book on the subject. 6. The sixth part of the document is a letter from the editor to the author, dated 1961. The letter discusses the editor's interest in the subject of the book and the editor's intention to publish the book. 7. The seventh part of the document is a letter from the author to the editor, dated 1961. The letter discusses the author's interest in the subject of the book and the author's intention to write a book on the subject. 8. The eighth part of the document is a letter from the editor to the author, dated 1961. The letter discusses the editor's interest in the subject of the book and the editor's intention to publish the book. 9. The ninth part of the document is a letter from the author to the editor, dated 1961. The letter discusses the author's interest in the subject of the book and the author's intention to write a book on the subject. 10. The tenth part of the document is a letter from the editor to the author, dated 1961. The letter discusses the editor's interest in the subject of the book and the editor's intention to publish the book.
---	--

.	010 VVVV C	no change in the size

[illegible]

B	XXXXXX	2A123	18632	3	10	1	1	50	1
B	XXXXXX	2A123	18632	3	10	1	1	50	1

О	Свердління 2х отворів Ø10.
---	----------------------------

О	За установочну базу приймають поверхню В 380х160.
---	---

Т	XXXXXX XXXX – патрон;
---	-----------------------

Т XXXXXX.XXXX – Пакет спіральних сверлд ГОСТ 10903-77.

55

МК

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛУ91.085186.01-90 ТЕ

2. Вибір пристосування для обробки

2.1. Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії

Прецизійні лещата підбираються для фіксації заготовки в якості пристосування і допомагають досягти високої якості, точності та міцності готового виробу. Вони також забезпечують ефективне переміщення матеріалу та високу стабільність скребка під час роботи.

Прецизійні затискачі використовуються для затискання та утримання робочого матеріалу під час обробки. Вони працюють за принципом механічного затиску, коли рухомий щелепний елемент притискається до нерухомого елемента, щоб надійно утримувати заготовку.

Основний принцип роботи прецизійних лещат (рис. 2.1) полягає у використанні системи важелів і механізмів для затиску матеріалу заготовки з необхідною силою і точністю.

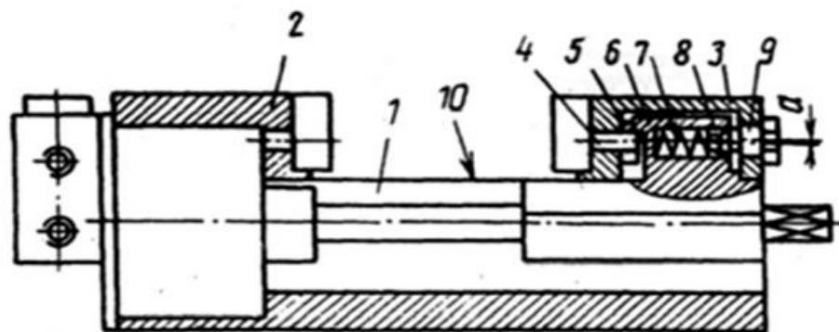


Рисунок 2.1 – Прецизійні лещата

Лещата мають дві губки(щелепи), одну рухоми 3 і одну нерухому 2, які можуть бути розміщені в різних положеннях в залежності від вимог обробки. При використанні прецизійних лещат рухомі губки притискаються до нерухомих за допомогою системи важелів або іншого механізму. Різні механізми використовуються для досягнення необхідної сили затиску і точності регулювання.

Корпус лещат 1 оснащений щелачами, рухомі щелепи контактують з клиновим елементом 5, який самовирівнюється на осі 4 повзуна. Повзун 6 має на

своєму передньому кінці похилу поверхню. Далі йде пружина 7, розташована в циліндричній порожнині повзуна.

Пружина знаходиться в циліндричній порожнині повзуна і діє на втулку 8, яка має конічний отвір на протилежному кінці, це забезпечує постійний контакт міжконічними отворами втулки. Конічний отвір і конічна поверхня штифта 9 знаходяться в постійному контакті і притискаються до заднього кінця рухомої щелепи. Задній кінець цієї щелепи притискається до прямої корпусу 10.

Для процесу свердління було обрано консольно-скальчатий кондуктор з пневматичним зажимом, який буде розглянутий як пристосування для проектування. Ці кондуктори є технічними пристроями, які використовуються для утримання і транспортування заготовок під час різних операцій, таких як свердління, фрезерування, розпилювання і зварювання.

Одним з основних компонентів кондуктора з пневматичним затискачем є кантилевер (консоль) - горизонтальна плоска конструкція, яка утримує заготовку і може регулюватися по висоті і довжині для забезпечення оптимального позиціонування заготовки під час обробки. Кондуктор має механізм шкали, який дозволяє регулювати положення консолі в трьох вимірах (X, Y і Z), щоб забезпечити правильне позиціонування заготовки відповідно до умов обробки.

