

**Міністерство освіти і науки України**  
**Луцький національний технічний університет**  
**Факультет транспорту та механічної інженерії**  
**Кафедра галузевого машинобудування**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ**  
**КІВШЕВОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ**  
**ГІДРАВЛІЧНОГО ЕКСКАВАТОРА**

спеціальність 133 Галузеве машинобудування

освітня програма Галузеве машинобудування

Виконав: здобувач вищої освіти  
Групи М-41  
**Комзюк Василь Володимирович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:  
К.т.н., доцент  
**Мартинюк Віктор Леонідович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
К.т.н., доцент  
Гарант освітньої програми:  
**Пуць Віталій Степанович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2025 року

# ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *транспорту та механічної інженерії*

Кафедра *галузевого машинобудування*

Ступінь вищої освіти: *бакалавр*

Галузь знань: *13 Механічна інж енерія*

Спеціальність: *133 Галузеве машинобудування*

Освітня програма: *«Галузеве машинобудування»*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ *В. Пуць*

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

## З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

*Комзюку Василю Володимировичу*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *«Удосконалення конструкції ківшевого робочого органу гідравлічного екскаватора»*

Керівник роботи: *к.т.н, доцент Мартинюк Віктор Леонідович*

затверджені наказом закладу вищої освіти від «18» березня 2025 р. № 163/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «04» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи *Технічна документація. Патентні матеріали. Технічні умови.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

*Вступ. Оглядова частина. Видобування вогнетривкої сировини роторними екскаваторами.*

*Особливості конструкції та технологічного призначення екскаватора. Конструктивна*

*будова екскаватора EP-315. Розрахунок козирка ковша. Розрахунок стріли ротора. Сили*

*різання ґрунту. Технологічний процес виготовлення валу приводу конвеєра роторного*

*екскаватора. Забезпечення безпеки праці під час виробництва та експлуатації роторного*

*екскаватора. Забезпечення екологічної безпеки під час виробництва роторного екскаватора*

*Висновки. Перелік джерел посилання*

5. Перелік графічного матеріалу:

1. Схема механізації – 1 лист ф. А1.

2. Схема ковша – 1 лист ф. А1.

3. Кабіна. Вигляд загальний – 1 лист ф. А1.

4. Кабіна. Складальний кресленник – 1 лист ф. А1.

5. Гусеничний возик. Складальний кресленник – 1 лист ф. А1.

6. Лещата пневматичні – 1 лист ф. А1.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Мартинюк В.Л., к.т.н., доцент		
Розділ 2	Мартинюк В.Л., к.т.н., доцент		
Розділ 3	Мартинюк В.Л., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання «18» березня 2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Вступ</i>	<i>29.03.2025 р.</i>	
2.	<i>1 Оглядова частина</i>	<i>15.04.2025 р.</i>	
3.	<i>2 Конструкторська частина</i>	<i>10.05.2025 р.</i>	
4.	<i>3 Експлуатаційна частина</i>	<i>24.05.2025 р.</i>	
5.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>28.05.2025 р.</i>	
6.	<i>Оформлення пояснювальної записки та графічної частини</i>	<i>04.06.2025 р.</i>	
7.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>06.06.2025 р.</i>	
8.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>12.06.2025 р.</i>	
9.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>14.06.2025 р.</i>	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

*(Комзюк В.В.)*

(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

*(Мартинюк В.Л.)*

(прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Комзюк В.В. Удосконалення конструкції ківшевого робочого органу гідравлічного екскаватора. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 Галузеве машинобудування. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, додатків.

У роботі розглянуто питання підвищення ефективності видобутку вогнетривкої сировини. Запропоновано вдосконалену конструкцію ковша з косим козирком і розміщеними під кутом ріжучими зубами, що забезпечує послідовне різання ґрунту, зменшення зусиль різання та стабільність роботи екскаватора. Отримані результати можуть бути використані при модернізації екскаваторного обладнання для підвищення ефективності видобутку сировини в гірничодобувній промисловості.

Ключові слова: ЕКСКАВАТОР, КІВШ, РІЖУЧИЙ ЗУБ, РОТОР, СТІЛА.

## ANNOTATION

Komziuk V.V. Improvement of the bucket working arm design of a hydraulic excavator. Manuscript.

Qualification work of the bachelor's degree program «Industrial Machinery Engineerig» in the specialty 0715 Mechanics and Metal Trades. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The study addresses the issue of improving the efficiency of refractory raw material extraction. An enhanced bucket design is proposed, featuring an inclined visor and cutting teeth positioned at an angle, which ensures sequential soil cutting, reduces cutting forces, and stabilizes excavator operation. The obtained results can be applied to the modernization of excavator equipment to increase raw material extraction efficiency in the mining industry.

Keywords: EXCAVATOR, BUCKET, CUTTING TOOTH, ROTOR, BOOM.

					<i>КРБ 0009.00.00.000 ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>	<i>Комзюк</i>				<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевірив</i>	<i>Мартинюк</i>					4	53
<i>Н. Контр.</i>	<i>Мартинюк</i>				<i>ЛНТУ, ФТМІ, гр. М-41</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Луць</i>						

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ .....	4
ЗМІСТ .....	5
ВСТУП .....	6
1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА .....	8
1.1 Видобування сировини .....	8
1.2 Видобування вогнетривкої сировини роторними екскаваторами.....	9
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	13
2.1 Особливості конструкції та технологічного призначення екскаватора .....	13
2.2 Конструктивна будова екскаватора EP-315.....	14
2.3 Розрахунок козирка ковша .....	18
2.4 Розрахунок стріли ротора.....	31
2.5 Сили різання ґрунту .....	33
2.6 Технологічний процес виготовлення валу приводу конвеєра роторного екскаватора.....	34
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА .....	39
3.1 Забезпечення безпеки праці під час виробництва та експлуатації роторного екскаватора.....	39
3.2 Забезпечення екологічної безпеки під час виробництва роторного екскаватора.....	46
ВИСНОВКИ .....	49
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	51
ДОДАТКИ .....	53

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Розробка ефективного та енергоощадного технологічного обладнання для гірничої промисловості є актуальним напрямом сучасного машинобудування. Одним із важливих завдань є підвищення ефективності видобутку корисних копалин, зокрема вогнетривкої сировини, яка широко використовується у металургії, хімічній промисловості та інших галузях. Особливої актуальності ця проблема набуває в умовах ускладненої геологічної будови родовищ, де звичайні методи виїмки призводять до значних технологічних втрат і зниження якості сировини.

Для селективного видобутку все частіше застосовуються роторні екскаватори, які дозволяють ефективно відокремлювати тонкі пласти сировини навіть за умов складної літології. Однією з ключових частин таких машин є ківшовий робочий орган, конструкція якого істотно впливає на зусилля різання, енергоспоживання, швидкість розробки пласта, а також ступінь подрібнення та змішування порід. Тому вдосконалення конструкції ковша гідравлічного екскаватора є важливим технічним завданням, вирішення якого сприятиме підвищенню продуктивності та зниженню експлуатаційних витрат.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності селективного видобутку в умовах складної геологічної будови родовищ вогнетривкої сировини. Застосування вдосконалених ковшів дозволяє значно зменшити втрати сировини, знизити навантаження на обладнання, подовжити термін експлуатації ріжучих елементів та забезпечити стабільність процесу виїмки. Удосконалення конструкції ковша з урахуванням специфіки ґрунтів сприятиме підвищенню продуктивності та зменшенню витрат енергії на кожну одиницю видобутої породи, що є критично важливим у сучасних виробничих умовах.

Об'єктом дослідження є процес видобутку вогнетривкої сировини в умовах складної геологічної будови родовищ.

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Предмет дослідження – конструкція ківшевого робочого органу гідравлічного екскаватора та його вплив на ефективність різання й подачі породи.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є вдосконалення конструкції ковша гідравлічного екскаватора для зниження енерговитрат і покращення якості селективного видобутку вогнетривкої сировини.

У роботі розглянуто питання підвищення ефективності видобутку вогнетривкої в умовах складної геологічної будови пластів. Проаналізовано гірничо-геологічні особливості родовищ та існуючі методи виїмки корисних копалин із застосуванням роторних і гідравлічних екскаваторів. Особливу увагу приділено конструкції ківшевого робочого органу, як ключовому елементу, що визначає продуктивність, енергоефективність і якість подрібнення породи. Запропоновано вдосконалену конструкцію ковша з косим козирком і розміщеними під кутом ріжучими зубами, що забезпечує послідовне різання ґрунту, зменшення зусиль різання та стабільність роботи екскаватора. Розроблену конструкцію проаналізовано з точки зору геометрії, умов навантаження та енергоспоживання. Отримані результати можуть бути використані при модернізації екскаваторного обладнання для підвищення ефективності видобутку сировини в гірничодобувній промисловості.

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

## 1.1 Видобування сировини

Для оцінки ефективності технології селективного видобутку вогнетривкої сировини та вибору відповідного устаткування були проаналізовані гірничо-геологічні особливості основних родовищ. Більшість таких родовищ відзначаються складною геологічною структурою, де в межах одного пласта можуть зустрічатися від 2 до 11 літологічно різних шарів із різними характеристиками сировини.

Умовно родовища вогнетривкої сировини можна поділити на три основні категорії:

Пласти складної будови з 4-6 і більше літологічними різновидами, нерівномірним чергуванням шарів і змінною потужністю.

Родовища середньої складності, що містять 2-4 літологічні різновиди.

Простішої структури пласти, що характеризуються одним-двома стабільними різновидами сировини, з домінуванням одного сорту.

Залежно від складності геологічної будови продуктивного шару, селективне виймання сировини за допомогою роторних екскаваторів може здійснюватися різними методами: горизонтальними, вертикальними однорядними або багаторядними стружками.

На родовищах першого та другого типу зазвичай використовують роторні екскаватори для зняття горизонтальних стружок, оскільки цей метод дає можливість точно відокремлювати тонкі пласти без змішування порід. Для третіх, простіших родовищ доцільніше застосування однокорових екскаваторів.

Суть горизонтальної стружкової виїмки полягає в послідовному зрізанні шару пласта горизонтальними смугами за допомогою виконавчого органу роторного екскаватора. Основною перевагою такого підходу є мінімальне змішування сортів сировини, а також зменшення загального шляху

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переміщення роторного механізму. Водночас до недоліків відноситься обмеження по висоті оброблюваного уступу, оскільки при вертикальній стружковій розробці висота підйому стріли використовується ефективніше.

Показником ефективності техніки при селективному видобутку є технічна продуктивність, яка розраховується за формулою:

$$Q_{\text{тех}} = k_{\text{Н}} \cdot k_{\text{с}} \cdot Q_{\text{теор}} \text{ (м}^3\text{/год)} \quad (1.1)$$

де:

$k_{\text{Н}}$ – коефіцієнт заповнення ковша,

$k_{\text{с}}$ – коефіцієнт селективності,

$Q_{\text{теор}}$ – теоретична продуктивність.

Коефіцієнт селективності визначає максимально можливу продуктивність машини за сприятливих умов роботи та належного технічного обслуговування.

Для підвищення цього коефіцієнта необхідно покращувати маневреність екскаватора, впроваджувати телескопічні стріли, забезпечити точну роботу виконавчого органу без просипань незалежно від кута нахилу роторної стріли та вдосконалювати інші конструктивні елементи.

## 1.2 Видобування вогнетривкої сировини роторними екскаваторами

Поклади вогнетривких глин і каолінів, як правило, знаходяться на невеликій глибині, що робить можливим їх розробку відкритим способом. Рациональне та економічно обгрунтоване видобування цих корисних копалин можливе лише за умов використання роторних екскаваторів.

