

ВСТУП

У період розвитку промислової економіки було виявлено тенденцію постійного збільшення споживання основних видів твердих корисних копалин. У різні періоди розвитку світової промисловості, з характерними економічними прогресом та регресом, спостерігалися коливання попиту на мінеральну сировину. Однак загальний тренд сумарних обсягів його споживання за останні 100 років наполегливо зростає, це зростання зумовлене збільшенням чисельності населення планети та неухильним промисловим зростанням.

Вітчизняний та світовий досвід роботи кар'єрного виїмково-вантажного обладнання показує, що при розробці міцних скельних порід у складних вибоях найбільш ефективними є електричні одноковшові кар'єрні екскаватори. Для більш ефективної роботи екскаватора потрібно підбирати ківш з оптимальною місткістю для кожного виду робіт. Об'єм породи у ківші екскаватора залежить від об'ємної маси породи і коефіцієнта наповнення ківшу.

Одним з основних видів обладнання для гірничодобувної промисловості є екскаватор. Найбільш сучасним серед даного типу екскаваторів є серійний електричний екскаватор ЕКГ-18 з гусеничним ходом і з об'ємом ківша від 18 до 22 м³ за міжнародним стандартом SAE J67. На основі зібраних статистичних даних, було проведено дослідження ефективності роботи екскаватора. У ході статистичного дослідження було виявлено, що значний відсоток аварійних простоїв пов'язаний із механізмом відкривання днища ковша.

Продуктивність та ефективність розвитку народного господарства багато в чому залежить від постійної модернізації, переозброєння, удосконалення організації виробництва та впровадження нових технологій.

Підвищення ефективності виробництва є однією з основних проблем у гірничій промисловості. Даний вид промисловості забезпечує галузі народного господарства всієї країни сировиною, матеріалами і паливом. Результативність роботи гірничодобувних підприємств впливає на ефективність роботи споживачів продукції гірничодобувної промисловості. Актуальність та

необхідність постійного підвищення економічної ефективності роботи гірничо-збагачувальних комбінатів є пріоритетним завданням постачальників обладнання, завдяки якому здійснюється видобуток корисних копалин.

Актуальність вибору цієї теми зумовлена недостатньою її вивченістю. Незважаючи на наявність низки досліджень у цій галузі, на сьогоднішній день, за даними отриманих в ході експлуатації екскаватора ЕКГ-18 виявлено низку недоліків, пов'язаних із механізмом відкривання ковша. Актуальність вибору даного вузла для удосконалення полягає в тому, що досліджуваний механізм є одним з основних у конструкції екскаватора, а також недостатньою його вивченістю.

Вибір даного вузла для модернізації заснований на тому, що досліджуваний механізм є одним із основних у конструкції екскаватора. Виробнича діяльність екскаватора багато в чому залежить від правильного налаштування та безвідмовності роботи даного механізму.

Отже дослідження конструкції та обґрунтування раціональних параметрів механізму відкривання днища ківшу (МВДК) екскаваторів типу ЕКГ задля покращення продуктивності роботи екскаваторів типу ЕКГ є **актуальним науково-технічним завданням**.

Метою роботи є покращення продуктивності роботи екскаватору типу ЕКГ за рахунок обґрунтування раціональних параметрів механізму відкривання днища ківшу, а також проведення аналізу експлуатаційних показників роботи механізму відкривання днища ківшу до та після модернізації.

Об'єкт досліджень – механізм відкривання днища ківшу (МВДК) екскаваторів типу ЕКГ.

Предмет дослідження – основні конструктивні параметри механізму відкривання днища ківшу екскаватора типу ЕКГ.

1. АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ МЕХАНІЗМУ ВІДКРИВАННЯ ДНИЩА КІВШУ ТИПУ ЕКГ

1.1 Аналіз параметрів обладнання що експлуатується

Екскаватор ЕКГ-18 призначений [1] для розробки та завантаження в транспортні засоби корисних копалин та порід, одержаних на відкритих гірничих роботах, а також для відвалоутворення та вантажних робіт на складах. Обладнаний ковшем об'ємом 16 – 24 кубічних метрів. Залежно від категорії порід, що розробляються, роботи проводяться без попереднього розпушування або з попереднім розпушуванням вибухом. Усі механізми екскаваторів є закінченими технологічними вузлами, що дозволяє вести ремонт екскаваторів агрегатним методом. Попередником екскаватора ЕКГ-18 був ЕКГ-10 та ЕКГ-15.

Відмінними рисами даного екскаватора є: комплектний привід змінного струму; нова конструкція ковша; посилена рукоять; посилена стріла; інформаційна система; система відеоспостереження: з лівого борту (можливість вантажити ліворуч), на робоче обладнання, у кузові, на кабельний барабан; система автоматичних захистів: від механічних контактів (ударів) елементів робочого обладнання, від перепідйомів стріли, обмеження бічних навантажень при черпанні, обмеження довжини розмотування каната. [1]

Кліматичне виконання У1 згідно з ГОСТ 15150-69. Граничні значення температури повітря під час експлуатації екскаватора наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Температурний діапазон роботи екскаватора, °С [2]

Робочі значення		Граничні робочі значення	
Верхнє значення	Нижнє значення	Верхнє значення	Нижнє значення
+ 40	- 40	+ 50	- 50

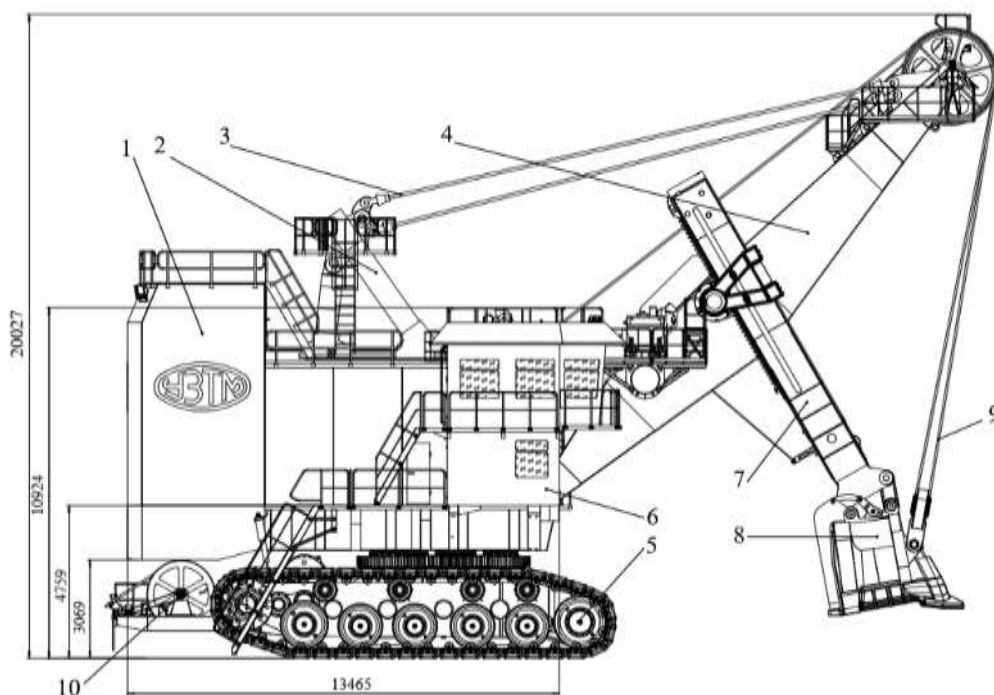


Рис. 1.1 – Екскаватор ЕКГ-18 [1]

1 – кузов; 2 – двонога стійка; 3 – ванти; 4 – стріла; 5 – візок ходовий; 6 – кабіна машиніста; 7 – рукоять; 8 – ківш; 9 – підйомний канат; 10 – кабельний барабан

Допустима висота розміщення екскаватора над рівнем моря не більше 2000 м. При розміщенні екскаватора вище 1000 м над рівнем моря струмове навантаження знижується на 1,5% на кожні 100 м.

Допустима швидкість вітру при експлуатації – не більше 20 м/сек. Допустимий поздовжній нахил екскаватора при пересуванні не більше 12° , а поперечний – не більше 5° .