Пневматичний затискач на кондукторі закріплює заготовку на консолі. Зазвичай використовуються пневматичні циліндри або пневматичні затискачі, щоб забезпечити надійне утримання заготовки під час обробки. Консольні кондуктори можуть мати систему керування, яка дозволяє регулювати положення консолі та затискачів відповідно до потреб обробки. Це може бути механічна, ручна або автоматична система управління [20, ст.444–447].

Обраний пристрій забезпечує стабільне затискання заготовки і точне позиціонування для обробки. Пристрій забезпечує ефективність, безпеку та повторюваність процесу обробки заготовки.

Принцип роботи пневматичного консольно-супортного затискача полягає в наступному: консоль встановлюється в потрібне положення відповідно до потреб обробки. Як правило, можна регулювати висоту, довжину і кут нахилу. Потім активується пневматичний затискач, і затискний елемент або циліндр висувається

					ЛУ91.085186.01-90 ТЕ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

навколо заготовки і втягується, надійно утримуючи її під час обробки. Затискач може управлятися пневматичним клапаном або іншим пристроєм управління. Потім консоль регулюється в трьох вимірах, X, Y і Z, за допомогою шкального механізму. Обробка виконується на заготовці, яка надійно утримується і точно позиціонується на консолі. Після закінчення роботи пневматичний затиск відпускається і затискний елемент або циліндр повертається в початкове положення, дозволяючи зняти заготовку з консолі.

Принцип роботи цього кондуктора гарантує, що заготовка стабільно утримується і точно позиціонується під час обробки, що сприяє підвищенню ефективності процесу і поліпшенню якості.

2.2. Розрахунок сил закріплення деталі

Зусилля затиску W, Н:

$$W = \frac{K \cdot M_k}{f \cdot R},$$

$$W = \frac{2,59 \cdot 25}{0,7 \cdot 0,0375} = 2\,467 \text{ Н}$$

де K – коефіцієнт запасу, $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$; K_0 – гарантований коефіцієнт запасу у всіх випадках, $K_0 = 1,5$; K_1 – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовок, $K_1 = 1,2$; K_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструменту, $K_2 = 1,2$; K_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при уривчастості різання при точенні, $K_3 = 1,2$; K_4 – коефіцієнт, що враховує сталість сили затиску, що розвивається силовим приводом пристосування, $K_4 = 1$; K_5 – коефіцієнт, що враховує ергономіку затискних елементів, $K_5 = 1$; K_6 – коефіцієнт, що враховується тільки за наявності крутного моменту, що прагне повернути оброблювану деталь, $K_6 = 1$;

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,59$$

					ЛУ91.085186.01-90 ТЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

M_k – крутний момент при свердлінні отвору визначаємо за формулою:

$$M_k = P_z * L$$

$$M_k = 823 * 0.03 = 25 \text{ Нм},$$

де L – довжина ріжучої кромки свердла, $L = 30 \text{ мм}$

P_z – сила різання, Н:

$$P_z = T * f * a$$

$$P_z = 10\,500 * 0.7 * 0.112 = 823 \text{ Н},$$

де f – коефіцієнт тертя між ріжучим інструментом та матеріалом, $f = 0.7$, a – площа контакту між ріжучим інструментом та матеріалом, яка дорівнює ширині скальчатого кондуктора помноженій на глибину різання ($140 \text{ мм} * 8 \text{ мм} = 1120 \text{ мм}^2 = 0.112 \text{ м}^2$), T – сила потягу, яка залежить від ріжучого інструменту та умов різання:

$$T = P * V,$$

$$T = 1500 * 7 = 10\,500 \text{ Н},$$

де P – потужність ріжучого інструменту, $P = 1500 \text{ Вт}$,

V – швидкість різання, м/хв:

$$V = (0.9 * \pi * D * n) / 1000,$$

$$V = (0.9 * 3.14 * 75 * 2000) / 1000 = 424 \text{ м/хв} = 7 \text{ м/с},$$

де D – діаметр скальчатого кондуктора, $D = 75 \text{ мм}$,

n – швидкість обертання інструменту, $n = 2000 \text{ об/хв}$.

					ЛУ91.085186.01-90 ТЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Висновки

Розроблено технологію виготовлення скребків, яка включає в себе наступні етапи: свердління, фрезерування та шліфування заготовки. Скребки виготовлені з високоякісної нержавіючої сталі для забезпечення міцності, корозійної стійкості та довговічності, що гарантує надійну роботу протягом тривалого періоду часу.