Застосування такої техніки дозволяє знизити технологічні втрати, особливо на межах зіткнення з ґрунтовим покривом і підстилаючими породами, а також ефективно видаляти піщані та некондиційні шари.

Практика багатьох років експлуатації підтверджує, що роторні екскаватори є найбільш продуктивними і доцільними машинами для виїмки та

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навантаження в кар'єрах, де добувають вогнетривкі глини та каоліни. Вони забезпечують селективне виокремлення шарів навіть у пластах складної структури, добре адаптуються до частих змін потужності продуктивного шару та його окремих фрагментів.

Крім того, такі екскаватори ефективно інтегруються в безперервно-потоківі технологічні процеси, що дає змогу автоматизувати виробничий цикл і підвищити загальну продуктивність підприємства.

Процес добувних робіт із застосуванням роторного екскаватора РЕ-315

На родовищі видобуток глини здійснюється за технологічною схемою, поданою на відповідному кресленні. Роторний екскаватор РЕ-315 експлуатується для поетапного розроблення шару глини, який розділений прошарком піску. Виїмка матеріалу проводиться зверху вниз методом горизонтальних стружок. Видобута глина передається безпосередньо на двостріловий самохідний конвеєр-перевантажувач, з якого вона надходить на забійний стрічковий конвеєр.

Звідти глина транспортується на другий самохідний перевантажувач стрічкового типу і далі – подається безпосередньо у вагони залізничного транспорту для подальшого вивезення.

Піщаний прошарок також розробляється тим самим роторним екскаватором. У цьому випадку матеріал вивантажується у внутрішній відвал безпосередньо через відвальну консоль екскаватора, який у такому режимі виконує функцію відвалоутворювача. Насипаний пісок вирівнюється бульдозером для забезпечення подальшої роботи техніки. На спланованій поверхні формуються майданчики для розміщення самохідних перевантажувачів. Уздовж фронту розробки монтуються допоміжні конвеєри, а також укладаються залізничні колії для транспортування сировини.

Після повного видалення шару піску екскаватор переходить до виїмки нижнього шару глини, який також подається на перевантажувач і далі – за аналогічною схемою транспортується до вагонів.

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики механізмів, що беруть участь у видобутку вогнетривкої сировини.

Технічна характеристика РЕ – 315

Продуктивність - 315 м<sup>3</sup>/ч

Швидкість обертання ротора - 15,6 об/хв.

Число ковшів - 8

Ємність ковша - 0,13 м<sup>3</sup>

Питоме зусилля різання – 19,5 кН

Висота черпання - 9 м

Глибина черпання – 0,3 м

Радіус різання - 12 м

Ширина конвеєрної стрічки - 1 м.

Швидкість руху стрічки – 2,5 м/с

Питомий тиск на ґрунт - 70 кПа

Сумарна встановлена потужність - 360 кВт

Вага екскаватора - 95 т

Технічна характеристика СПК - 2

Продуктивність - 600 м<sup>3</sup>/год

Кількість конвеєрів - 2

Довжина приймального конвеєра - 16 м.

Довжина відвального конвеєра - 16 м.

Висота завантаження - 7,5 м

Висота розвантаження - 7,5 м

Ширина конвеєрної стрічки - 1 м.

Швидкість руху стрічки – 2,5 м/с

Питомий тиск на ґрунт - 0,07 кПа

Сумарна встановлена потужність - 40,5 кВт

1.3 Розрахунок річного об'єму сировини

Визначаємо об'єм добування сировини за зміну

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_c = P \cdot T = 315 \cdot 6 = 1890 \text{ м}^3 \quad (1.1)$$

де:

$P = 315 \text{ м}^3 / \text{год}$  – теоретична продуктивність;

$T = t \cdot (1 - a) = 8 \cdot (1 - 0,25) = 6 \text{ год}$  – час безпосередньої роботи екскаватора;

$t = 8 \text{ годин}$  – час зміни;

$a = 0,25$  – коефіцієнт який оцінює простій;

Вага сировини яка добувається за

$$G = V \cdot \rho = 1890 \cdot 2 = 3780 \text{ т} \quad (1.2)$$

де:

$\rho = 2 \text{ т/м}^3$  – щільність сировини.

Визначаємо кількість вагонів, які можна завантажити за одну зміну

$$n = \frac{G}{m} = \frac{3780}{60} = 63 \text{шт}$$

де:  $m = 60 \text{ т}$  – маса сировини у вагоні.

Вагони завантажуються для відвантажування приблизно шість разів за зміну у кількості десяти штук. З урахуванням цього визначаємо довжину шляху встановлення вагонів

$$L_n = n \cdot l = 10 \cdot 14,5 = 145 \text{ м} \quad (1.3)$$

де:

$l = 14,5 \text{ м}$  – довжина вагона,

$n = 10$  – число вагонів.

Визначаємо об'єм видобутку сировини за рік роботи

$$V_r = V_c \cdot k \cdot n = 1890 \cdot 220 \cdot 2 = 8315000 \text{ м}^3 \text{ или } 1,662200 \text{ т за рік}$$

де:

$V_c = 576 \text{ м}^3$  – видобуток за час зміни,

$k = 220$  – кількість робочих днів,

$n = 2 k$  – число змін.

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1. Особливості конструкції та технологічного призначення екскаватора

Ефективне селективне розроблення пластів складної будови потребує спеціального підходу до конструкції та кінематичної схеми екскаватора. Це зумовило низку ключових технічних особливостей машини:

Габаритні характеристики робочого обладнання дозволяють ефективно розробляти уступи висотою до 12 метрів, навіть за кутів нахилу вугілля до 65°, що є оптимальним для умов складного рельєфу.

Висока продуктивність екскаватора забезпечує його доцільне використання на підприємствах із річним обсягом видобутку до 1,5 млн тон. Машина розрахована на інтенсивну експлуатацію у двозмінному режимі.

Зусилля на різальний орган є достатнім для подолання опору гірської маси, включаючи вогнетривку сировину, що гарантує стабільність виїмки навіть у щільних породах.

Конструкція роторного колеса включає 8 ковшів із зміщеними по траєкторії зубами. Такий підхід дозволяє не лише зменшити енергетичні витрати під час процесу різання, а й сприяє ефективному розвантаженню ковшів і формуванню оптимального гранулометричного складу видобутої маси.

Особлива конструктивна схема, в якій вісь обертання роторної стріли зміщена назад разом із віссю повороту відвальної стріли за межі осі обертання основної платформи, дозволила зменшити або повністю відмовитися від використання масивної противаги. Така конфігурація зумовлює знижену масу машини, зменшує питомий тиск на опорні поверхні, що особливо важливо для роботи на нестійких або зволжених ґрунтах. Крім того, це сприяє рівномірному розподілу навантаження, покращує загальну стійкість екскаватора як у поздовжньому, так і в поперечному напрямках.

Інтегрований механізм автоматичного повернення кінця відвальної стріли в початкову точку розвантаження синхронно з поворотом екскаваторної

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

платформи забезпечує точне й безперервне перевантаження сировини. Завдяки цьому виключаються втрати матеріалу під час транспортування, що гарантує чисту і повну подачу сировини без просипів безпосередньо у вагони.

Застосування самохідних конвеєрів-перевантажувачів у складі технологічного комплексу разом із роторним екскаватором значно підвищує його мобільність у межах вибою. Це особливо важливо при селективному видобутку, де необхідно часто змінювати положення техніки та адаптуватися до змінної конфігурації пластів.

У сукупності ці конструктивно-технологічні рішення забезпечують високу оперативність підготовчих робіт, мінімізують непродуктивні простоя та дають змогу ефективно працювати навіть в умовах обмеженого простору і складної геологічної будови родовища.

## 2.2. Конструктивна будова екскаватора EP-315

Загальна конструкція екскаватора показана на кресленні. Машина складається з кількох ключових функціональних вузлів і агрегатів:

- Робоче обладнання;
- Поворотна платформа;
- Надбудова;
- Механізм повороту;
- Відвальна стріла ;
- Ходовий візок;
- Приймальна стріла;
- Ківш.

Система електрообладнання та керування. Ці компоненти утворюють єдину технологічну систему, що забезпечує ефективну роботу екскаватора в умовах відкритого видобутку.

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.1 Екскаватор роторний

### 2.2.1. Робоче обладнання

Основним виконавчим елементом машини є ротор безкамерного типу, що забезпечує бокове гравітаційне вивантаження ґрунту на обертовий конус, фіксований відносно нерухомого сектора. Така конструкція сприяє рівномірному розподілу матеріалу при розвантаженні та знижує втрати сировини.

Діаметр ротора визначається з урахуванням обсягів вибою, глибини розробки та умов роботи. Для його розрахунку застосовується наступне рівняння:

$$d = 0,17\sqrt{Q}, \quad (2.1)$$

де

Q - продуктивність (м<sup>3</sup>/год) = 315 м<sup>3</sup>/год;

Приймаємо d = 3(м).

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маємо  $d = 0,17\sqrt{315} = 3,1 \text{ м.}$

Ковші ротора мають ланцюгове днище 1, литий пояс 2 і зубці 3. Ківш кріпиться до роторного колеса за допомогою зварювання.

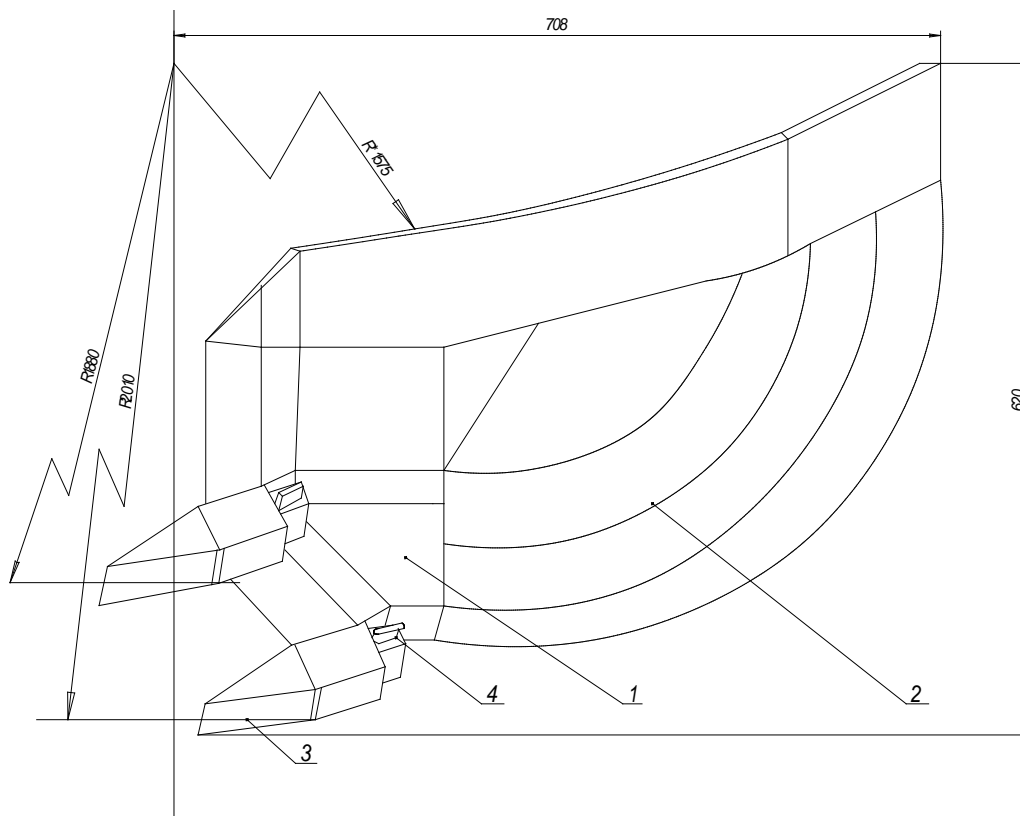


Рисунок 2.2 Ківш двозубий

Роторна стріла.