Допустимий поздовжній та поперечний нахил екскаватора при роботі екскаватора не більше 5° .

Розробка вибоїв, якість яких гірша за граничну, повинна бути зведена до мінімуму і потребує особливої обережності при керуванні екскаватором.

Середній розмір шматків породи в ковші – 300 мм трохи більше. Найбільший розмір негабаритів у ковші – 900 мм трохи більше. Кількість негабаритів у ковші – не більше 2-х за 1 цикл екскавації.

Найбільш продуктивну роботу екскаватора можна досягти при повороті на вивантаження на кут 90...100 градусів

Доцільно транспортування гірських порід від екскаватора у відвал проводити автосамоскидами. [4]

Технічні характеристики екскаватора вказані у таблиці 1.2, лінійні розміри – у таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 - Технічні Характеристики екскаватора ЕКГ-18 [1]

Найменування параметрів, одиниці виміру	Значення
1	2
Місткість основних ковшів, куб.м: для порід щільністю 1,8 т/куб.м	18
для порід щільністю 2 т/куб.м	16
для порід щільністю 1,5 т/куб.м	20
Механізм підйому	
Найбільше зусилля на підвісці ковша, транспортний засіб	170
Швидкість підйому номінальна, м/с	1,1
Кількість гілок та діаметр підйомного каната, шт. x мм	4 x 57
Діаметр барабана по центру каната, мм	1350
Кількість та потужність двигунів, шт. x кВт	2 x 600
Механізм напірний	
Найбільше зусилля напору, транспортний засіб	75
Номінальна швидкість напору, м/с	0,55
Швидкість підйому номінальна, м/с	1,1
Кількість гілок та діаметр підйомного каната, шт. x мм	4 x 57
Діаметр барабана по центру каната, мм	1350
Кількість та потужність двигунів, шт. x кВт	2 x 600
Механізм напірний	
Найбільше зусилля напору, транспортний засіб	75
Номінальна швидкість напору, м/с	0,55
Діаметр початкового кола кремальєрних шестерень, мм	600
Потужність двигуна електроприводу, кВт	325
Механізм повороту	
Швидкість обертання поворотної частини, об/хв	2,625
Середній діаметр роликового кола, мм	4200
Кількість та середній діаметр конічних роликів, шт. x мм	40 x 240

Продовження табл. 1.2

1	2
Кількість та потужність двигунів, шт. х кВт	4 х 150
Механізм ходовий	
Найбільше тягове зусилля однієї гусениці, транспортний засіб	206
Ширина гусеничної стрічки, мм	1800
Швидкість пересування підготовленою трасою, км/год.	1,01
Кількість та потужність двигунів, шт. х кВт	2 х 200
Кабельний барабан	
Місткість кабелю, пог. м	500
Діаметр барабана, мм	1700
Загальні дані	
Напруга мережі живлення (при частоті 50 Гц), В	6000
Розрахункова тривалість циклу, с	27
Робоча маса, т	750±5%
Маса заставної противаги, т *	82
Примітка – * Маса заставної противаги <u>уточнюється</u> залежно від параметрів гірських порід, що підлягають розробці.	

Продуктивність екскаватора теоретична (розрахунковий показник за ГОСТ 4.377-85) розраховується як добуток місткості ковша на розрахункове число циклів на годину.

Для основного ковша місткістю 10 м^3 становить $2670 \text{ м}^3/\text{год}$.

Застосування ковшів збільшеної або зменшеної місткості повинно проводитись у технічно обґрунтованих випадках і лише за згодою з розробником, оскільки може вплинути на врівноваженість поворотної частини екскаватора та працездатність опорно-поворотного пристрою та поворотного механізму.

Крім того, більш важкі породи мають, як правило, збільшений питомий опір копання, що призведе до збільшення навантажень на приводи основних механізмів та металоконструкції екскаватора і, як наслідок, до зниження продуктивності та скорочення терміну служби екскаватора. [2]

Далі розглянемо лінійні розміри екскаватора ЕКГ-18 (див. рис. 1.2). Усі літерні позначення представлені у таблиці 1.3.

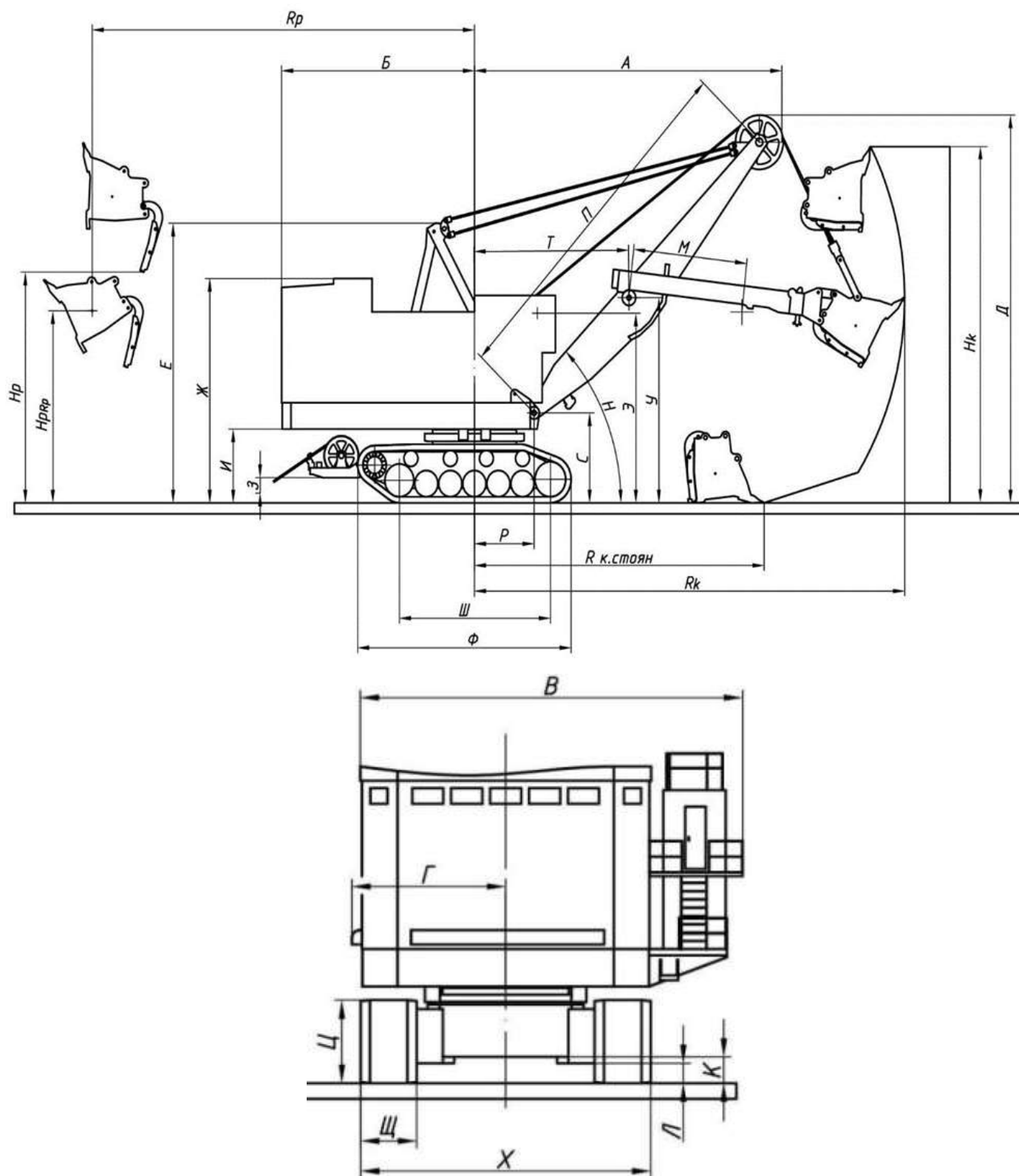


Рис. 1.2 – Лінійні параметри екскаватора ЕКГ-18 [1]

Таблиця 1.3 - Лінійні розміри екскаватора ЕКГ-18 [1]