Розроблена технологія є ефективною та перспективною для масового виробництва скребків з нержавіючої сталі. Тривалий термін служби скребків і низькі експлуатаційні витрати гарантують високу якість продукції та сприятливу економічну ефективність.

При виборі інструментів для виробництва необхідних деталей обрано скальчатий кондуктор консольного типу як надійний і ефективний інструмент для виробництва скребків з високою точністю, швидкістю і гнучкістю. Такий вибір забезпечує виробництво високоякісних скребків з високими експлуатаційними характеристиками і довговічністю. Вибір затискачів з високоміцної сталі виправданий з точки зору міцності, терміну служби, універсальності та доступності цих матеріалів. Це гарантує, що скребки будуть ефективно і точно оброблені відповідно до виробничих вимог.

					ЛУ91.085186.01-90 ТЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Загальні висновки

Розглянуто призначення скребкового живильника, сферу його застосування, проаналізовано його основні вузли та принципи роботи, а також оцінено низку заходів, спрямованих на забезпечення безпеки та здоров'я працівників, які працюють з цим обладнанням.

Визначено, що модернізація скребків є доцільною і можливою з метою збільшення продуктивності та швидкості роботи живильника, зниження витрат та підвищення надійності обладнання, покращення безпеки та здоров'я працівників. За рахунок модернізації відбудеться підвищення ефективності системи, так як покращені скребки відповідатимуть вимогам безпеки і новим стандартам виробництва, що дозволить забезпечувати високу якість продукції та відповідати законодавству.

В результаті літературно-патентного пошуку обрано патент на корисну модель, який передбачає використання нержавіючої сталі для виготовлення корпусу скребка і титанового сплаву для виготовлення зносостійкої накладки. Встановлено, що ці матеріали мають високу міцність і корозійну стійкість і гарантують тривалий термін служби системи. Використання таких матеріалів також знижує витрати на технічне обслуговування і ремонт за рахунок усунення необхідності частої заміни скребків через згинання або пошкодження.

Модернізація скребків живильника зносостійкими накладками зі сплаву титану дозволила підвищити міцність і зносостійкість. Розрахунки та випробування підтверджують, що скребок та інші компоненти системи є достатньо міцними. Коефіцієнти втомної міцності валів і компонентів перевищують необхідні значення, що свідчить про надійність і довговічність.

Крім того, представлена у роботі технологія виробництва скребків з високоякісної нержавіючої сталі виявилася ефективною для масового виробництва, адже використання консольних скребкових кондукторів і високоміцних сталевих затискачів дозволяє виробляти високоякісні скребки з високою точністю, високою швидкістю і довговічністю.

Отже, обрана модернізація скребків живильника підвищує міцність, зносостійкість і термін служби, а також позитивно впливає на функціональні характеристики і ефективність всієї системи.

Перелік посилань

1. Кравчик А.Е., Шлаф М.М., Афонін В.І., Соболенська О.О. Асинхронні двигуни серії 4А Довідник, 1982.
2. International Journal of Mining Science and Technology. URL:<https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-mining-science-and-technology> (дата звернення: 24.04.2023)
3. International Journal of Mechanical Sciences. URL:<https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-mechanical-sciences> (дата звернення: 25.04.2023)
4. Materials Science Forum. URL:<https://www.scientific.net/MSF> (дата звернення: 27.04.2023)
5. Patent CN 217050226U. B65G19/24. Scraper for double-chain scraper conveyor / Yang Gang, Deng Chao. Application date 2022-04-12. Publication date 2022-07-26.
6. Patent CN 107406201A. B65G19/22. Scraper for a scraper chain conveyor / Komotzki Michael. Application date 2016-02-26. Publication date 2017-11-28.
7. Patent CN 110641917A. B65G19/06; B65G19/22. Scraper for chain scraper conveyor/ Shan Xionglong, Gao Wengui. Application date 2019-09-23. Publication date 2020-01-03.
8. Patent CN 214113858U. B65G19/10; B65G19/22; B65G19/24. Scraper assembly and scraper conveyor/ Xu Jianjun, Wang Wenxue. Application date 2020-10-16. Publication date 2021-09-03.
9. Patent CN 212654965U. B65G19/10; B65G19/24. Displacement mechanism of scraper conveyor/ Wang Zhiqiang, Tang Zheng. Application date 2020-07-07. Publication date 2021-03-05.