Роторна стріла представляє собою поєднання силової металоконструкції та транспортувального конвеєра з відповідним приводом. Основу несучої конструкції стріли складає труба діаметром 720 мм, яка забезпечує необхідну жорсткість та міцність елемента.

У головній частині стріли, на щоках вилки, розташовані наступні компоненти: кронштейн (позиція 7) для монтажу редуктора з електроприводом, бункер (позиція 8), контейнер (позиція 9), а також вушка для підвіски роторної стріли. Зі зворотного боку конструкція закінчується вилкоподібним вузлом (позиція 10) з отворами для навішування стріли на цапфи порталльної конструкції. Позиції відповідають кресленню стріли (лист 3).

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

По довжині стріли до несучої труби приварена каркасна основа конвеєра, що кріпиться за допомогою кронштейнів і планок. Несучим елементом рами служать швелерні балки, на яких закріплені ролики для підтримки робочої та зворотної гілок стрічки. Робоча гілка конвеєра підтримується трироликівими опорами з крайніми роликами, розташованими під кутом 30° до горизонталі. Така конструкція формує стрічку у вигляді жолоба, що знижує ймовірність просипання матеріалу й одночасно підвищує ефективність транспортування.

У зоні подачі ґрунту з ковшів на стрічку змонтовано приймальний бункер, закріплений на конструкції стріли, що забезпечує рівномірне завантаження матеріалу на конвеєр.

У зоні, де відбувається передача ґрунту з ковшів на конвеєр, на металевій конструкції стріли встановлено приймальний бункер. Щоб запобігти висипанню чи просипанню транспортувального матеріалу, передбачено спеціальні захисні елементи – щитки та фартухи.

З лівого боку роторної стріли розміщена обслуговуюча платформа з огорожувальним поручнем, яка забезпечує доступ до приводу ротора та конвеєрної системи для проведення технічного обслуговування.

Натяжний барабан конвеєра обладнаний горизонтально рухомими опорами, які регулюються гвинтовим механізмом ручного типу. Така конструкція дозволяє знімати барабан без необхідності розрізання стрічки. На осі барабана шарнірно закріплений скребок, який очищає стрічку від налиплого матеріалу, що покращує її експлуатаційні характеристики.

Роликові опори конвеєра встановлені на наскрізних осях та мають уніфіковані підшипникові вузли. Підшипники заповнені консистентним мастилом і герметизовано кришками з волокніту, що мають лабіринтне ущільнення. Підшипникові стакани центруючого (крученого) ролика з'єднані трубкою, на яку симетрично встановлені дві спіралі – ліва та права. Ці спіралі забезпечують самовирівнювання стрічки по центру, підвищуючи стабільність її руху.

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.2.2. Розрахунок ковша.

Ємність ковша:

$$q = \frac{K_p \cdot Q \cdot d\Pi}{3600 \cdot Z \cdot V_p}, \quad (2.2)$$

де

$K_p = 1,5$  – коефіцієнт розпушування ґрунту;

$Q = 315$  м<sup>3</sup>/год – продуктивність екскаватора;

$d = 3$  м – діаметр ротору;

$Z = 8$  – кількість ківшів на роторі;

$V_p = 1,5$  м/с – колова швидкість;

Довжина ковша:

$$h = \sqrt[3]{\frac{q}{m}}, \quad (2.3)$$

де

$q = 0,13$  м<sup>3</sup> – ємність ковша;

$m = 1,5$ ;

$$h = \sqrt[3]{\frac{0,13}{1,5}} = 0,44 \text{ м.}$$

Висота ковша:

$$B_k = h \cdot 1,5 = 0,44 \cdot 1,5 = 0,66 \text{ м.}$$

### 2.3 Розрахунок козирка ковша

Козирок ковша являє собою складну конструкцію, яка за своєю геометрією відповідає оболонці двоякої кривизни. Бокові елементи цієї оболонки нахилені до площини симетрії під кутом приблизно 7°. Поперечні перерізи мають змінну форму, що ускладнює проведення точного аналітичного

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрахунку, оскільки їх контури складаються з комбінації прямокутних та трапецієподібних сегментів, які з'єднуються під кутом.

З огляду на складність геометрії та навантаження, для розрахунку міцності приймається спрощена розрахункова схема. Козирок умовно моделюється як плоска стрижнева система – рама, яка має шість ступенів статичної невизначеності та фіксоване заземлення у п'ятах. При цьому розглядається дія просторового навантаження.

Умовні припущення для спрощення розрахунку:

Площинність осі рами:

Центр ваги поперечних перерізів вважається розташованим у площині рами, оскільки його зміщення є незначним.

Ігнорування розвороту стійок:

Нахил бічних елементів до середньої площини не враховується, оскільки аналогічним чином зорієнтовані й ріжучі елементи (зубці), а також навантаження, що на них передається.

Спрощення осей інерції:

Не береться до уваги відхилення головних осей інерції ( $U$ ,  $V$ ) від координатних осей ( $X$ ,  $Y$ ), оскільки кут між ними варіюється у межах від  $0^\circ$  до  $21^\circ$ , що незначно впливає на результат розрахунку.

Жорсткість поперечних перерізів у напрямку, перпендикулярному до площини рами, є значно вищою, ніж у самій площині рами. Якщо виникає потреба в уточненні результатів розрахунку, необхідно окремо визначити деформації, що виникають у площині рами під впливом навантаження, прикладеного поза її площиною. Ці деформації слід врахувати при аналізі зусиль і напружень, тобто виконати додатковий уточнений розрахунок у самій площині рами.

Приймаються такі умовні позначення і правила для знаків:

Згинальний момент у площині рами позначається як  $M_x$  і вважається додатним, якщо спричиняє розтягнення зовнішніх (зовнішнього по відношенню до кривизни) волокон.

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згинальний момент, що діє перпендикулярно до площини рами, позначається  $M_y$  і вважається додатним, якщо розтягує переднє волокно, тобто вістря козирка.

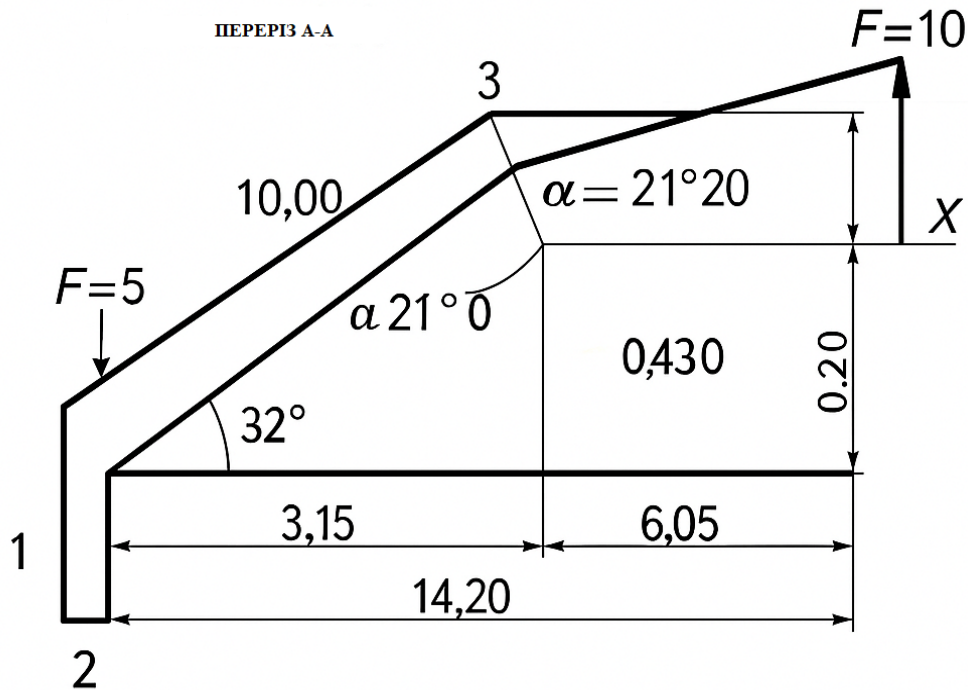


Рисунок 2.2 Розрахункова схема

Відповідно до цього розрахункову схему ковша (раму) зображуємо вістрям козирка до нас, а складові навантажень  $P$  на козирок ковша з площини рами - від нас.

Тоді згинальні моменти навколо головних осей у функції від згинальних моментів навколо осей  $X$  і  $Y$  з урахуванням знаків знаходяться за формулами:

$$M_{\max} = M_y \cos \alpha_0 + M_x \sin \alpha_0$$

$$M_{\min} = M_x \cos \alpha_0 - M_y \sin \alpha_0$$

(2.4)

На рис. 2.3 представлено умовну поздовжню вісь рами, на якій вказані позначення характерних перерізів. Для кожного з них необхідно визначити геометричні характеристики. При цьому припускається, що момент інерції між

									Арк.
									20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

цими перерізами змінюється лінійно, що є обґрунтованим припущенням для моментів інерції відносно осі X і орієнтовно справедливим для осі Y.

Положення центра ваги кожного перерізу (див. рисунок 2.3) знаходиться шляхом розрахунку статичних моментів площі відносно допоміжної осі  $X_1$   $X_1$ , як це зображено на схемі.

Для обчислення моменту інерції  $J_x$  слід скористатися формулами, які враховують перенесення осей (паралельне зміщення) та їх обертання:

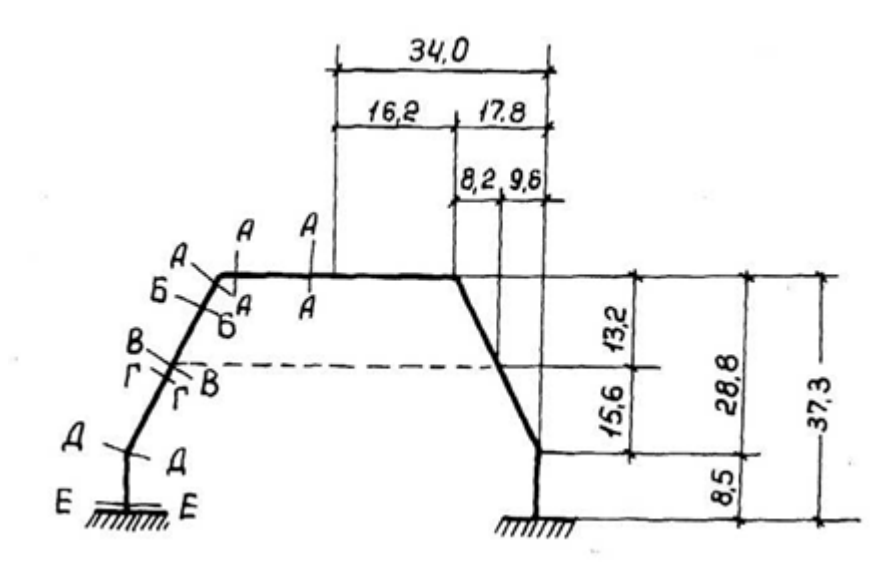


Рисунок 2.3 Схема козирка

$$J_x = J_{x_0} + a^2 F;$$

$$J = J_{x\alpha} \cos^2 \alpha + J_{y\alpha} \sin^2 \alpha - J_{x\alpha y\alpha} \sin 2\alpha \quad (2.5)$$

де

$J_{x_0}$  – момент інерції певної частини перерізу відносно нейтральної осі, яка є паралельною вісі X;

$\alpha$  – відстань від центру ваги до вісі X;

$J_{x\alpha}$  та  $J_{y\alpha}$  – власні моменти інерції відносно вісей, які проведені під кутом  $\alpha$  відносно основної системи координат.