Найменування параметрів, одиниці виміру	Позначення	Значення
Найбільший радіус копання, м	<u>Рк</u>	22,2
Найбільша висота копання, м	<u>Нк</u>	16,4
Найбільший радіус розвантаження, м	<u>Рр</u>	19,6
Висота розвантаження при найбільшому радіусі, м	<u>Нр</u> <u>Рл</u>	6,1
Найбільша висота розвантаження, м	<u>Нр</u>	10,7
Радіус зачистки на рівні стояння, м	<u>Рк.стоян.</u>	14,9
Радіус по головних блоках, м	А	16,05
Радіус обертання хвостової частини, м	Б	10,6
Загальна ширина поворотної платформи з кабіною, м	У	12,25
Відстань від осі обертання до лівого обрізу кузова, м	Г	4,94
Габаритна висота по головним блокам, м	Д	17,67
Габаритна висота по двоногій <u>стійці</u> , м	Е	12,74
Габаритна висота по кузову, м	Ж	10,23
Просвіт під кабельним барабаном, м	З	1,15
Просвіт під поворотною платформою, м	І	3,36
Просвіт під нижньою рамою, м	До	0,85
Просвіт під гусеничною рамою, м	Л	0,64
Найбільший хід рукояті, м	М	5,91
Кут між горизонталлю та віссю корпусу стріли, град	Н	45
Довжина стріли, м	П	17
Відстань від осі обертання до осі п'ятої стріли, м	Р	3,1
Висота до осі п'ятої стріли, м	З	4,1
Відстань від осі обертання до осі напірного валу, м	Т	8,03
Висота до осі напірного валу, м	У	9,35
Габаритна довжина гусеничного ходу, м	Ф	11,5
Габаритна ширина гусеничного ходу, м	Х	9,31
Габаритна висота гусеничного ходу, м	Ц	2,67
Опорна довжина гусеничного ходу, м	Ш	7,85
Ширина гусеничної стрічки, м	Щ	1,8
Висота рівня очей машиніста, м	Е	8,32

1.2 Характеристика предмета дослідження

У цій роботі як предмет дослідження розглянуто механізм відкривання днища ковша ЕКГ-18. Цей механізм входить до групи робочого обладнання кар'єрного екскаватора ЕКГ-18.

Механізм відкривання днища ковша (МВДК) - це сукупність механізмів, які дозволяють своєчасно вивільняти здобуту породу з ковша в самоскид або кар'єрний думкар; встановлений з лівого боку на корпусі стріли. [19]

Механізм відкривання днища ковша ЕКГ-18 складається з: ківш, корпус ковша; днище ковша; коромисло ковша; підвіска ковша; зуби ковша; механізм гальмування днища; система важелів МВДК; сполучні ланцюги та канат; постамент під лебідку МВДК; лебідка МВДК; електродвигун; еластична муфта; барабан лебідки МВДК; редуктор*; відхиляючі блоки;

*- при редукторному виконанні механізму.

1.3 Мета, об'єкт, предмет, завдання та методи дослідження

Метою роботи є покращення продуктивності роботи екскаватору типу ЕКГ за рахунок обґрунтування раціональних параметрів механізму відкривання днища ківшу, а також проведення аналізу експлуатаційних показників роботи механізму відкривання днища ківшу до та після модернізації.

Об'єкт досліджень – механізм відкривання днища ківшу екскаваторів типу ЕКГ.

Предмет дослідження – основні конструктивні параметри механізму відкривання днища ківшу екскаватора типу ЕКГ.

Завдання дослідження

1. Аналіз існуючих конструкцій механізму відкривання днища ківшу;
2. Дослідження режимів роботи механізму відкривання днища ковша;
3. Вибір та обґрунтування раціональних параметрів нової конструкції механізму відкривання днища ківшу;

4. Розрахунок на міцність вузлів нової конструкції;
5. Дослідження результатів модернізації;
6. Розробка рекомендацій щодо режиму роботи механізму відкривання днища ківшу екскаваторів типу ЕКГ.

Методи досліджень, що використовуються у роботі, включають патентний аналіз відомих конструкцій механізмів відкривання днища ківшу екскаваторів; методи аналітичного моделювання; методи комп'ютерного моделювання.

1.4 Наукова новизна

Питання вдосконалення механізму відкривання ковша на електричних екскаваторах вже неодноразово розглядалося фахівцями найбільших світових виробників, таких як P&H (США) та Caterpillar (США), а також вітчизняними фахівцями у працях: Н.Г. Домбровського «Землерійні машини»; Г.Х. Бойко, О.В. Груздєва, В.М. Ніколаєва «Гірське обладнання»; Ганін А.Р. «Сучасні інженерні рішення та практичний досвід експлуатації кар'єрних екскаваторів ЕКГ18Р/20К виробництва «ІЗ-КАРТЕКС» та ін Але дослідження проведене в даній роботі, застосовується вперше для вирішення проблем, що з'явилися в ході експлуатації.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ І ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ МЕХАНІЗМУ ВІДКРИВАННЯ ДНИЩА КІВШУ ЕКСКАВАТОРІВ ТИПУ ЕКГ

2.1. Загальна методика досліджень

З метою досягнення поставленої мети покращення режиму роботи екскаваторів типу ЕКГ за рахунок обґрунтування раціональних параметрів механізму відкривання днища ківшу планується проведення наступних досліджень.

На першому етапі виконаємо аналіз існуючих конструкцій механізму відкривання днища ківшу (МВДК) з використанням аналізу патентно-літературних джерел. Метою аналізу є визначення можливості покращення надійності роботи механізму під час розвантаження гірської маси.

Другим етапом є проведення дослідження режимів роботи механізму відкривання днища ковша. Адже визначення режимів роботи дозволить значно покращити продуктивність роботи екскаваторів типу ЕКГ.

Наступним етапом планується проведення вибору та обґрунтування раціональних параметрів нової конструкції механізму відкривання днища ківшу.

Наприкінці проводиться розробка рекомендацій щодо режиму роботи механізму відкривання днища ківшу екскаваторів типу ЕКГ.

2.2. Аналіз існуючих конструкцій механізму відкривання днища ківшу

На сьогоднішній день найбільш популярними виробниками кар'єрного обладнання, а саме виробників електричних канатних кар'єрних екскаваторів типу пряма лопата, призначених для виїмки та вантаження в транспортні засоби корисних копалин та порід на відкритих розробках, є P&H (США), Caterpillar (

США), Taiyuan Zhonggong (Китай), ТОВ «ІЗ-КАРТЕКС імені П.Г. Коробкова» (Росія) та ПАТ «Урал-машзавод» (Росія).

Далі розглянемо особливості та конструкції механізмів відкривання днища ковша. [11]

2.2.1 МВДК кар'єрного екскаватора P&H 2300XPC Joy Global (США)

Модель 2300XPC [2] з номінальним корисним навантаженням 45 тонн застосовується у всьому світі для розробки вугілля, мідної та залізної руди, а також на золотих копальнях.

Механізм відкривання днища ковша даного екскаватора є одноважільною і безредукторною системою. Корпус важелів приварений справа боку до корпусу рукояті. Має зварене днище ковша, за рахунок цього важіль, розташований на днищі ковша, виходить за межі петлі днища, цей захід дозволяє забезпечити необхідне передатне відношення.

Переваги:

- висока надійність;
- простота конструкції;
- високий термін служби;

Недоліки:

- сталевий канат;
- часта необхідність мастила осі важелів;
- рукоятка з приварним корпусом важелів виходить за габаритні рамки транспортування по ГОСТ 26653-2015.