10. Patent CN 212923145U. B65G19/22; B65G19/24. Split type scraper for scraper conveyor/ Zhao Huatao, Zhang Qinzing, Zhao Xiaoyun. Application date 2021-03-04. Publication date 2021-04-09.
11. Patent CN 209554130U. B65G19/22. Scraper for scraper conveyor / He Fei, Wei Juxian, Xu Weizhong, Huang Feng. Application date 2018-11-27. Publication date 2019-10-29.
12. Patent CN 203997791U. B65G19/20; B65G19/24. Chain scraper mechanism of round-link chain scraper conveyor/ Wang Bin, Hu Yongming. Application date 2014-07-25. Publication date 2014-12-10.
13. Patent CN 215853382U. B65G19/18; B65G19/22. Scraper and scraper conveyor/ Zhao Zhisheng, Cai Yongchun, Hao Jianwen. Application date 2021-08-12. Publication date 2022-02-18.
14. Patent DE 202017107766U1. B65G19/22. Driver for scraper chain conveyors/ Scherf Burkhard. Application date 2017-12-20. Publication date 2019-03-22.
15. Кірієнко О.А., Гузенко Ю.М. Теорія механізмів і машин. Деталі машин розрахунки механічних передач – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 188 с.
16. М. І. Юхно. Підйомно-транспортуючі машини – Київ: НУХТ, 2007. – 132с.
17. Охорона праці та цивільний захист / О. Г. Левченко, О. І. Полукаров, В. В. Зацарний, Ю. О. Полукаров, О. В. Землянська. За ред. О. Г. Левченка. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 420 с
18. URL: <https://cargoset.com.ua/tsep-kruglozvennaya-tu01588>
(дата звернення: 14.05.2023)
19. URL:<https://xn--80a9y.com.ua/reduktory/katalog-konicheskocilindricheskih/> (дата звернення: 13.05.2023)
20. Ансеров М.А. Пристосування для металорізальних верстатів, 1975. – 657с.

ДОДАТКИ

Додаток А Таблиця розглянутих патентів

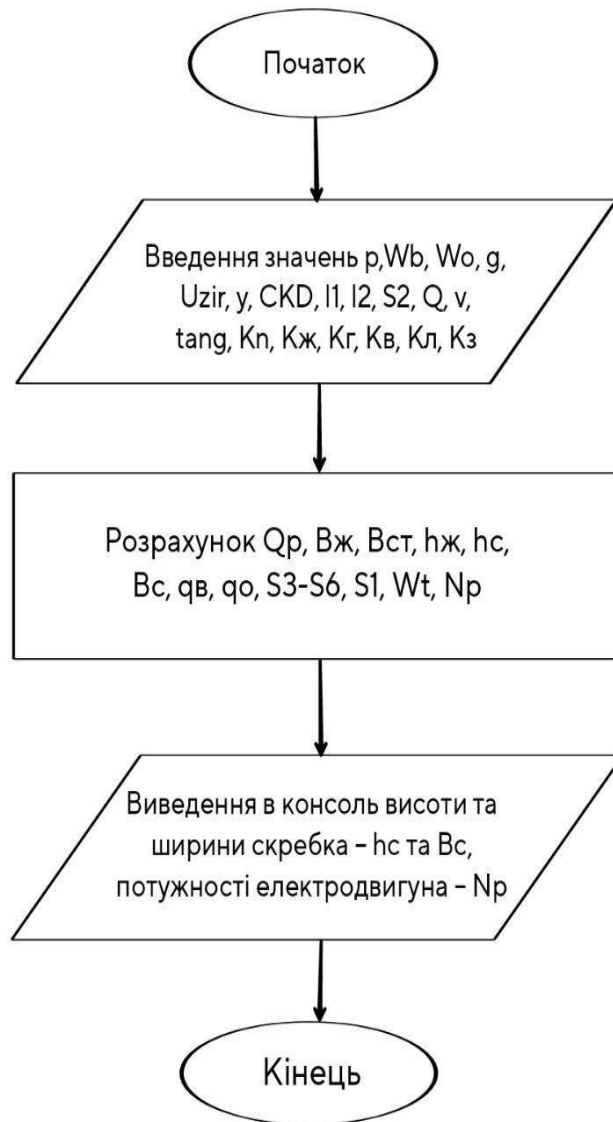
№ п/п	Предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, організація, автор	Мета заявленого технологічного рішення та ціль його створення
1	Scraper for a scraper chain conveyor	CN107406201A 2017-11-28 B65G19/22; Komotzki Michael	Мета винаходу – ефективне рішення для підтримки цілісності конвеєрної системи та забезпечення ефективного та безпечного переміщення матеріалів. Частину скребка винаходу, можна замінити окремо від корпусу скребка, що зменшує витрати на технічне обслуговування та продовжує термін служби скребка.
2	Scraper for chain scraper conveyor	CN110641917A 2020-01-03 B65G19/06; B65G19/22; Shan Xionglong, Gao Wengui, Cheng Xiaofeng, Wang Dongdong, Jin Qingyong, Chen Liwei	Мета – вирішення проблем, які пов’язані з тим, що скребок часто знаходиться в неправильному положенні між жолобом і частину сировини внизу не можна витягнути з хвостової частини обладнання, у цьому винаході пропонується застосування вигнутої форми корпусу скребка має вигнуту форму, яка розроблена для покращення контакту між скребком і конвеєрною стрічкою, що зменшує ймовірність зісковзування матеріалу з конвеєра під час транспортування.