Маємо:

						КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
							21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$J_x = \frac{4.6 \times 2^3}{12} + 4.6 \times 2 \times 1.3^2 + \frac{5 \times 2^3}{12} \times 0.85^2 + \frac{2 \times 5^3}{12} \times 0.53^2 + 0.15^2 \times 10 + \frac{5 \times 2^3}{36} \times 0.85^2 + \frac{2 \times 5^3}{36} \times 0.53^2 - \frac{2^2 \times 5^2}{72} \times 0.9 + 5 \times 2.15^2 + \frac{1 \times 2^3}{36} + 1 \times 1.5^2 \approx 50 \text{ см}^4$$

Для перерізу А – А моменти інерції

$J_y$   $J_{xy}$  :

$$J_y \approx 250 \text{ см}^4; \quad J_{xy} \approx 92 \text{ см}^2;$$

Далі визначаємо

$$J_d = \frac{1}{3} \times l \times \delta^3 \quad (2.6)$$

де

$l$  - довжина середньої лінії перерізу;

$\delta$  - товщина перерізу.

Врахувавши, що  $l = 12.5$  и  $\delta = 2$ , маємо  $J_d = 33 \text{ см}^4$

Для визначення кута нахилу головних вісей інерції перерізу врахуємо:

$J_x = 50$ ,  $J_y = 250$ ,  $J_{xy} = 92$ , маємо

$$\text{tg}2\alpha_0 = 0.92; \quad \sin\alpha_0 = 0.36;$$

$$2\alpha_0 = 42^\circ 40'; \quad \cos\alpha_0 = 0.93;$$

$$\alpha_0 = 21^\circ 20'; \quad \text{tg}\alpha_0 = 0.39.$$

Головні моменти

$$J_{\max} = J_y + J_{xy} \times \text{tg}\alpha_0$$

$$J_{\min} = J_x - J_{xy} \times \text{tg}\alpha_0 \quad (2.7)$$

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальні значення.

Маємо:

$$J_{\max} = 285 \text{ см}^4$$

$$J_{\min} = 15 \text{ см}^4$$

Момент опору перерізу:

$$W_d = \frac{1}{3} \times \ell \times \delta^2$$

Маємо:

$$W_{\max} = 32 \text{ см}^3;$$

$$W_{\min} = 7,9 \text{ см}^3;$$

$$W_d = 16 \text{ см}^3;$$

Всі геометричні характеристики сформуємо у вигляді таблиці

Таблиця 2.1 – Геометричні характеристики розрахункових перерізів

Перерізи	F	J <sub>d</sub>	W <sub>d</sub>	J <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	J <sub>xy</sub>	α <sub>0</sub>	tgα <sub>0</sub>	sinα <sub>0</sub>	cosα <sub>0</sub>	J <sub>max</sub>	J <sub>min</sub>
А – А	25	33	16	50	250	92	21°20'	0,93	0,36	0,93	285	15
Б – Б	31	41	20	76	560	185	18°15'	0,33	0,31	0,95	620	15
В – В	50	67	33	116	2400	409	9°50'	0,17	0,17	0,99	2470	45
Г – Г	46	61	30	98	1940	344	10°50'	0,19	0,19	0,98	1900	38
Д – Д	62	83	41	111	4650	487	6°03'	0,11	0,11	0,99	4700	59
Е – Е	62	80	40	20	4500	0	0°	0	0	1,00	4500	20

З урахуванням попередніх міркувань, ідеалізовану геометричну модель козирка ковша подаємо у вигляді плоскої ламаної рами. Основні геометричні параметри та співвідношення жорсткостей окремих її елементів наведені на рисунку 2.4. Значення жорсткостей при вигині визначені відповідно до графіка зміни моментів інерції по контуру рами, поданого на рис. 2.5.

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час різання ґрунту зубами ковша основне навантаження створюється у вигляді реактивних сил, які передаються від ґрунту на зуби. Ці сили умовно представлені як дві однакові зосереджені сили  $P$  (рис.2.6). Якщо розкласти їх на горизонтальну та вертикальну складові, отримаємо навантажувальну схему, зображену на рисунку 2.7. При зношуванні зубів сила залишається тією ж за величиною, однак змінюється її напрямок на протилежний.

Отримана конструкція являє собою тричі статично невизначену раму. Для її аналізу доцільно скористатися методом сил, враховуючи симетрію моделі. Базову статично визначену систему обираємо симетричною: для цього модель розсікається по осі симетрії, а замість усунутих опор вводяться три невідомі силові впливи.

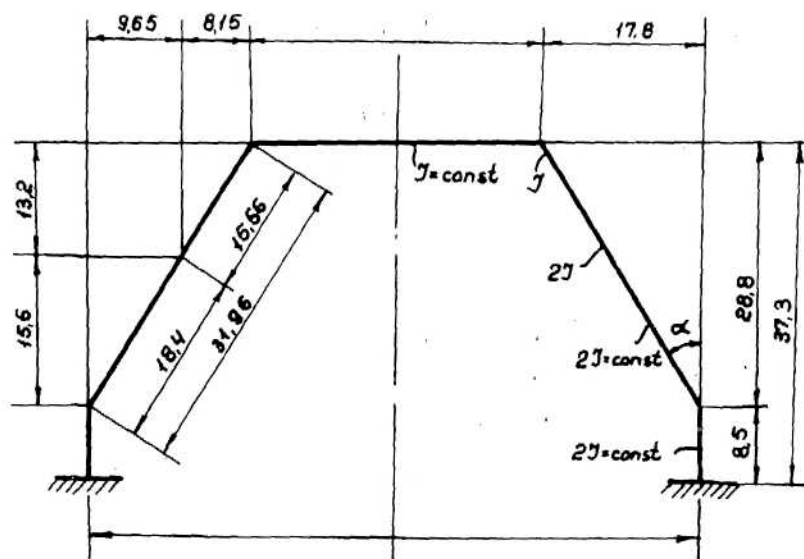


Рисунок 2.4 Схема для розрахунку козирка ковша

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

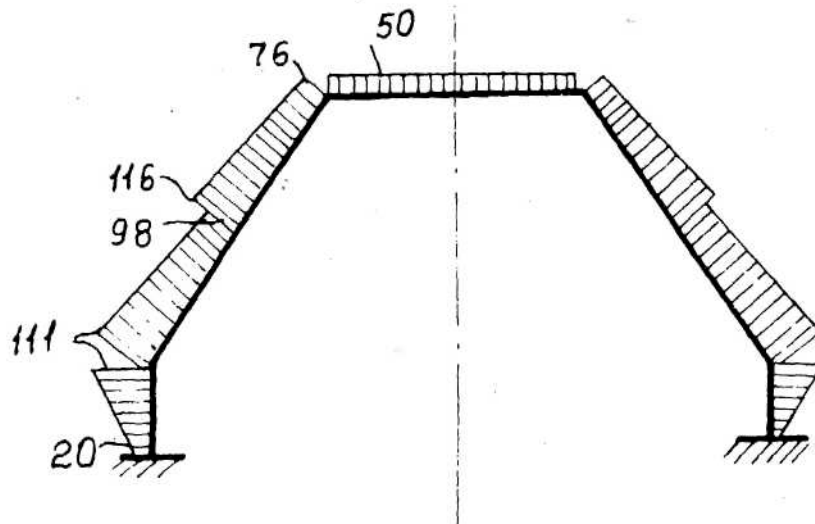


Рисунок 2.5 Епюра моментів інерції рами

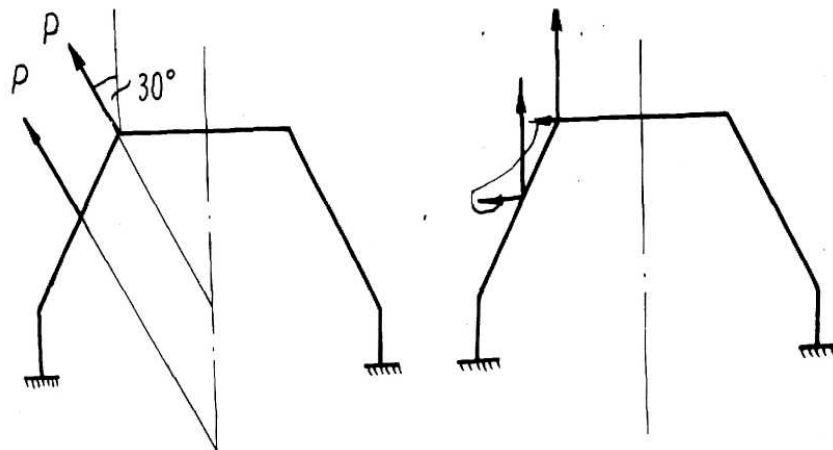


Рисунок 2.6 Схема завантаження при згинанні в площині рами (різання гострими зубцями): а) навантаження на зуби;  
б) вертикальні та горизонтальні складові навантаження

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 0009.00.00.000 ПЗ

Арк.

25

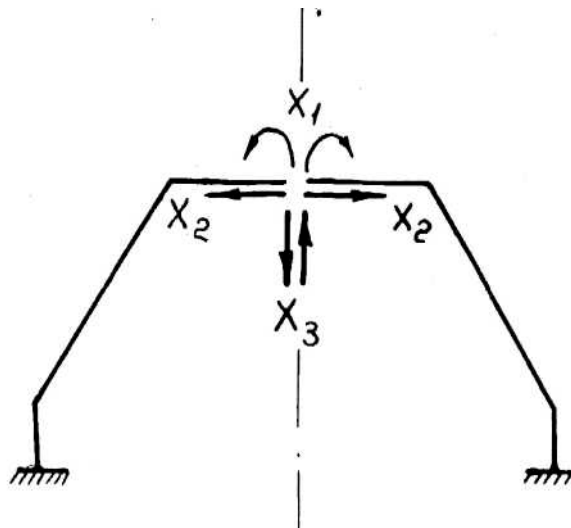


Рисунок 2.7. Схема навантаження

Під час роботи ковша, особливо з твердими або в'язкими ґрунтами, виникає потреба у створенні більшого зусилля різання, зростає витрата потужності і, крім того, зуби ковша швидко затуплюються.

Для усунення таких недоліків пропонуємо модернізувати конструкцію.

Конструкція передбачає розміщення козирка ковша під кутом до площини симетрії, який варіюється в межах  $55-75^\circ$  залежно від типу ґрунту. Ківші можуть бути виготовлені як зі збірних елементів, так і як цільнолиті.

Завдяки тому, що зуби встановлені під нахилом на косому козирку, у процесі різання ґрунту вони взаємно зміщуються по траєкторії. Кожен зуб, просуваючись у масиві, оголює нову поверхню для зрізання наступним зубом. Таким чином, різання породи відбувається поетапно, що сприяє ефективному подрібненню матеріалу і стабілізує процес роботи ковша.