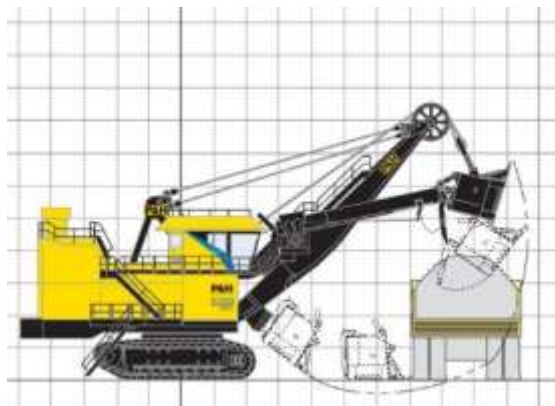


Рис. 2.1 – P&H 2300XPC [2]

2.2.2 МВДК кар'єрного екскаватора Caterpillar CAT 7495HF (США)

Кар'єрні екскаватори Caterpillar [3] мають унікальну систему відкривання днища ковша. Унікальність даної системи полягає в тому, що в механізмі відсутня засув, а вся система знаходиться на корпусі ковша. У рух наводиться дистанційно за допомогою невеликого електромотора, який штовхає пусковий кулачок, який у свою чергу штовхає єдину петлю днища ковша, за рахунок противаги і точного підбору, і аналізу центру мас усіх вузлів, днище ковша зсувається з точки спокою, і вся накопичена енергія вивільняється і відкриває цим днище. Закриття ковша відбувається за рахунок власної маси днища під час процесу зачерпування.

Переваги:

- висока точність роботи;
- невеликі габарити системи;
- відсутність засуву та інших елементів, які контактують із породою.

Недоліки:

- складність конструкція;
- необхідні технології високоточного лиття;
- система запатентована.



Рис. 2.2 – МВДК Caterpillar CAT 7495HF [3]

2.2.3 МВДК кар'єрного екскаватора WK-20A ТУНІ (Китай)

Механізм відкривання днища ковша даного екскаватора є точною копією механізму екскаватора P&H 2300XPC Joy Global (США) [4], має такі ж переваги та недоліки.



Рис. 2.3 – WK-20A [4]

2.2.4 МВДК кар'єрного екскаватора ЕКГ-18Р ТОВ «ІЗ-КАРТЕКС»

Механізм відкривання днища ковша екскаватора ЕКГ-18Р ТОВ «ІЗ-КАРТЕКС» [5] є однаважільною і безредукторною системою, має схожий алгоритм і принцип роботи, що механізм, встановлений на екскаваторі P&H 2300XPC Joy Global (США).

Переваги:

- простота конструкції;
- поліамідний канат;
- змащування осі важеля.

Недоліки:

- Довгий важіль, який може зачепити при роботі борт самоскида або днище ковша;
- Тонкий канат.



Рис. 2.4 – ЕКГ-18Р ТОВ «ІЗ-КАРТЕКС» [5]

2.2.5 МВДК кар'єрного екскаватора ЕКГ-18 ПАТ «Уралмашзавод»

Механізм відкривання днища ковша даного екскаватора ЕКГ-18 ПАТ «Уралмашзавод» [6] має дещо іншу систему. Відрізняється дана система тим, що завдяки системі пантографів забезпечується достатній момент для витягування засуву, а також можливість роботи без редуктора.

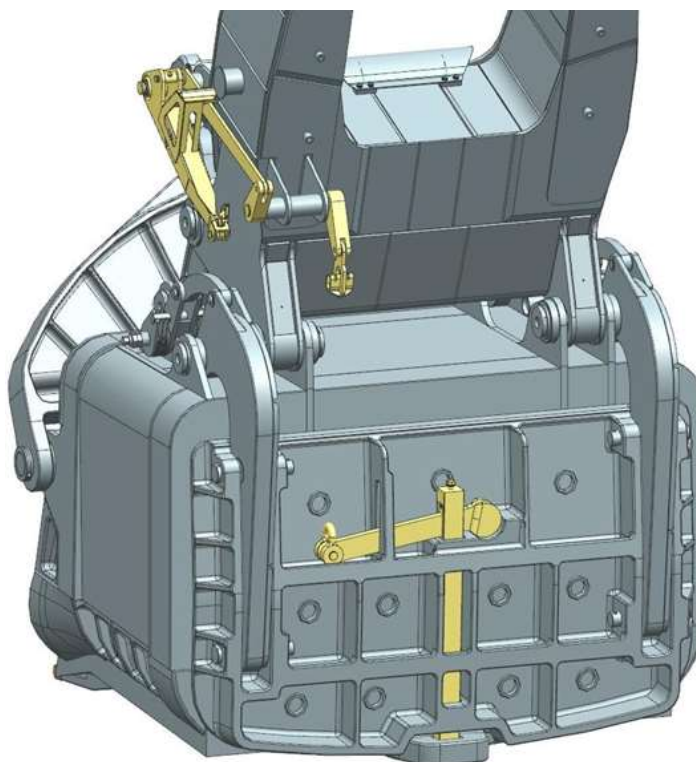


Рис. 2.5 - МВДК ЕКГ-18 ПАТ «Уралмашзавод» [6]

Переваги та недоліки конструкції механізму відкривання днища ковша ЕКГ-18, були виявлені на основі досвіду експлуатації.

Переваги конструкції:

- система пантографів забезпечує достатній момент для вивільнення засув;
- механізм забезпечує необхідне та достатнє передатне відношення для безпроблемного відкривання засуву з першого запуску мотора. (за розрахунками – фактично через погане обслуговування вузла, а саме відсутність регулярного мастила вузлів та регулювання, механізм перестає працювати справно;
- можливість використання різного типу канатів;

Конструкція барабана дозволяє використовувати різні типи канатів – поліамідний 19 мм, сталевий 10 мм.

Подібна система встановлювалася на екскаваторах ЕКГ-5, ЕКГ-10.
Недоліки конструкції:

- складність конструкції;
 - багато виробів, а також складних відокремлених вузлів.
 - велика вага системи пантографів.
 - труднощі при монтажі;
 - через високу вагу, потрібна спецтехніка. Також, через складність конструкції та велику кількість деталей витрачається великий час на монтаж.
 - низька надійність з'єднань;
 - відсутнє постійне мастило осей, відповідно виникає високий знос.
- Зареєстровано декілька випадків поломки вузла.

- невелика ходимість каната;
- Середня ходимість поліамідного каната – 6-10 днів. Середня ходимість сталевих канатів 13-16 днів.
- трудомісткий процес виробництва.
 - трудомісткий процес обслуговування. [7]

2.2.6 МВДК згідно патентної інформації

2.2.6.1 Ківш екскаватора патент №SU 848537[8]

Винахід відноситься до робочого обладнання екскаваторів, зокрема конструкції ковшів.

Мета винаходу-підвищення довговічності.

Мета досягається тим, що п'ята і засув забезпечені закріпленими на їх взаємодіючих робочих поверхнях композитними пластинами, кожна з яких виконана зі сталевोї основи та стрижневих стійких вставок, встановлених під кутом 30-60° до поздовжньої осі ковша, при цьому вставки пластин відповідно засуву і п'яти розташовані перехресно.

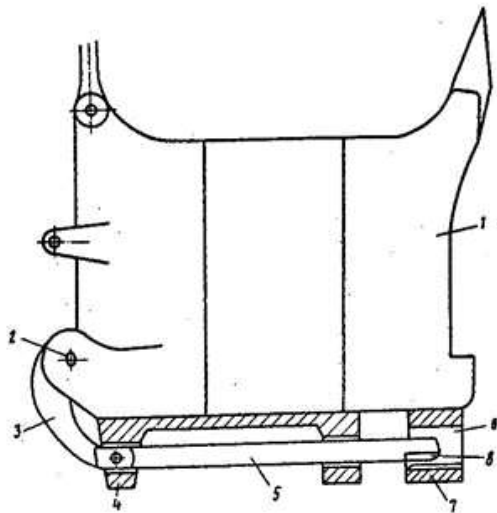


Рис. 2.6 - Зображено ківш, вид збоку[8]

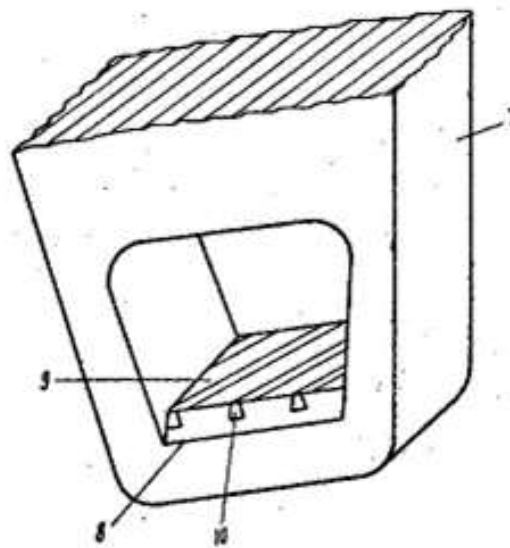


Рис. 2.7 - П'ята з композитною пластиною[8]