3	Chain scraper mechanism of round-link chain scraper conveyor	CN203997791U 2014-12-10 B65G19/20; B65G19/24; Wang Bin, Hu Yongming	Технологічним рішенням є застосування нової технології для зменшення зносу транспортної стрічки і збільшення її терміну експлуатації. Метою корисної моделі є створення ланцюгового скребкового механізму ланцюгового скребкового конвеєра, який має високу міцність і надійність з'єднання та монтажу.
4	Scraper for scraper conveyor	CN209554130U 2019-10-29 B65G19/22; He Fei, Wei Juxian, Xu Weizhong, Huang Feng	Метою є зменшення накопичення матеріалів поблизу ланцюгового кільця ланцюга і усунення формування забруднення між різними партіями.
5	Scraper and scraper conveyor	CN215853382U 2022-02-18 B65G19/18; B65G19/22; Zhao Zhisheng, Cai Yongchun, Hao Jianwen	Метою корисної моделі є створення скребка та скребкового конвеєра, що можуть вирішити проблеми зношення ланцюга, зменшення терміну служби скребка і витрат на технічне обслуговування.
6	Scraper for double-chain	CN217050226U 2022-07-26 B65G19/24; Yang Gang,	Мета – вирішення проблем нестійкої фіксації та незручного розбирання та складання скребка у відомому рівні техніки.

	scraper conveyor	Deng Chao	
7	Scraper conveyor	CN212150400U 2020-12-15 B65G19/18; B65G19/20; B65G19/24; Yin Qiang	Метою цього винаходу є створення скребкового конвеєра для вирішення проблем незручної заміни скребків, легкої поломки скребків і незручності регулювання відстані між скребками, пропонованих у рівні техніки.
8	Scraper assembly and scraper conveyor	CN214113858U 2021-09-03 B65G19/10; B65G19/22; B65G19/24; Xu Jianjun, Wang Wenxue	Метою корисної моделі є подолання недоліків відомого рівня техніки та забезпечення скребкового вузла та скребкового конвеєра з хорошим транспортним ефектом і тривалим терміном служби.
9	Displacement mechanism of scraper conveyor	CN212654965U 2021-03-05 B65G19/10; B65G19/24; Wang Zhiqiang, Tang Zheng, Zhai Zhenwei, Lian Zexin,	Метою цього винаходу є створення механізму переміщення скребкового конвеєра, який зменшує потрапляння вугілля в середню канавку, збільшує опір тертя між ланцюгом скребка, скребком і середньою канавкою, а також зменшує опір тертю під час транспортування, заощадує енергію та зменшує її споживання, робить установку і виробництво зручними.

10	Split type scraper for scraper conveyor	CN212923145U 2021-04-09 B65G19/22; B65G19/24; Zhao Huatao, Zhang Qinzing, Zhao Xiaoyun	Мета полягає у вирішенні технічної проблеми, шляхом створення роздільного скребка для скребкового конвеєра для полегшення обслуговування та заміни скребка.
11	Driver for scraper chain conveyors	DE202017107766U 1 2020-03-19 B65G19/22; Scherf Burkhard	Мета винаходу полягає у покращенні зносостійкості скребків скребкового живильника за допомогою використання міцних матеріалів для самого скребка, а також для його накладки.

Додаток Б Блок-схема для автоматизації розрахунку



Додаток В Лістинг програми розрахунку на C++

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

using namespace std;

int main()
{
    //Вхідні дані для розрахунку:
    double p = 2.8;
    double Wb = 0.55;
    double Wo = 0.06;
    double g = 9.81;
    double Uzir = 1.08;
    double y = 0.7;
    double CKD = 0.82;
    int l1 = 12;
    int l2 = 13;
    int S2 = 1000;
    int Q = 65;
    double v = 0.37;
    double tang = 0.6;
    double Kn = 1.25;
```

```
double Kж = 2.1;  
double Kг = 0.7;  
double Kв = 0.75;  
double Кл = 0.5;  
double Kз = 1.1;
```

//Розрахункова продуктивність конвеєра:

```
double Qр = (Кп*Q)/Кг;
```

//Ширина жолоба:

```
float Вж = pow((Кж*Qр)/(3600*γ*Кв*ν*ρ), 0.5);
```

//Ширина за стандартом:

```
float Вст = round(Вж*10)/10;
```

//Висота жолоба:

```
double hж = Вст/Кж;
```

//Висота скребка:

```
double hc = hж - 0.03;
```

//Ширина скребка:

```
double Вс = Вст - 0.02;
```

//Визначення погонних навантажень:

//від вантажу

```
double qв = Qр/(3.6*ν);
```

//від ланцюгів зі скребками:

```
double q0 = Кл*qв;
```

//Тяговий розрахунок

```

double S3 = S2 + q0*l1*Wo*g;
double S4 = S3*Uzir;
double S5 = S4 + (qв*Wb + q0*Wo)*g*l1;
double S6 = S5 + (qв*Wb + q0*Wo)*g*l2 + (qв+ q0)*g*l2*tang;
double S1 = S2 - q0*Wo*g*l2 + q0*g*l2*tang;

```

//Тягове зусилля:

```
double Wt = S6 - S1 + (Uzir -1)*(S6 + S1);
```

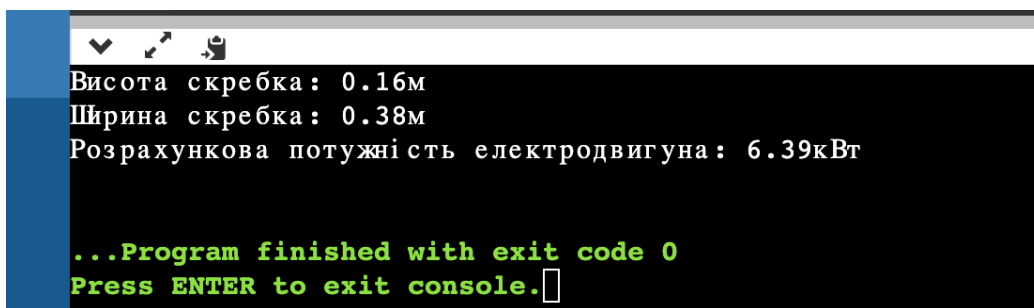
//Розрахункова потужність електродвигуна:

```
double Np = (Kз*Wt*v)/(1020*CKD);
```

```

cout<<fixed<<setprecision(2) << "Висота скребка: " << hc <<"м"<<"\n"
<<"Ширина скребка: "<< Bc << "м"<< "\n"
<<"Розрахункова потужність електродвигуна: "<< Np << "кВт"<< endl;
}

```



```

Висота скребка: 0.16м
Ширина скребка: 0.38м
Розрахункова потужність електродвигуна: 6.39кВт