Щоб знизити енергоспоживання під час різання, доцільно так розподілити навантаження між зубами, щоб переріз стружки перед кожним із них набував форми, максимально наближеної до ромбоподібної. Цей підхід, запропонований Ветровим і вперше реалізований на двозубих ковшах [1, 2, 3], може бути з успіхом застосований і для трьох послідовно розташованих ріжучих зубів.

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

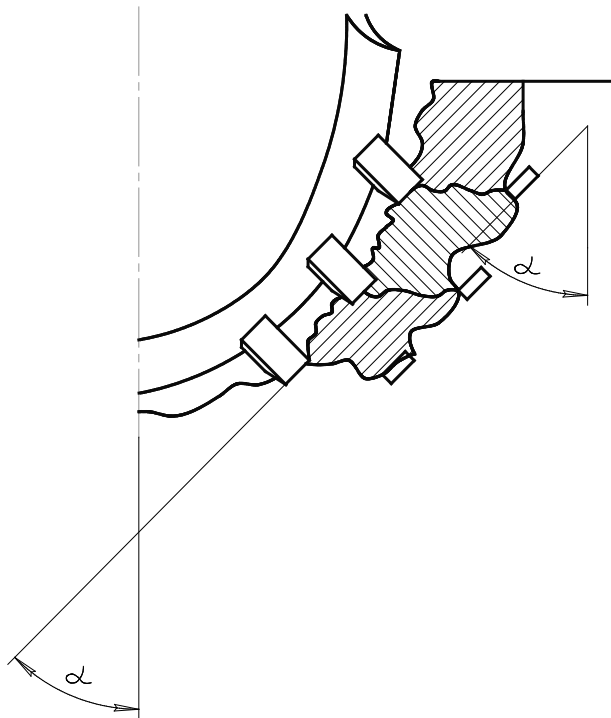


Рисунок 2.7 Схема розміщення зубів і переріз стружки

Найвищий ефект від використання модернізованих ковшів – зокрема в аспектах зменшення розмірів видобутої маси та забезпечення рівномірного навантаження досягається за умови раціонального поєднання таких характеристик: геометричних параметрів зубів, відстаней між ними, конфігурації та геометричних розмірів козирка, кута нахилу його поверхні (або ступеня зміщення зубів на спільному козирку), а також фізико-механічних властивостей та тріщинуватості порід, що підлягають розробці.

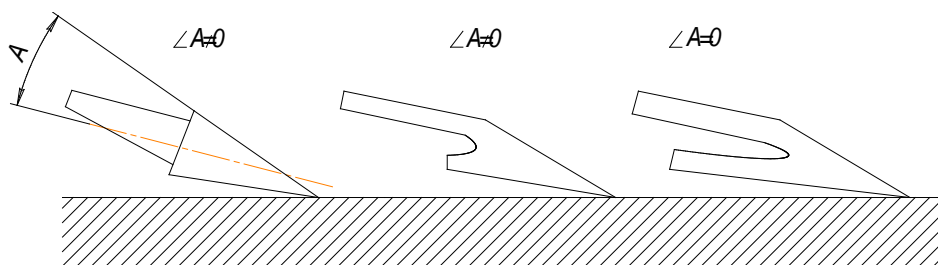


Рисунок 2.8 Типи зубів, що встановлюються на ковшах роторних екскаваторів

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дослідження конструктивних рішень зубів, що використовуються на роторних ковшах, свідчить про те, що найбільш розповсюдженими є два основні типи (див. рис. 2.8). Перший тип характеризується наявністю передньої ріжучої грані, розташованої під певним кутом до осі хвостової частини (кут  $A \neq 0$ ). Другий тип має передню ріжучу грань, яка розміщена в одній площині з площиною хвостової частини.

Зазначені типи зубів наразі активно впроваджуються у виробництво, зокрема на підприємствах Ново-Краматорського машинобудівного заводу.

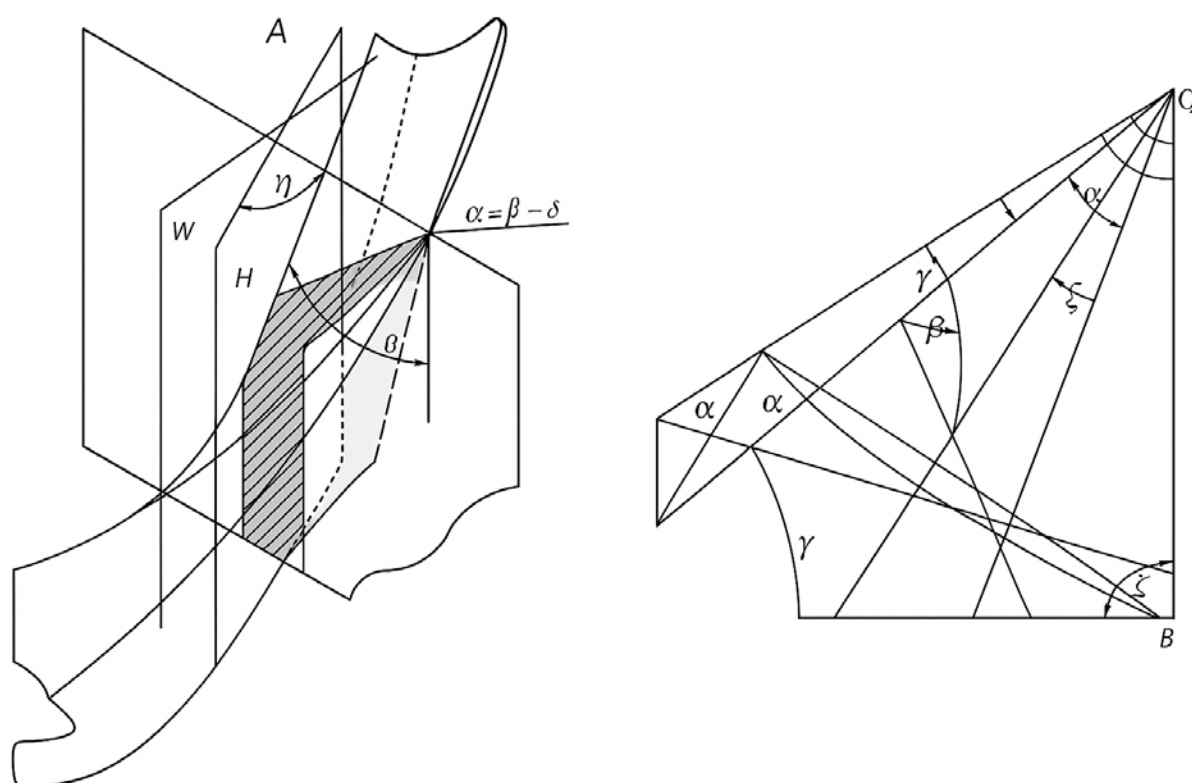


Рисунок 2.9 Розрахункова схема визначення конструктивних параметрів козирка

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

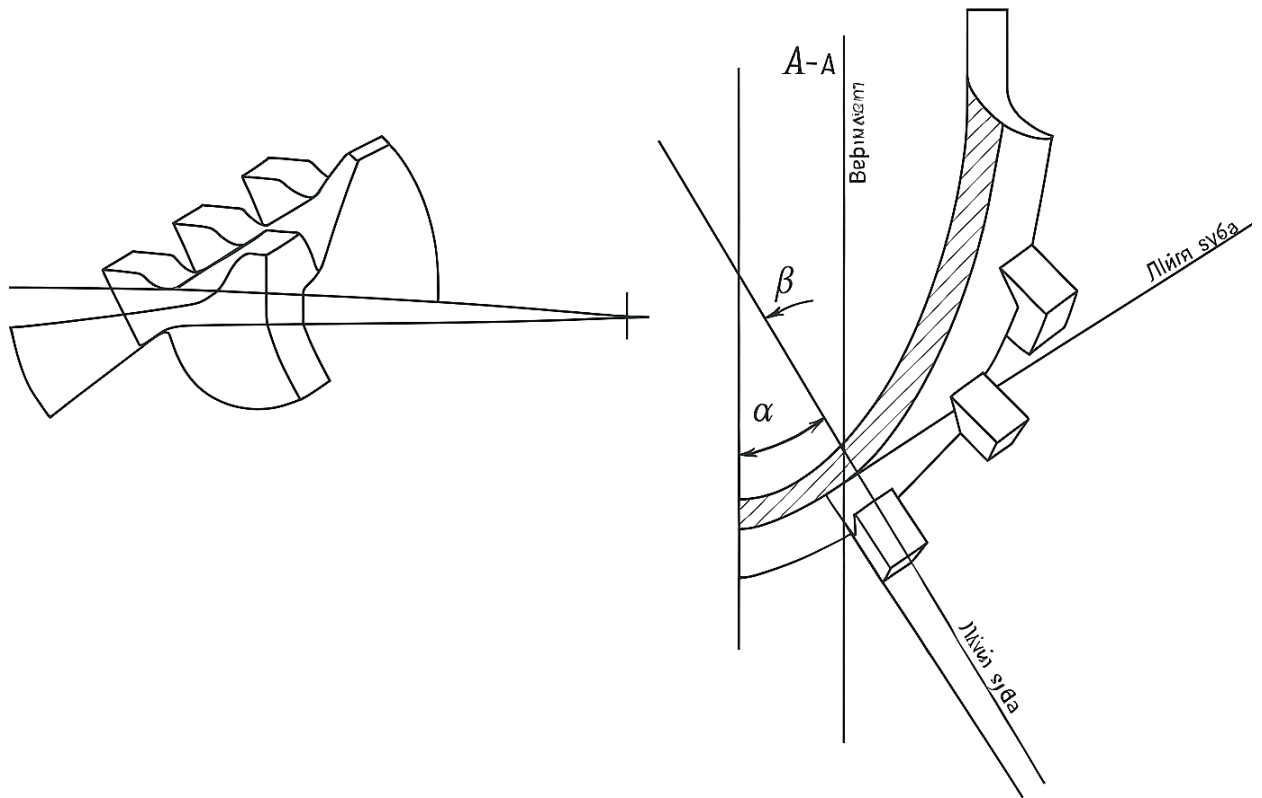


Рисунок 2.10 Розрахункова схема визначення конструктивних параметрів козирка і зубів

На рисунку 2.9 зображено фрагмент арки козирка, перерізаний площиною  $H$ , яка перпендикулярна до внутрішньої циліндричної поверхні  $aAb$ . Зазначена площина  $H$  утворює з осью площиною ковша кут  $\eta$ . Площина  $W$  – дотична до циліндричної поверхні  $aAb$  вздовж лінії її перетину з площиною  $H$ . Орієнтацію зуба на поверхні козирка визначає кут між віссю зуба та лінією перетину  $PC$  на вигнутій частині козирка. Величина вигину та задній кут задаються відповідно кутами  $\nu$  та  $\beta$ .

Очевидно, що зазначені кути – як  $\nu$ ,  $\beta$ , так і кут орієнтації осі зуба – залежать від кута нахилу площини  $H$  ( $\eta$ ) та кута підйому  $\beta$  лінії перегину козирка.

З огляду на те, що в площині  $M$ , яка паралельна осьовій площині ковша, кут підйому лінії перегину дорівнює  $\theta_1$ , можна показати, що орієнтаційний кут також є функцією  $\eta$ .

Із графічної побудови на рис.2.10, 2.11 маємо:

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$tg\beta = tg\Theta_i * \sin \eta, \quad (2.8)$$

де  $\Theta_i = \Theta + \Psi_i$ .

За умови, що може проявлятися незначна похибка кута різання, прийmemo

$$\Theta_i = \Theta.$$

Тоді  $tg\beta = tg\Theta * \sin \eta$ .