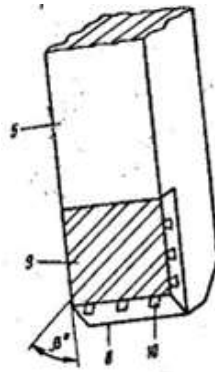


Рис. 2.7 - Засув з композитною пластиною[8]

Ківш (рис.2.6) складається з корпусу 1, якого за допомогою шарніра 2 приєднано днище 3, в кронштейнах 4 якого встановлений засув 5, що входить в паз 6 п'яти 7. Частина п'яти 7 і засуву 5 забезпечені композитними пластинами 8, що складаються зі сталеві основи 9 і зносостійких 10. При екскавації гірської маси днище 3 ковша зафіксовано засувом 5, що знаходиться в пазу 6 п'яти корпусу 7

При розвантаженні ківша засув 5 переміщається в кронштейнах 4 вліво, виходить з паза 6 п'яти 7, внаслідок чого днище 3 під дією гірської маси, що знаходиться в ковші, відкривається.

Під час цього руху засуву 5 відбувається тертя його робочої частини через прошарок абразиву по п'яті 7, внаслідок чого відбувається їх знос. При закриванні ковша засув 5 входить у п'яту 7 з ударом і відбувається захоплення днища 3 ковша.

Збільшення глибини захисту зношується досягається за рахунок можливості виготовлення зносостійких елементів 10 методом лиття, будь-якого необхідного розміру. З метою зниження величини удару, більш плавкого входу засуву 5 паз 6 п'яти 7, композитні пластини 8 і зносостійкі елементи 10 мають скіс.

Для надійної захисту від зносу в'язкої сталеві основи 9 і отримання без дифузійного зв'язку між основою 9 і зносостійкими елементами 10, останні розташовуються на відстані один від одного рівному 13 їх товщинам і мають довжину рівну ширині поверхні, що захищається. При цьому зносостійкі елементи 10 мають трапецієподібний переріз і утримуються, наприклад за

рахунок зусиль, що виникають при затвердінні рідкого металу сталевій основі 9. З метою повного захисту від зносу сталевій основі 9 й виключення можливості вириву зносостійких елементів 10 і відриву композитних пластин 8 під кутом ρ від 30 до 60° до поздовжньої осі ковша. Кут розташування зносостійких елементів 10 в сталевій основі 9 композитної пластини 8 п'яти 7 повинен відрізнятися на $60-120^\circ$ від кута розташування їх у пластині засуву 5.

Застосування винаходу дозволяє значно підвищити термін служби всього механізму відкриття днища ковша в цілому.

Недоліком такої конструкції ковша є зниження продуктивності екскаватора за рахунок простоїв, викликаних налаштуванням і ремонтом днища ковша через великі динамічні навантаження, що виникають при ударах днища об стінки ковша, частою заміною швидкозношуваного каната, а також через збільшення тривалості робочого циклу і закривання днища ковша при неспрацьовуванні механізму відкривання днища. Крім того, недоліком такої конструкції ковшів та механічного закривання днища є нещільне прилягання днища до стінок ковша, що призводить до великих просипів гірської маси, особливо на навантаженні сипких матеріалів (пірит, вугілля та ін.).

2.2.6.2 Робоче обладнання екскаватора патент № SU 619587 [9]

Винахід відноситься до робочого обладнання одноковшового екскаватора, що має механізм відкриття днища ковша.

З метою спрощення конструкції та полегшення управління шляхом автоматичного відкривання та закривання днища ковша при його повороті в робочому обладнанні на його рукояті встановлено редуктор, шестерня якого закріплена на пальці кріплення рукояті до ковша, а зубчасте колесо жорстко пов'язане з поворотним кронштейном.

Робоче обладнання (рис.2.8) екскаватора містить рукоять 1 і пов'язаний з нею за допомогою пальця 2 ківш 3 з вільно падаючим днищем 4 і механізмом 5 його відкривання, пов'язаним з поворотним кронштейном 6. а також гідроциліндри повороту 7 ковша щодо рукояті. На рукояті 1 встановлений редуктор 8, шестерня якого 9 закріплена на пальці 2 кріплення рукояті до

ковша, а його зубчасте колесо 10 жорстко пов'язане з поворотним кронштейном 6.

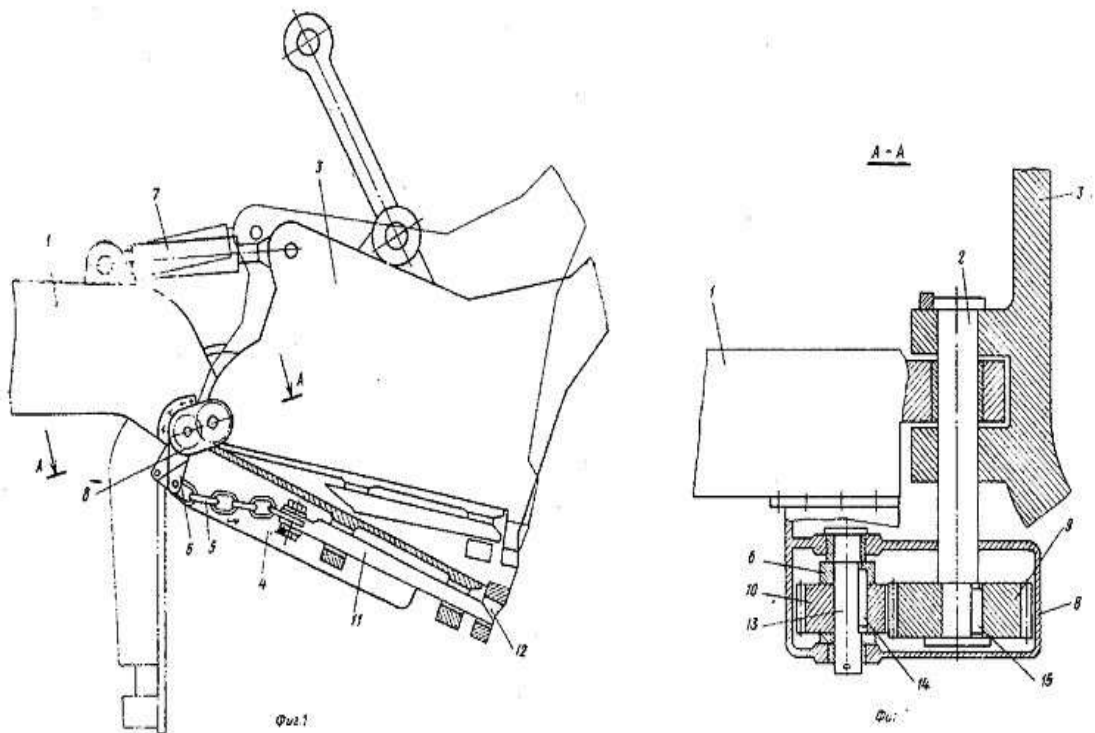


Рис. 2.8 - Робоче обладнання екскаватора[9]

Механізм відкриття 5 днища виконаний у вигляді гнучкої тяги, яка пов'язана з засувом 11 вхідним в отвір 12 ковша. Гнучка тяга з'єднана з кронштейном 6. Зубчасте колесо 10 пов'язане з кронштейном 6 за допомогою другого пальця 13 і шпонки 14.

Палець 2 зафіксований на ковші 3 і з'єднаний з шестернею 9 за допомогою шпонки 15.

Працює робоче устаткування в такий спосіб.

При повороті ковша з положення копання в положення розвантаження палець 2 разом з шестернею 9 повертається відносно рукояті 1 і рухає зубчасте колесо 10 з кронштейном 6, внаслідок чого гнучка тяга натягується і висмикує засув 11, звільняючи днище 4.

При зворотному повороті ковша поворотний кронштейн повертається 6 у вихідне положення.