...Program finished with exit code 0
Press ENTER to exit console.

```

За результатами в консолі можемо зробити висновки про точність виконаних розрахунків для обладнання за заданими характеристиками для цієї дипломної роботи.

Додаток Г Специфікації

[illegible]

[illegible]

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка	
				<u>Документація</u>			
A1			ЛУ91.085182.003-90	Складальне креслення	1		
				<u>Складальні одиниці</u>			
		1	ЛУ91.085182.003.001	Корпус	2		
		2	ЛУ91.085182.003.002	Зірочка натяжна	2		
		3	ЛУ91.085182.003.003	Вал натяжний	1		
		4	ЛУ91.085182.003.004	Ланцюг	1		
		5	ЛУ91.085182.003.005	Внутрішня кришка підшипника	2		
		6	ЛУ91.085182.003.006	Зовнішня кришка підшипника	2		
		7	ЛУ91.085182.003.007	Гвинт натяжний	2		
				<u>Стандартні вироби</u>			
		8		Шпонка 36x20x120	2		
				ГОСТ 23360-78	2		
		9		Стопорний болт	2		
		10		Болт М10х20	8		
				ГОСТ 7805-70			
		11		Шайба 10	8		
				ГОСТ 10450-78			
				ЛУ91.085182.003-90 СП			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Натяжна станція		
Разраб.		Матвієнко Д. О.					
Перев.		Герасименко Ю.Ю.					
Керів.							
Н. конт.							
Затв.		Сокольський О.Л.					
					Літ.	Арку	Аркушів
						1	2
					НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського		

[illegible]

[illegible]

Додаток Д Публікація

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування
Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України
Академія будівництва України

**ЗБІРНИК ДОПОВІДЕЙ
XVII Всеукраїнської
науково-практичної конференції**

ЕФЕКТИВНІ ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ ТА ПАКУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Київ, 14-15 червня 2023 року

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ПРОЕКТУВАННЯ І РОЗРАХУНКІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОЦЕСІВ	Стор.
Бенданий Д.Ю., Гондляр О.В. Трубний млин з модернізацією футерування барабана ...	6
Гурін Р.С., Гондляр О.В. Екструдер для виробництва двошарових полімерних труб з наномодифікованим внутрішнім шаром.....	8
Гурін Р.С., Гондляр О.В. Вплив висоти гвинтового каналу у зоні дозування на робочу характеристику екструдера.....	10
Безверхий І.О., Гондляр О.В. Дослідження залежності коефіцієнту форми екструзійної плоскощілинної головки в останньому плоскому щілинному каналі від висоти щілини	12
Жуковська А.О., Гондляр О.В., Антонюк С.І., Льош Ф. Деагломерація частинок діоксиду титану (TiO ₂) при ультразвуковому диспергуванні у рідкому середовищі.....	14
Янковський І.О., Гондляр О.В. Підходи до вирішення проблеми зносу деталей екструдера.....	18
Дорофеева А.О., Казак І.О. Дослідження еквівалентних напружень та деформацій вертикального валу конусної дробарки з пристроєм захисту від перенавантаження в системі Ansys.....	20
Омельчук І.В., Карвацький А.Я. Оцінка фізико-механічних властивостей поліетилену методами молекулярної динаміки.....	22
Мальчевський О.Т., Сівецький В.І., Сокольський О.Л. Зона динамічного змішувача черв'ячного екструдера.....	26
Гарбуза О.І., Сідоров Д.Е. Модернізація вузла регулювання подрібнюючого зазору конусної дробарки.....	28
Халімонов С.В., Сідоров Д.Е. Удосконалення валка каландру з метою підвищення технологічних можливостей машини.....	30
Колісник Я.А., Чемерис А.О. Дослідження працездатності модернізованого корпусу черв'ячного екструдера.....	32
Мосійчук О.А., Чемерис А.О. Методи вирішення проблем зниження міцності зчеплення між шарами композитного матеріалу.....	34
Панцир А.С., Чемерис А.О. Розробка розрахункової моделі модернізованої конструкції черв'яка.....	36
Прокопюк Б.В., Борщик С.О. Один з варіантів модернізації розвантажувального пристрою. Перевірка працездатності.....	38
Сандалюк М.І., Борщик С.О. Один з варіантів модернізації хвилеутворювача. Перевірка працездатності.....	42
Походенко О.Т., Васильченко Г.М. Залежність коефіцієнту геометричної форми екструдера від параметрів головки з конічною щілиною.....	45
Матвієнко Д.О., Герасименко Ю.Ю. Модернізація скребків скребкового живильника	47
Витвицький В.М., Шилович Т.Б., Витвицький В.М., Мікульонок І.О., Сокольський О.Л. Дослідження енергоефективності модернізованого корпусу екструдера.....	49