Для запропонованого козирка значення кутів  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  залежать від кута  $\eta$ .

Розглянемо рис. 2.8, а саме зуб для якого  $A = O$ .

Якщо хвостова частина такого зуба лежить своєю площиною на відігнутій поверхні козирка (див. рис. 2.10) незалежно від місця встановлення зуба, то разом із зміною кутів  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  по периметру козирка буде змінюватись кут повороту ріжучої кромки зуба навколо поздовжньої осі хвостової частини -  $\lambda$ .

З метою виконання конструювання ріжучої частини ковша з аркоподібним козирком, який містить зубці з однаковою орієнтацією ріжучих кромок відносно траєкторії різання ми маємо визначити яким чином залежать між собою наступні параметри  $\gamma(\eta)$ ;  $\alpha(\eta)$ ;  $\beta(\gamma)$ ;  $X(\eta)$ .

Розглянемо рис. 2.10. Позначення на рисунку:

PB – вісь зуба;

ACPL – частина площини H, якою проводили відсічення;

PBK – площина в якій відбувається різання ґрунту;

PK – лінія, яка проведена дотично до траєкторії різання ґрунту;

PL – дотична до кола різання;

BAEFL – радіальна площина ротора;

BF – пряма, яка проведена паралельно до осі ковша;

BC – дотична до козирка, яку проведено через точку його перегину;

PBC ~– відігнута частина козирка;

KTNS – площина перпендикулярна до осі зуба;

$\epsilon$  – кут між векторами абсолютної швидкості руху ковша і колової швидкості.

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З метою проведення конструювання козирка нам потрібно знати довжину лінії по якій формується його відігнута ділянка – це лінія РС, а також як вона змінюється залежно від величини кута  $\eta$ .

Припускаємо, що лінія перегину є паралельною до торцевої кромки козирка. Так як на відігнутій поверхні кріпляться зуби, її довжини має вистачити для цього. Тобто хвостовик зуба має поміститись на ній.

З урахуванням 2.9 виразимо

$$L=A \cdot \Delta. \quad (2.9)$$

Розрахунки всіх параметрів можна виконати використавши рис. 2.10.

#### 2.4 Розрахунок стріли ротора

Вихідні дані:

$$Q = 2,1 \text{ кН.}$$

$$F_g = 50 \text{ кН.}$$

$$q = 10,05 \text{ кН.}$$

Сума моментів відносно С:

$$\sum M_C = F \cdot 2 \sin 30^\circ - Q \cdot l - \frac{q \cdot l^2}{2}, \quad (2.10)$$

де  $F = F_g \cdot k = 2 \cdot 50 = 100 \text{ кН}$ ;

$k$  – запас міцності.

Маємо:

$$M_{MAX} = Q \cdot l_1 + \frac{l_1^2 q}{2} = 2 \cdot 13 + 10 \cdot \frac{169}{2} = 87 \text{ кН}.$$

Умова міцності при деформації згину:

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W_x} \leq \sigma_{adm}, \quad (2.11)$$

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $M_{\max}$  – максимальний момент,

$W_x$  – момент опору перерізу стріли.

$$W_x = \frac{\pi D^2}{4} \delta.$$

Крім згинального моменту на стрілу діє крутний момент і напруження кручення визначаються:

$$\tau = \frac{T}{W_p^2}. \quad (2.12)$$

Еквівалентне напруження відповідно визначиться:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq \sigma_{\text{adm}}. \quad (2.13)$$

Допустиме напруження:

$$\sigma_{\text{adm}} = m_0 \cdot R, \quad (2.14)$$

де

$m_1 = 0,8$  - поправка на умови експлуатації,

$m_2 = 0,9$  - поправка на похибку у розрахунках;

$m_3 = 0,3 / 0,2$  – поправка на відповідальність.

$$\sigma_{\text{adm}} = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ МПа}.$$

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{\sigma_y}{n} = \frac{630}{5} = 126 \text{ МПа}.$$

де  $\sigma_y$  – межа текучості;

$n$  – коефіцієнт запасу міцності.

Крутний момент:

$$T = F \cdot B = 50 \text{ кН} \cdot 0,5 = 25 \text{ кН}.$$

$$\sqrt{\left(\frac{87^2 \cdot 16}{\pi d^2}\right)^2 + 4\left(\frac{2 \cdot 25}{\pi d^2}\right)^2} = \sqrt{\frac{121104}{\pi^2 d^4} + \frac{10000}{\pi^2 d^4}} = \frac{\sqrt{8461}}{d^2} = 126.$$

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{91 \cdot 98}{d^2} = 126 \Rightarrow d = \sqrt{\frac{91 \cdot 98}{126}} = 0,63 \text{ м}$$

Для виготовлення стріли потрібен прокат діаметром, який не менше отриманого значення.

## 2.5 Сили різання ґрунту

Запишемо формулу для зусилля різання [2 ]:

$$P = k \cdot F_{cp} \sum_{i=1}^{i=8} F_i, \quad (2.15)$$

де  $i$  – номер ковша;

$F_i$  – площа ґрунту, яку зрізає ківш;

$$F_{зр} = S_o \cdot b \cdot \sin\beta \cdot \cos\varphi;$$

$$F_1 = 128 \text{ см}^2;$$

$$F_2 = 96,87 \text{ см}^2;$$

$$F_3 = 17,08 \text{ см}^2;$$

$$\sum F_i = 241,25 \text{ см}^2;$$

$$P = 14 \text{ кН.}$$

Колове зусилля різання:

$$P_{\text{кол}} = P_{\text{різ}} + P_{\text{роз}} + P_{\text{нап}} + P_{\text{р.б.}} \quad (2.16)$$

де

$P_{\text{різ}}$  – зусилля різання;

$$P_{\text{роз}} – \text{зусилля розвантаження} = 0,06 P_{\text{різ}} = 0,06 \cdot 14 = 840 \text{ Н [2 ]};$$

$$P_{\text{нап}} – \text{зусилля наповнення ківшів} = 0 \text{ [2 ]};$$

$P_{\text{р.б.}}$  – бічне зусилля різання;

$$P_{\text{р.б.}} = 0,3 P_{\text{різ}} = 0,13 \cdot 14 = 4,2 \text{ кН [2 ]};$$

$$P_{\text{кол}} = 14 + 4,2 + 0,84 = 19,04 \text{ кН.}$$

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.6 Технологічний процес виготовлення валу приводу конвеєра роторного екскаватора

Розробимо технологічний процес виготовлення валу приводу конвеєра роторного екскаватора

Кількість операцій для одного робочого місця

$$K_{zo} = \frac{Q}{P} \times 100\% = \frac{15}{12} = 1,25, \quad (2.17)$$

де

$Q = 15$  – кількість операцій,

$P = 12$  – робочі місця.

Згідно ГОСТ 31108-74 – маємо крупносерійне виробництво.

Маршрут обробки валу.

000. Заготівельна.

010. Фрезерно-центрувальна (відрізати в розмір, свердлити центрувальні отвори).

020. Токарна (точити поверхню 1,2).

025. Токарна (точити поверхню 1,2).

030. Термічна (термообробка до твердості 285 НВ).

040. Токарна (точити поверхню 1,2,3).

045. Токарна (точити поверхні 1,2,3).

050. Фрезерна (відрізати у розмір).

055. Токарна (нарізати фаски 1,2).

060. Фрезерна (нарізати шпонковий паз).

065. Фрезерна (нарізка шліців).

070. Свердлильна (свердлити 3 отвори).

075. Різьбонарізна (нарізати різьблення в трьох отворах).

080. Шліфувальна.

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Режими різання:

Операція 020 токарна (чорнова).

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} s^x K_v} = \frac{350 \cdot 11,7}{45^{0,35} \cdot 8,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,2}} 87,98 \frac{\text{м}}{\text{хв.}}$$

де:

$T = 45$  [хв] – стійкість інструменту,

$t = 8,5$  [мм] - глибина різання,

$s = 0,5$  [мм] - подача (том 2, стор. 268, т - 13), [10],

$C_v = 350$  - коефіцієнт швидкості (том 2, стор. 269, т - 17),

$m = 0,55$  - степень (том 2, стор. 269, т - 17),

$x = 0,15$  - степень (том 2, стор. 269, т - 17),

$y = 0,2$  - степень (том 2, стор. 269, т - 17),

$k_v$ - коефіцієнт, який визначається

$$K_v = K_{mv} \cdot K_t \cdot K_{uv} = 1,3 \cdot 1 \cdot 0,9 = 1,17.$$

$K_{mv} = 1,3$  – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки;

$K_{uv} = 1$  – коефіцієнт, який враховує вплив інструмента;

$K_{nv} = 0,9$  – коефіцієнт стану поверхні.

Заготовка обертається зі швидкістю

$$n = \frac{1000 \cdot 87}{\pi \cdot 93} = 316 \text{об} / \text{хв}, \quad (2.18)$$

де:

$D = 92,5$  [мм] – діаметр заготовки,

$V = 87$  [м/хв] – швидкість різання.

Вибираємо згідно стандарту  $n_{ст} = 315$  об/хв.

Силу різання, прийнято розкласти на складові сили, спрямовані по осях координат верстата: тангенціальну  $P_z$ , радіальну  $P_y$ , осьову  $P_x$ .

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{z,x,y} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^m \cdot K_p, \quad (2.19)$$

де:

$K_p$ - коефіцієнт, який обчислюється:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{up} \cdot K_{lp} \cdot K_{rp} = 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.$$

Поправочні коефіцієнти, що враховують геометричні параметри ріжучої частини у на складові сил різання [10] для  $\varphi^\circ = 45^\circ$ ,  $\gamma^0 = 0^\circ$ ,  $\lambda^\circ = 0^\circ$ ,  $r = 2$  [мм].

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 8,5^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 89,6^{-0,15} \cdot 1,1 = 5722,5 \text{ Н.}$$

$$P_r = 10 \cdot 243 \cdot 8,5^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 89,6^{-0,3} \cdot 1,1 = 2337,3 \text{ Н.}$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 8,5^1 \cdot 0,3^{0,5} \cdot 89,6^{-0,1} \cdot 1,1 = 2337,3 \text{ Н.}$$

Потрібна для різання потужність:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{5722,48 \cdot 89,6}{1020 \cdot 60} = 8,5 [\text{кВт}]$$

Вибираємо верстат токарно-гвинторізний 16К50П.

Операція 040 токарна (чистова).

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{420 \cdot 11,7}{45^{0,35} \cdot 8,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,2}} = 243 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

де:

$T = 45$  [хв] - стійкість інструменту [10],

$t = 2,5$  [мм] - глибина різання,

$s = 0,3$  [мм] - подача [10],

$C_v = 420$  - коефіцієнт швидкості [10].

$m = 0,2$  - степінь [10].

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$x = 0,15$  - степінь [10].

$y = 0,2$  - степінь [10].

$K_v$ - коефіцієнт, який обчислюється:

$$K_y = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 1,3 \cdot 1 \cdot 0,9 = 1,17.$$

$K_{mv} = 1,3$  – коефіцієнт матеріалу заготовки [10].

$K_{uv} = 1$  – коефіцієнт матеріалу інструменту [10].

$K_{nv} = 0,9$  – коефіцієнт стану поверхні [10].

Кількість обертів заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot 243}{\pi \cdot 91} = 858 \text{ об / хв}$$

де:

$D = 90,8$  [мм] - діаметр заготовки,

$V = 89,6$  [м/хв] – швидкість різання.

Прийmemo  $n_{ст} = 800$  [об/хв].

Розрахунок сил різання.