Палець 2 і шестерня 9 повертаються у зворотному напрямку, гнучка тяга

механізму відкривання 5 днища послаблюється і засув 11 входить в отвір 12 ковша.

Дане робоче обладнання забезпечує можливість керування механізмом відкривання днища ковша без застосування лебідки, що спрощує конструкцію та полегшує керування обладнанням шляхом автоматичного відкривання та закривання днища при повороті ковша.

Недоліком відомої конструкції ковша є те, що через заклинювання засуву при попаданні частинок породи в зазор між бічними стінками п'яти і самим засувом відбувається або поломка механізму відкривання днища ковша, або повторне "висмикування" засуву з п'яти, так як зусилля, що розвивається лебідкою приводу механізму відкривання днища екскаватора, недостатньо, щоб висмикнути засув з п'яти. І те й інше призводить до часу простоїв, т.к. ремонт просто поламаних деталей вимагає зупинки машини, а повторне відкривання днища збільшує час робочого циклу, внаслідок чого знижується продуктивність екскаватора.

2.2.6.3 Одноковшовий екскаватор патент № SU 100904[10]

В описуваному нижче одноковшовому екскаваторі, з метою забезпечення можливості планування укосів великої крутості та зручного розвантаження ковша через його відкриту частину, ківш укріплений на візку, що пересувається у напрямних рукояті. При застосуванні як робочий орган екскаватора ковша драглайна або глухого ковша струга вільний кінець рукояті виконується загнутим вгору, що полегшує висипання ґрунту з ковша.

В описуваному одноковшовому екскаваторі робоче обладнання струга складається з підйомної стріли зв'язаної підйомним тросом з рукояттю, і візка, що переміщається по ній, з укріпленням на ній ковшем.

Механізм відкривання днища ковша (рис. 2.9) складається з клямки 5, блоку 6, штока 17 і крученої пружини 18 на штоку. Через блок пропущений трос 19 для відкривання днища ковша, перекинутий через ролики ковша (рис. 2.10); один кінець троса закріплений на барабані лебідки, а інший на рукояті струга поблизу її головного блоку. При пересуванні ковша по рукояті трос

вільно переміщається по роликах ковша, причому клямка під впливом пружини утримується в закритому стані. При розвантаженні ковша включається лебідка, трос натягується, пружина стискається, клямка зіскакує і днище відкривається, повертаючись навколо осі 20.

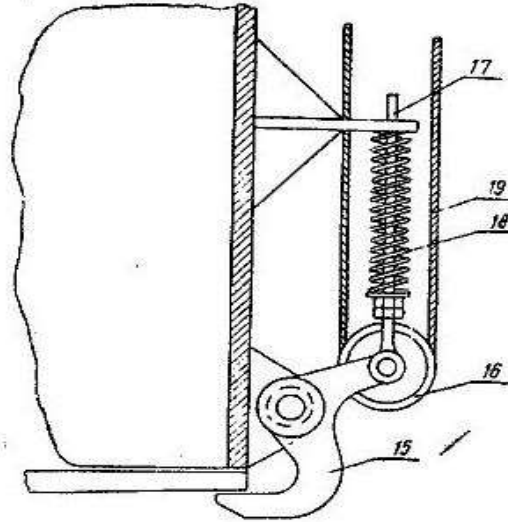


Рис. 2.9 - Вид збоку механізму відкривання днища ковша [10]

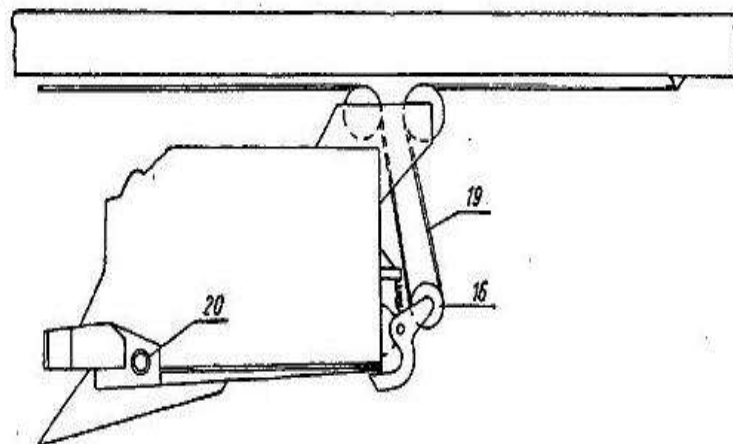


Рис. 2.10 - Розташування тросів при відкриванні днища ковша [10]

Недоліками такої конструкції ковша є зниження продуктивності екскаватора за рахунок простоїв, викликаних налаштуванням та ремонтом днища і клямки ковша в міру їхнього зносу, а також через збільшення тривалості робочого циклу при повторних відкриваннях і закривання днища ковша при неспрацьовуванні механізму закривання днища.

2.2.6.4 Ківш екскаватора патент № RU 2018572 [11]

Винахід відноситься до гірничої та будівельної промисловості та, зокрема, до конструкції ковшів одноковшових екскаваторів.

Мета винаходу - підвищення продуктивності екскаватора за рахунок більш надійної роботи механізму відкривання та закривання днища ковша та скорочення часу на його обслуговування.

Зазначена мета досягається тим, що ківш екскаватора, що включає бічні стінки, задню стінку, шарнірно прикріплене до неї днище з засувом, передню стінку з п'ятою, виконаною під засув, привід днища з гідроциліндром повороту днища, відрізняється тим, що привід днища забезпечений додатковим гідроциліндром днища, гідроциліндром управління засувом і кінцевими вимикачами, гідроциліндри управління дном і засувом з'єднані між собою поршневими порожнинами відповідно через перший і другий золотники-розподільники, керовані магнітними котушками, при цьому перший золотник-розподільник з'єднаний з якорями першої та другої магнітної котушок, перша з яких з'єднана з кінцевим вимикачем закритого положення засуву, а друга - відкритого положення, другий золотник-розподільник з'єднаний з якорями третьої і четвертої магнітних котушок, третя, з яких з'єднана з кінцевим вимикачем закритого положення днища ковша, а четверта - відкритого положення днища ковша, п При цьому гідроциліндр управління засувом прикріплений до зовнішньої поверхні днища співвісно з засувом, гідроциліндри повороту днища корпусами шарнірно з'єднані з верхньою частиною задньої стінки ковша за допомогою вушок, а штоками з днищем.

Ківш екскаватора містить (рис. 2.11) бічні стінки 1, задню стінку 2, прикріплене шарнірно до неї днище 3 з засувом 4, передню стінку 5 з п'ятою 6, гідроциліндри 7 повороту днища 3, гідроциліндр 8 управління засувом 4, кінцеві вимикачі 9 відкритого закритого) положення днища 3 і вимикачі 10 - відкритого (закритого) положення засуву 4, перший золотник-розподільник 11 управління гідроциліндрами 7 повороту днища 3 і другий золотник-розподільник управління 12 гідроциліндром 8 засуву 4, магнітні котушки 13 і

14 управління золотником- , магнітні котушки 15 і 16 управління золотником-розподільником 11, вуха 17, розташовані у верхній частині задньої стінки 2, до яких кріпляться корпуси гідроциліндрів 7 повороту днища 3, штоками 18 з'єднані з санчатами 19 днища 3. Ківш з'єднаний з рукою тяг 21, а вгорі шарніром 22.