Максютов О.С., Щербина В.Ю. Автоматизація проектування приводної шестерні.....	53
Петров І.Р., Щербина В.Ю. Автоматизоване проектування вала приводу.....	56
Кузьмич А.В., Швачко Д.Г. Удосконалення віброшнекового живильника.....	58
Добровольський Д.Ю., Шилович І.Л. Теплообмін в каландрі гумового виробництва.....	60

Модернізація скребків скребкового живильника

Матвієнко Д.О. студент, Герасименко Ю.Ю., ас.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Розглянуто конструкцію скребкового живильника та запропоновано модернізацію скребків, що дозволяє збільшити строк його служби та сприяє досягненню більшої продуктивності живильника. Наведено результати розрахунків, що підтверджують працездатність модернізованої конструкції.

Вступ. Основним елементом скребкового живильника є скребок, який пересуває матеріали по поверхні жолоба живильника. Дослідження в області скребкових живильників проводяться для вдосконалення їхньої ефективності та надійності [1].

Модернізація скребків скребкового живильника є необхідною для підвищення його продуктивність шляхом вдосконалення конструкції, а саме новітні моделі скребків можуть мати покращену конструкцію, яка дозволяє зберігати матеріал та зменшувати втрати під час пересування. Модернізація може включати в себе встановлення нових компонентів, які менш схильні до зносу, що дозволяє зменшити час і витрати на ремонт та підтримку роботи обладнання [2].

Загалом, вдосконалення скребків скребкового живильника може покращити продуктивність, ефективність, безпеку та вартість експлуатації системи пересування матеріалу, що робить його цілком обґрунтованим.

З метою збільшення продуктивності живильника розроблено скребок, що має середню ділянку з приймальним гніздом для ланки ланцюга для приєднання скребка. З обох сторін до середньої ділянки скребка примикають лопаті скребка. Кожна лопать скребка має вихідну від середньої ділянки перемичку і ділянку на кінці, що розширюється до цієї перемички.

Згідно з винаходом [2], на нижній стороні цієї перемички передбачена зносостійка накладка, яка, починаючи від відступу на нижній стороні середньої ділянки, покриває зазначену перемичку в напрямку кінцевої ділянки. Це сприяє значному збільшенню терміну служби скребка та забезпечує також позитивний ефект і на продуктивність самого обладнання.

В результаті аналізу, дослідження і розрахунку такої модернізації скребка в системі Ansys, де враховувалися всі прикладені сили до цієї частини конструкції, було отримано результати деформацій базового (рис.1) та модернізованого скребка (рис.2), враховуючи існування площини симетрії.

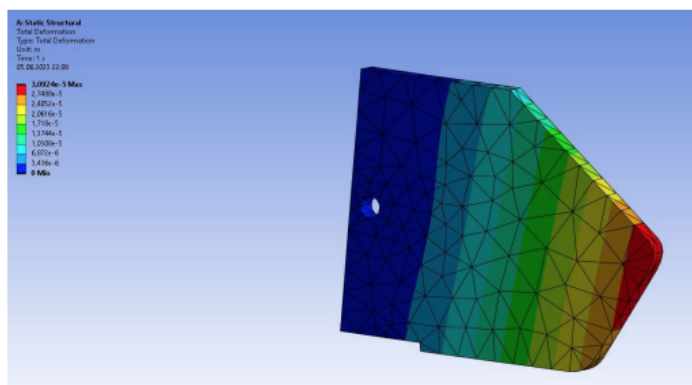


Рисунок 1 – Приклад розподілу переміщень для наявної форми скребка

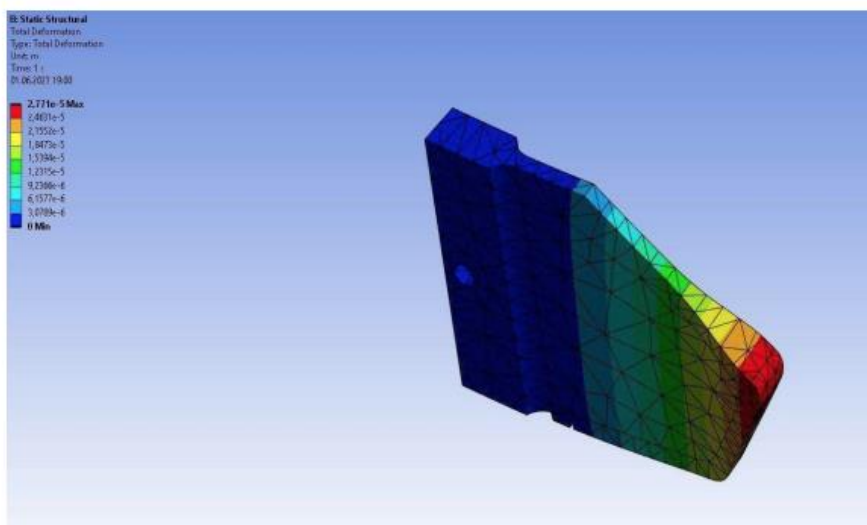


Рисунок 2 – Приклад розподілу переміщень для для модернізованого скребка

З рис. 1 видно, що для наявної форми скребка максимальні переміщення складають $S = 0.031$ мм, а з рис. 2, що для модернізованого – $S_{\text{mod}} = 0.027$ мм. Максимальні переміщення зміненої конструкції на базі винаходу зменшились на 13%, що зробило модернізований скребок міцнішим і стійкішим до деформацій, які утворюють прикладені сили.

Висновки. Аналіз числового моделювання показав, що в модернізованому скребку, порівняно з наявною формою скребка, переміщення є меншими, що робить модернізовану конструкцію винаходу стійкішою і міцнішою. Метою модернізації є перш за все збільшення терміну служби скребка, а саме як і у відношенні міцності на стирання та зносостійкості, так і в поведінці скребка під час ковзання, що досягається за рахунок того, що на нижній стороні перемички скребка передбачена зносостійка накладка, яка, починаючись від виступу на нижній стороні середньої ділянки, покриває зазначену перемичку в напрямку кінцевої ділянки.

Перелік посилань

1. М. І. Юхно. Підйомно-транспортуючі машини, Київ : НУХТ, 2007.132с.
2. Patent DE. 202017107766U1. МПК B65 G19/22. Driver for scraper chain conveyors / Scherf Burkhard. Application date 20.12.2017. Publication date 22.03.2019.