Силу різання, прийнято розкласти на складові сили, спрямовані по осях координат верстата: тангенсальну  $P_z$ , радіальну  $P_y$ , осьову  $P_x$ . При зовнішньому поздовжньому точенні ці сили розраховуються за формулою:

$$P_{ZYX} = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot s^r \cdot V^y \cdot K_P. \quad (2.20)$$

Складові обираємо таким же чином, як й вище.

Маємо:

$$P_z = 10 \cdot 3008 \cdot 8.5^1 \cdot 0.3^{0.75} \cdot 89.6^{-0.15} \cdot 1.1 = 5722.4 \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 8.5^{0.9} \cdot 0.3^{0.6} \cdot 89.6^{-0.3} \cdot 1.1 = 2337.33 \text{ Н.}$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 8.5^1 \cdot 0.3^{0.5} \cdot 89.6^{-0.4} \cdot 1.1 = 2337.33 \text{ Н.}$$

Верстат обираємо токарний 16К50П.

Далі обрахунки проводимо аналогічно. Наведемо результати у вигляді табл. 2.2

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 Операції та їхні показники

операція	Швидкість різання	Кількість обертів заготовки	Сили різання	верстат
фрезерна 050 відрізна	97,9	99	2190	Фрезерний широко універсальний 6P81.
Операція фрезерна 060 (нарізка паза шпонки 2штуки.)	13,7	181,78	957,3	Вертикально- фрезерний 6Т104
Операція 065 (фрезерная).	11,2	127,4	433,45	Вертикально- фрезерний 6Т104
Свердлильна 070	35,5	809,7	Крутний момент 2,3 Нм	Вертикально- свердлильний 2Г175М.
Різьбонарізна 075	33,1	650,7	Крутний момент 104,8Нм	Вертикально- свердлильний 2Г175М.
Шліфувальна 080	-	-	-	Круглошліфувальний ЗУ12УА

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

### 3.1 Забезпечення безпеки праці під час виробництва та експлуатації роторного екскаватора

Головна мета заходів з охорони праці на етапах виробництва та експлуатації роторного екскаватора полягає у мінімізації виробничого травматизму та професійних захворювань, а також у зменшенні обсягу ручної праці та кількості робочих місць, пов'язаних із шкідливими виробничими чинниками. Додатково, до заходів із захисту довкілля на підприємствах машинобудування належать заземлення обладнання, очищення повітря та води від виробничих відходів.

Роторний екскаватор відноситься до техніки підвищеної небезпеки. Його експлуатація вважається безпечною за умови дотримання двох основних вимог: запобігання аваріям під час видобутку вогнетривких матеріалів і усунення впливу небезпечних чи шкідливих виробничих факторів на працівників та обслуговуючий персонал у процесі виготовлення екскаватора.

Загальна характеристика джерел небезпечних та шкідливих факторів при виробництві роторного екскаватора

Вибір технічних засобів забезпечення безпеки при виготовленні, експлуатації та ремонті роторного екскаватора повинен здійснюватися на основі виявлення небезпечних та шкідливих факторів, характерних для відповідних технологічних процесів.

Класифікація небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

(ГОСТ 12,0,003-90):

- а) фізичні,
- б) хімічні,
- в) біологічні,
- г) психофізіологічні.

Фізичним небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- рухомі частини машин та механізми;
- незахищені рухливі елементи виробничого обладнання;
- пересувні вироби, заготівлі, матеріали;
- гострі кромки, задирки, ріжучі органи;
- підвищена запиленість та загазованість повітряної робочої зони;
- підвищена або знижена температура робочої зони;
- підвищена або знижена температура поверхні обладнання та матеріалів,
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- підвищена або знижена рухливість повітря;
- небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі;
- замикання в ланцюзі, яке може статися через людину;
- недостатня освітленість робочої зони.

Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори класифікуються шляхом проникнення в організм людини на проникні:

- через дихальну систему;
- через шкіру;
- через систему травлення.

Психофізіологічні шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

- а) статичні навантаження;
- б) динамічні навантаження;
- в) нервово-психологічні навантаження: емоційні, розумові, інформаційні, монотонний працю.
- г) Перенапруження зорових аналізаторів.

Засоби індивідуального захисту від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

До колективних засобів захисту, що застосовуються під час виготовлення малогабаритного баштового крана, належать: захисні огороження, запобіжні

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристрої, гальмівні механізми, системи блокування, аварійні сигналізатори, пульти дистанційного керування та спеціалізовані елементи безпеки.

Серед основних засобів індивідуального захисту при експлуатації такого крану слід зазначити: захисний спецодяг і спеціальне взуття, рукавиці, каску, а також страхувальні пояси для запобігання падінню з висоти.

Безпека виробничих процесів, пов'язаних із виготовленням роторного екскаватора, регламентується нормативними документами: ГОСТ 12.3.002-80 – загальні вимоги до безпеки виробничих процесів; ГОСТ 12.3.009-76 – вимоги до безпеки при виконанні видобувних робіт з використанням роторних екскаваторів; ГОСТ 12.3.020-80 – вимоги до процесів транспортування матеріалів за допомогою вибійних і відвальних конвеєрів; також ГОСТ 24378-80 Е, ГОСТ 12.2.053-83, ГОСТ 12.2.065-81, ГОСТ 12.2.071-82 – стандарти, які встановлюють загальні технічні вимоги до вантажопідіймальних механізмів.

Виробниче середовище при виготовленні металоконструкцій роторного екскаватора не супроводжується впливом біологічних, хімічних або психофізіологічних факторів. Основну небезпеку становлять фізичні фактори, зокрема – вібрація. Зниження рівня вібраційного впливу досягається шляхом його усунення в джерелі виникнення, наприклад, через застосування противібраційних прокладок під двигун.

Вимоги до допустимого рівня вібрації регламентуються ДСТУ 12.1.012-90.

Оцінка рівня освітлення в робочій зоні цеху.

Недостатній рівень освітленості в робочій зоні є шкідливим виробничим фактором, який може спричинити зниження гостроти зору, головний біль і підвищене навантаження на нервову систему. Оптимальні умови освітлення забезпечуються шляхом застосування природного або штучного освітлення на робочому місці.

У процесі ремонту екскаватора природне освітлення надходить через вікна, розташовані в зовнішніх стінах цеху, а також через світлові прорізи в перепадах висот між суміжними прольотами будівлі. У випадках, коли

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

природного світла недостатньо або воно відсутнє, застосовується штучне освітлення. Найдоцільніше використовувати світильники з лампами денного світла, які забезпечують рівномірне та комфортне освітлення робочого простору.

Нормативні вимоги до освітлення виробничих приміщень визначені будівельними нормами та правилами БНіП II-4-79.

Оцінка температури повітря робочої зони.

При високій температурі підвищується температура тіла, частішає пульс і дихання, з'являється запаморочення. Віддача тепла випаровуванням поту залежить від відносної вологості та швидкості руху повітря. Підвищена вологість ускладнює терморегуляцію, внаслідок зниження випаровування поту, а дуже низька вологість викликає пересихання слизової оболонки дихальних шляхів. У спеку рух повітря сприяє збільшенню віддачі тепла і покращує стан повітря, але надає несприятливий вплив при низькій температурі в холодну пору.

Нормальна температура забезпечується:

1. Захистом від джерел теплового випромінювання;
2. Пристроєм вентиляції та опалення;
3. Застосування технологічних процесів та обладнання, що виключають теплове випромінювання.

Оцінка рівня запиленості та загазованості повітря в робочій зоні.

Під час обслуговування та ремонту роторного екскаватора найбільш шкідливими для здоров'я працівників і довкілля є процеси зварювання. Утворені внаслідок цих операцій шкідливі речовини можуть проникати в організм людини різними шляхами – через органи дихання, шкіру або з їжею. Це може призводити до отруєнь, порушень у роботі дихальної та травної систем, а також негативно впливати на зір.

Зменшення рівня запиленості та концентрації шкідливих газів у повітрі досягається за рахунок: впровадження технологічних процесів та обладнання, що мінімізують або виключають утворення небезпечних речовин; використання

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

втяжної (місцевої або загальнообмінної) вентиляції; застосування засобів індивідуального захисту, зокрема респіраторів та спеціального одягу; організації дистанційного керування технологічними операціями, під час яких можливе виділення шкідливих речовин.

Оцінка рівня шуму.

У роторному екскаваторі основними джерелами шуму є його рухомі елементи та механізми. Рівень шумового навантаження, що створюється окремими вузлами, складає:

Джерело шуму	Рівень, дБ
Електродвигун .....	40
Редуктор .....	30
Спрацьовування гальма .....	25
Робота екскаватора.....	40

Виробничий шум чинить негативний вплив на організм людини: знижує концентрацію уваги, провокує втому, зменшує працездатність, а за тривалого впливу може стати причиною втрати слуху. Постійна дія високого рівня шуму знижує продуктивність праці на 10-40 %.

Для зниження шумового навантаження використовують такі технічні заходи: звукоізоляція кабіни оператора за допомогою звукопоглинальних матеріалів; зменшення рівня шуму безпосередньо в джерелі його виникнення; зміна напрямку поширення звукових хвиль для зменшення їх впливу на людину.

Допустимі рівні виробничого шуму встановлені відповідно до ДСТУ 12.1.003-83.

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.1 Рівні шуму від основних джерел у роторному екскаваторі порівняно з умовною граничною нормою (80 дБ) відповідно до ДСТУ

Рухомі частини машин і механізми.

Рухомі механізми екскаватора (роторна стріла, ротор, відвальна стріла, поворотна платформа) складають небезпечну зону екскаватора. Рухомі механізми можуть призвести до травматизму і загибелі людини.

Засобами захисту, що перешкоджають попаданню людини в небезпечну зону, є огорожувальні пристрої відповідно до ГОСТ 13.54.8-83.

Оцінка можливості забезпечення електробезпеки при експлуатації роторного екскаватора.

Особи, що обслуговують електроустановки, повинні пройти попереднє навчання з електробезпеки безпосередньо на робочому місці та скласти іспит перед кваліфікаційною комісією. Згідно з «Правилами технічної експлуатації та безпечного обслуговування електроустановок промислових підприємств», передбачено п'ять груп з електробезпеки. Кожна група присвоюється строком на один рік.

Під час роботи на роторному екскаваторі механік може опинитися під дією напруги в електричному колі, замикання якого може проходити через тіло

людини. Вплив електричного струму на організм проявляється в трьох основних формах: термічній, електролітичній та біологічній.

Види ураження електричним струмом поділяються на:

1. Електричні травми – включають опіки, пошкодження шкіри, механічні травми, судоми м'язів тощо;
2. Електричні удари – можуть призвести до порушення серцевого ритму, зупинки дихання, втрати свідомості.

Для зменшення ризику ураження електричним струмом вживані такі заходи:

Живлення кабіни керування здійснюється по низьковольтному колу, що підвищує її безпечність для оператора;

Застосовується обов'язкове заземлення екскаватора;

У силових ланцюгах передбачено використання подвійної електроізоляції.

Засоби захисту від електричного струму мають відповідати вимогам ГОСТ 12.4.011-75.

Забезпечення електробезпеки при роботі та обслуговуванні роторного екскаватора.

Для усунення небезпеки ураження людей електричним струмом при появі напруги на конструктивних частинах електрообладнання і металоконструкції застосовуються заземлювальні пристрої. Захисне заземлення - це навмисне з'єднання невідповідних металічних частин обладнання із землею для запобігання поразці працюючих людей електричним струмом при пробі на корпус або появи потенціалу на обладнанні.