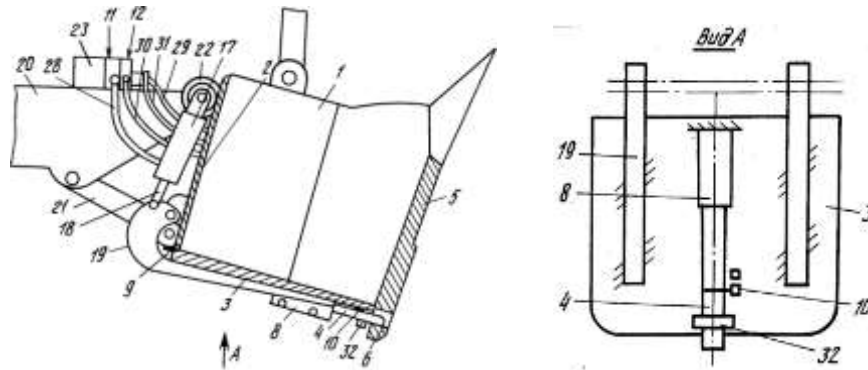


Рис.2.11 - Ківш [11]

Гідросистема ковша включає гідробак 23, насос 24 (рис. 2.12), фільтр 25, запобіжний клапан 26, регулятор 27, перший золотник-розподільник 11, другий 12, магнітні котушки 13-16. Шлангами 28, 29 золотник-розподільник 11, встановлений на гідробаку 23, змонтованому на рукояті 20, з'єднаний з порожнинами гідроциліндрів 7 повороту 3, а шлангами 30 і 31 золотник-розподільник 12 - з порожнинами гідроциліндра 8 управління засувом 4 засувом 4. , Забезпечує точність входження його у вікно п'яти 6. Позицією 33 на рис. 2 показано напірну магістраль гідросистеми.

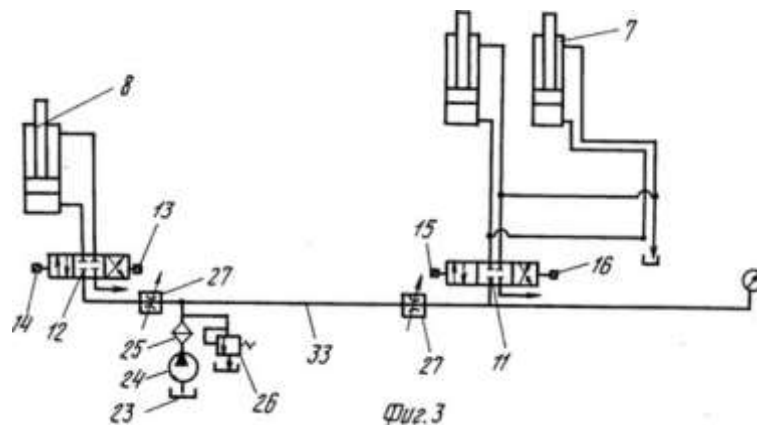


Рис. 2.12 - Схема гідроприводу гідроциліндрів повороту днища та гідроциліндра управління засувом [11]

Принцип роботи пристрою.

Коли ківш завантажений гірською масою і розміщений разом з рукояттю 20 над місцем розвантаження, насос 24 закачує рідину в напірну магістраль 33 і через регулятори 27 золотники-розподільники 11 і 12. При подачі струму в магнітну котушку 13 якорь котушки переміщує ліве положення і робоча рідина надходить у штокову порожнину гідроциліндра 8, шток якого з'єднаний із засувом 4 і, переміщаючись разом з поршнем в безштокову порожнину, витягує засув 4 з п'яти передньої 6 стінки. Надійність вилучення засова 4, тобто. відкриття днища 3 висока, т.к. поршень зі штоком під впливом робочої рідини розвивають велике тягове зусилля, що унеможливорює повторні операції при заклинюванні засуву 4.

Коли засув 4 вийшов з п'яти 6 спрацьовує кінцевий вимикач 10 і від нього подається сигнал на магнітну котушку 16, в результаті золотник-розподільник 11 переміщається в крайнє ліве положення. Робоча рідина з напірної магістралі 33 надходить в штокову порожнину гідроциліндрів 7. Поступово днище 3 відкривається, чому сприяє маса вантажу, що діє на днище 3. Штоки 18 гідроциліндрів 7 сприймають це зусилля від санок 19 жорстко з'єднаних з д. не створюючи значного динамічного навантаження на транспортну посудину, що створює додатковий позитивний ефект-підвищення терміну служби транспортних пристроїв.

Коли днище 3 відкрилося повністю і ківш розвантажився, включається кінцевий вимикач 9 і подає сигнал магнітну котушку 15, переміщує золотник-розподільник 11 вправо, робоча рідина з напірної магістралі 33 надходить в безштокові порожнини гідроциліндрів 7, висуваючи штоки 1 19, закриваючи днище 3. У кінцевому положенні (днище торкнулося стінок ковша) спрацьовує кінцевий вимикач 9 і подає сигнал магнітну котушку 14, яка переміщає золотник-розподільник 12 вправо. Робоча рідина з напірної магістралі 33 надходить у безштокову порожнину гідроциліндра 8 управління засувом 4 і засув переміщається до передньої стінки 5, потрапляючи в п'яту 6, чому сприяє напрямна 32. Коли засув 4 заборона днище 3, кінцевий вимикач 10 подасть

сигнал про закінчення розподільник 12 займе нейтральне становище. Починає новий цикл завантаження ковша. Таким чином, закриття днища 3 виконується без динамічних навантажень, це дозволяє відмовитися від гальмівних пристроїв, витрат часу на їх налаштування та ремонт, що підвищує машинний час роботи екскаватора та сприяє підвищенню продуктивності. Засув 4 надійно виходить з п'яти 6 при відкритті днища 3 і надійно заходить у п'яту 6 при закритті днища, що виключає повторні операції з відкривання або закривання днища, скорочує тривалість робочого циклу, збільшує продуктивність екскаватора.

У пропонованому пристрої відсутня спеціальна лебідка, що швидко зношується канат, що спрощує конструкцію, виключає витрати часу на заміну зношеного каната, збільшує коефіцієнт використання робочого часу зміни і також сприяє підвищенню продуктивності екскаватора.

Таким чином, цей винахід дозволяє значно підвищити надійність роботи ковша, скоротити час на його обслуговування і, як наслідок, підвищити продуктивність екскаватора.

Недоліком даної конструкції є ускладнення використання даного винаходу на електричних екскаваторах типу ЕКГ завдяки використанню гідравлічних систем, складність їх ремонту та відновлення в умовах кар'єру, тобто на робочому місці екскаваторів, а також збільшення навантаження саме на стрілу екскаватора яка і так є доволі навантаженим робочим елементом конструкції екскаватора.

Тому надалі будемо розглядати механізм відкривання днища ковша екскаватор типу ЕКГ-18 та його елементи докладніше як найбільш перспективні в плані удосконалення. [9]

2.2.7 Ківш ЕКГ-18

Ківш (рис. 2.13) [12] – основний робочий орган екскаватора, який безпосередньо взаємодіє з розробленим вибоєм.

Переміщення ковша під впливом зусиль підйомних канатів та поступального руху рукояті, що створюється напірним механізмом, забезпечує

робочий рух ковша, за допомогою чого ківш заповнюється ґрунтом, а потім розвантажується в кузов транспортного засобу. Відкриття ковша здійснюється механізмом відкривання днища ковша.

Для абразивних порід ківш футерується зносостійкими накладками. Ківш, оснащений комплектом легкого футерування (набір пластин, виготовлених з особливо зносостійкої сталі). Також реалізовані варіанти виконання ковша з важким (як зносостійкі елементи використовуються виливки, виготовлені з високомарганцевистої сталі) і особливо легкою (як зносостійкі елементи виступає рифлена наплавка) футеровкою.