Принцип дії захисного заземлення заснований на зниженні до безнебезпечних значень напруги дотику і кроку за рахунок зниження потенціалу або його вирівнювання із заземленим обладнанням.

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

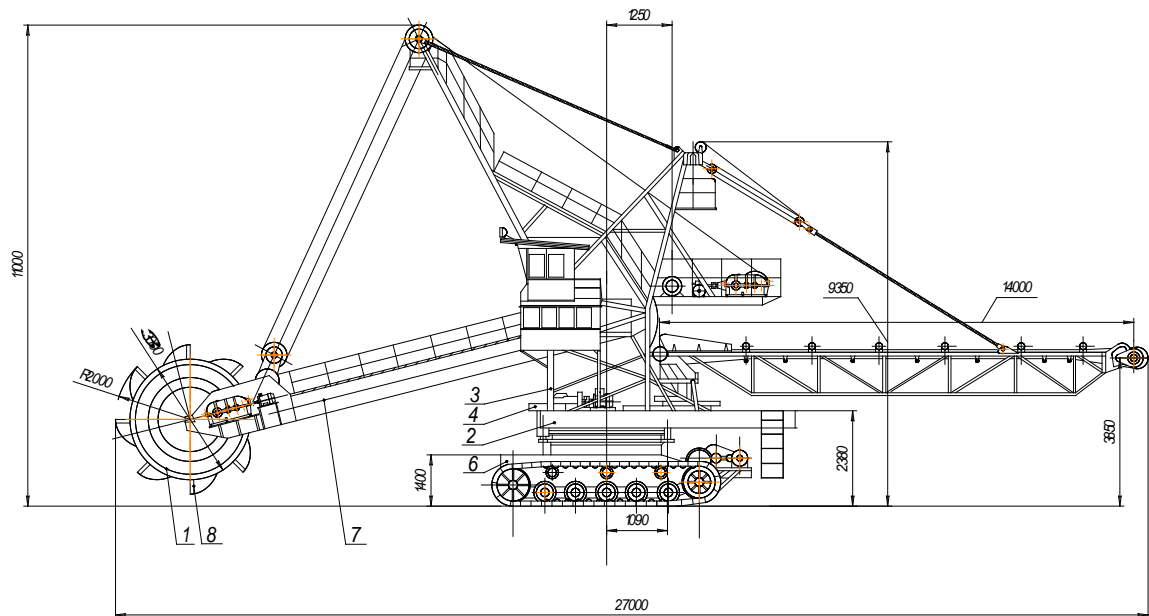


Рисунок 4.2 Роторний екскаватор

### 3.2 Забезпечення екологічної безпеки під час виробництва роторного екскаватора

Виробничий процес виготовлення деталей і вузлів роторного екскаватора здійснюється на підприємстві, тому вплив на навколишнє середовище характеризується екологічністю виробництва.

Проблема охорони навколишнього середовища виникає при ремонті та виробництві металоконструкції роторного екскаватора.

- а) ручне дугове зварювання;
- б) верстатна механічна обробка;
- в) фарбувальні операції.

При цих роботах спостерігається підвищена запиленість, загазованість робочої зони.

Вплив пилу на людину залежить від її характеру. Пил ділиться на дратівливу і токсичну.

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Крім шкідливого впливу на організм людини пил підвищує з-нос обладнання, в основному його тертьових частин.

Норми гранично допустимих значень концентрації пилу повітря робочої зони встановлені в ГОСТ 12.1.005-76.

При зварювальних роботах на 1 кг використаних електродів в атмосфері виділяється 11 гр.

При механічній обробці з використанням СОЖ на 1 кВт потужності електродвигуна виділяється 0,0063 г/годину туману емульсора.

При фарбувальних роботах виділяються пари толуолу 70-360 мг/м<sup>2</sup>.

Шкідливі речовини можуть призвести до виробничих травм, пов'язаних з отруєннями, а також до різних професійних захворювань або відхилень у стані здоров'я як у працюючих, так і у непрацюючих людей або у наступних поколінь.

Основним способом захисту від шкідливих речовин є суворе виконання правил техніки безпеки при роботі з ними.

Норми, що визначають безпеку роботи зі шкідливими речовинами, визначені в ГОСТ 12.1.007-76.

При очищенні стічних вод від нафтопродуктів і олій (СОЖ), на підприємствах використовують нафтові пастки, горизонтальними відстійниками.

Для розрахунку нафтовик необхідно знати швидкість спливання нафтопродуктів:

$$U = 5,45 \cdot 10^{-10} \cdot d_4^2 \frac{\rho_v - \rho_n}{\mu},$$

де  $d$  – середній діаметр частинок нафтопродукту, мкм;

$\rho_n, \rho_v$  – густина стічної води та нафтопродуктів;  $\mu$  - динамічна в'язкість стічної води.

$$U = 5,45 \cdot 10^{-10} \cdot 30 \frac{1600 - 890}{0,006} = 0,009 \text{ м / с .}$$

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо горизонтальну складову швидкості течії стічної води:

$$\frac{U}{V} = \frac{1}{10} \div \frac{1}{20}; V = 10U = 0,09 \text{ м/с}.$$

Площа поперечного перерізу пастки:

$$F = \frac{Q}{V} = \frac{1}{0,09} = 11,12 \text{ м}^2.$$

При встановленій ширині  $B = 6 \text{ м}$  визначаємо висоту нафтопастки

$$H = \frac{F}{B} = \frac{11,12}{6} = 1,86 \text{ м}.$$

Найменша довжина нафтової пастки

$$L = \alpha \cdot \frac{V}{U} \cdot H = 1,5 \cdot \frac{0,09}{0,009} \cdot 1,86 = 27,9 \text{ м}.$$

Розрахована нафтопастка, що застосовується для очищення стічних вод під час виробництва та ремонту роторного екскаватора, забезпечує зниження концентрації шкідливих речовин до рівня, який не перевищує встановлених нормативів. Це свідчить про дотримання вимог екологічної безпеки.

Для стабільної та ефективної роботи нафтовловлювача необхідно здійснювати його регулярне очищення у разі засмічення, згідно з технологічними вимогами експлуатації.

Таким чином, за умови реалізації передбачених природоохоронних заходів, усі процеси, пов'язані з виготовленням, обслуговуванням та ремонтом роторного екскаватора, розглянуті в межах даного дипломного проєкту, відповідають екологічним вимогам і дозволяють звести до мінімуму вплив шкідливих та небезпечних чинників на довкілля.

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У ході дослідження встановлено, що під час роботи ковша, особливо при взаємодії з твердими, щільними або в'язкими ґрунтами, виникає потреба у значному збільшенні зусилля різання. Це, у свою чергу, призводить до підвищеної витрати потужності, зростання навантаження на виконавчі механізми, а також прискореного зношування та затуплення ріжучих елементів ковша. Стандартна конструкція ковшевого робочого органу в таких умовах демонструє недостатню ефективність, що знижує загальну продуктивність екскаватора та потребує частого технічного обслуговування.

Для усунення зазначених недоліків було запропоновано вдосконалити конструкцію ковша шляхом зміни геометрії розташування ріжучих елементів. Зокрема, конструктивне рішення полягає у встановленні козирка ковша під кутом  $55-75^\circ$  до площини симетрії ковша, що дозволяє адаптувати робочий орган до різних типів ґрунтів. Такий підхід забезпечує можливість виготовлення ковша як зі збірних елементів (для полегшеного ремонту), так і у вигляді цільнолитої конструкції (для підвищеної міцності та надійності).

Особливістю запропонованої конструкції є встановлення зубів під нахилом на косому козирку, що створює ефект поетапного зміщеного різання. У процесі заглиблення кожен зуб поступово оголює нову поверхню для наступного, забезпечуючи рівномірне навантаження по всій ширині захвату. Це значно покращує ефективність подрібнення ґрунту, знижує пікові зусилля на кожному окремому зубі та сприяє стабілізації роботи ковша в складних умовах.

Додатковою перевагою такої геометрії є зменшення енергоспоживання за рахунок оптимізації форми стружки, що знімається. За умови правильного розподілу зусиль між зубами стружка набуває ромбоподібного перерізу, який сприяє легшому подрібненню масиву та зниженню опору різанню. Це дозволяє підвищити ресурс ріжучих елементів, скоротити час циклу виїмки та зменшити втрати енергії.

Загалом модернізація ківшевого робочого органу дозволяє:

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- знизити загальні енергетичні витрати під час роботи екскаватора;
- покращити якість селективного видобутку;
- підвищити надійність і довговічність конструкції ковша;
- забезпечити стабільність технологічного процесу навіть за умов змішаних і важкодоступних порід.

Запропоноване технічне рішення може бути ефективно інтегроване в конструкції сучасних роторних екскаваторів, зокрема типу PE-315, що використовуються на родовищах вогнетривких глин, каолінів та інших цінних мінералів.

					<i>КРБ 0009.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						<i>50</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Машины для земляних робіт [Текст] : підручник / ред.: Л. А. Хмара, С. В. Кравець. - Харків : ХНАДУ, 2014. - 548 с.
2. Ємельянова І.А. Баштові крани для сучасного будівництва: навч. посібник / Ємельянова І. А., Сорокотяга О. С., Супряга Д. В; Х: «Бурун книга», 2010. – 125 с.
3. Сукач М.К. Синтез землерийної і дорожньої техніки : Підручник / Сукач М, Марченко А., Горбатюк Є., «Ліра-К», 2013. – 376
4. Оніщенко О.Г., Помазан В.М. Будівельна техніка: Навч. посібник – К.: Урожай, 1999.– 300с.
5. Панченко В. О. Технологія і механізація будівельних процесів: навч. посібник/ Панченко В. О., Костюк М. Г., Качура А. О.; Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва – Х: ХНАМГ, 2005. – 242 с.
6. Хмара Л. А. Машины для земляних робіт : навч. посіб. / Л. А. Хмара, С. В. Кравець, В. В. Нічке [та ін.] ; під заг. ред. проф. Л. А. Хмари та проф. С. В. Кравця. - Рівне ; Дніпропетровськ ; Харків, 2010. - 575 с.
7. Черненко В.К. Технологія будівельного виробництва. – К.: Вища школа, 2005 – 427 с.
8. Фіделєв А.С. Будівельні машини. - К.: Вища школа, 1984. – 125 с.
9. Оніщенко О.Г. та ін. Механізація опоряджувальних робіт у будівництві - К.: Урожай, 1998. – 223 с.
10. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник / С. Г. Бондаренко – Львів : Магнолія, 2018. – 500 с.
11. Баладинський В.Л. та ін. Будівельні машини: Збірник вправ. – К.: 1997. – 123 с.
12. Мусійко В.Д. Теорія та створення інноваційних землерийних машин безперервної дії: монографія. К.: НТУ, СПД Чалчинська Н.В., 2016. – 208 с.
13. Мусійко В.Д. Екскаватори поздовжнього копання. Навч. посібник. – К.: НТУ, ЗАТ «Віпол», 2008. – 240 с.

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Гапонов О.О. Підвищення ефективності багатоскребкових ланцюгових траншейних екскаваторів на основі критичноглибинного блокованого різання ґрунтів: дис. ... доктора філософії: 133 – Механічна інженерія / Гапонов Олексій Олександрович. – Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, 2021. – 166 с.

15. Машины для водного господарства: підручник / С.В. Кравець, В.С. Зінь, О. В. Маркова та ін. Рівне: НУВГП, 2008. 348 с.

					КРБ 0009.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**ДОДАТКИ**

					<i>КРБ 0009.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						53
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		