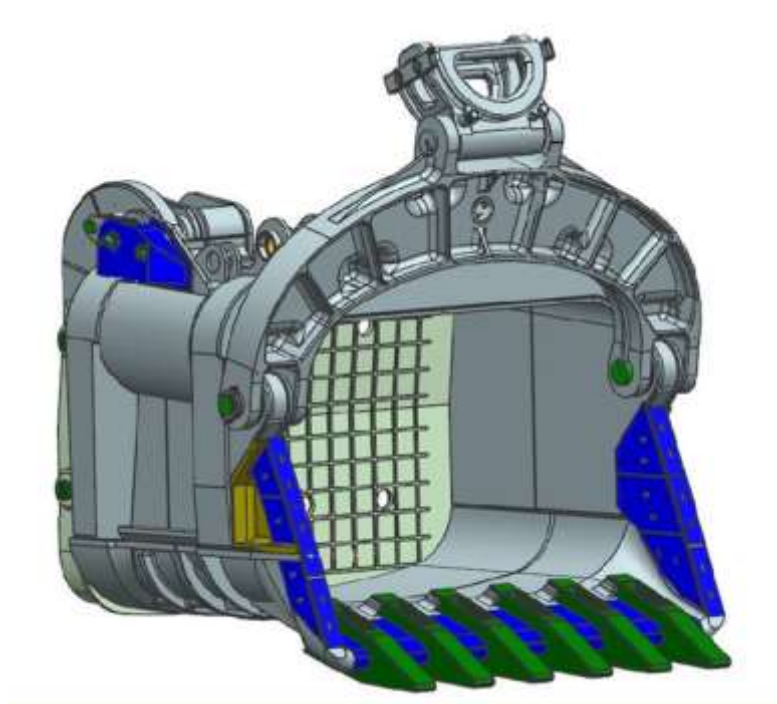


Рис. 2.13 – Ківш ЕКГ-18 [12]

Ківш екскаватора (рис. 2.14) [12] складається з корпусу 3, днища 4, зубів 2, підвіски ковша 1 і механізму гальмування днища ковша 5. Корпус ковша збирається з передньої та задньої стінок, а також двох бічних вставок, які зварюються між собою стиковими швами. Передня стінка ковша відлита з високомарганцевистої сталі, а задня - з легованою. Для підвищення терміну служби ковша верхній та нижній пояси передньої стінки наплавлені твердим сплавом. У міру зношування наплавленого металу під час ремонтів передня стінка знову наплавляється. Для захисту бічних вставок ковша від зносу зверху

передбачені зносостійкі накладки. На передній стінці ковша закріплено п'ять змінних зубів 2. Зуб кріпиться на передній стінці з допомогою осей. на осі надягаються шайби та заварюються.

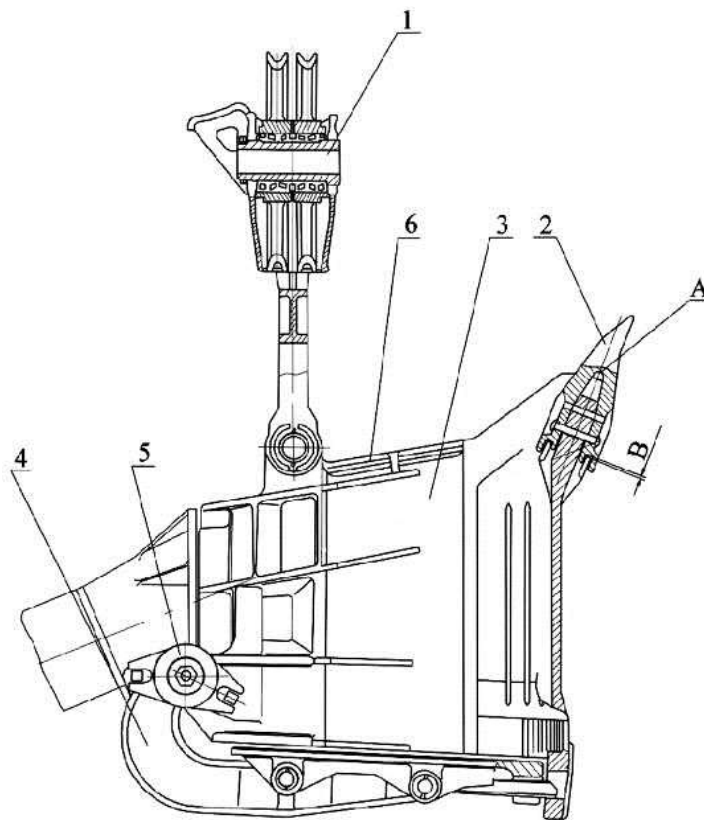


Рис. 2.14 - Ківш ЕКГ-10 [12]

1 - підвіска; 2 – зуб; 3 - корпус; 4 - днище; 5 - механізм гальмування ковша; 6 – накладка

2.2.7.1 Корпус ковша

Корпус ковша [12] складається із зварно-ливої передньої стінки та зварної двох- стінчастої задньої стінки. Передня стінка складається з чотирьох з'єднаних зварюванням виливків з високомарганцевої зносостійкої сталі - козирок, основа і дві вставки. Задня стінка виготовлена з листового прокату і містить верхній та нижній силові пояси коробчастої форми, що передають зусилля натиску на передню стінку. Для збільшення міцності та жорсткості силові пояси утворюють коробчасту конструкцію.

На верхній площині задньої стінки є вуха з розточуванням для шарнірного з'єднання ковша з коромислом.

У задній частині стінки є вуха з розточками для шарнірного з'єднання ковша з рукояттю та корпусу ковша з днищем. У всі розточування для шарнірних з'єднань запресовані втулки з високою твердістю для збільшення терміну служби.

На нижньому поясі передньої стінки є п'ята "А" з прямокутним отвором для фіксації днища ковша в закритому стані. Верхня ріжуча кромка передньої стінки відігнута та забезпечена шістьма гніздами «Б» для встановлення та кріплення зубів ковша. Гнізда виконуються для кріплення зуба або клином і скобою, або болтами та гайками.

При футеруванні корпусу ковша місця, що піддаються найбільшому зносу, захищають зносостійкими елементами.

2.2.7.2 Днище ковша

Днище [12] складається з плити, з'єднаної пальцями з петлями. Уздовж поздовжньої осі плита забезпечена припливом з отвором квадратного перерізу для засуву, що фіксує днище в закритому положенні, при цьому кінець засуву западає в отвір п'яти корпусу ковша. Висмикування засуву з отвору п'яти проводять за допомогою пластинчастого важеля, встановленого в гнізді упору з можливістю повороту щодо осі. Від провисання важіль обмежений вікном, відлитим у плиті. Поворот важеля здійснюється ланцюгом, запасеним у скобу, шарнірно з'єднану віссю з важелем. Другий кінець ланцюга приєднано до важільної системи рукояті. Величина западання кінця засуву в отвір п'яти ковша може бути відрегульована перестановкою шайб.

Після висмикування засуву днище відкривається під дією власної ваги та ваги ґрунту, що заповнює ківш.

Є також варіант виконання ковша, комплектуваного зварним днищем. Зварний варіант днища ковша виконується цілісно з петлями днища ковша. Найбільш схильна до зносу поверхня днища ковша (ближня до передньої

стілки) футерується пластинами із зносостійкої сталі. Найбільш відповідальні елементи конструкції мають коробчастий переріз.

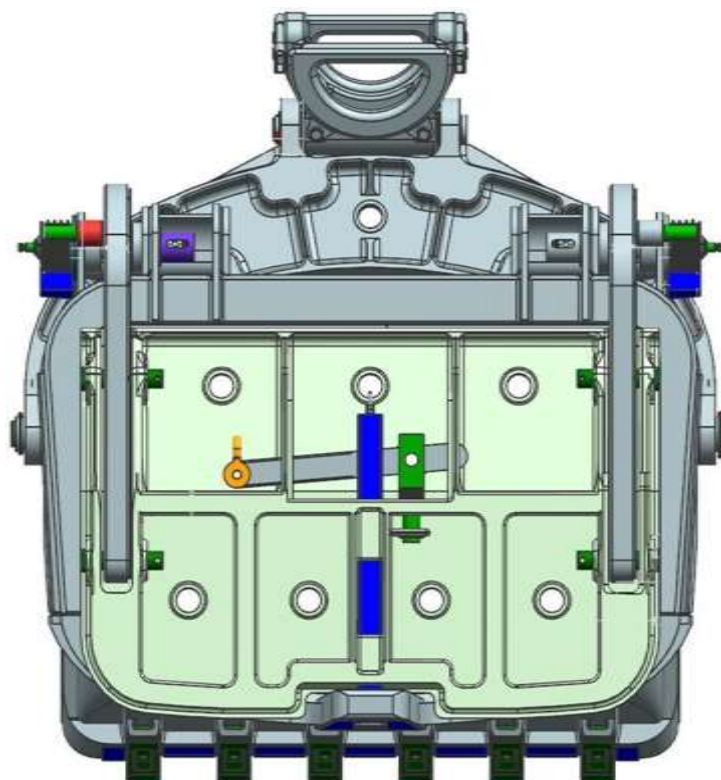


Рис. 2.15 – Днище ковша ЕКГ-18 [12]

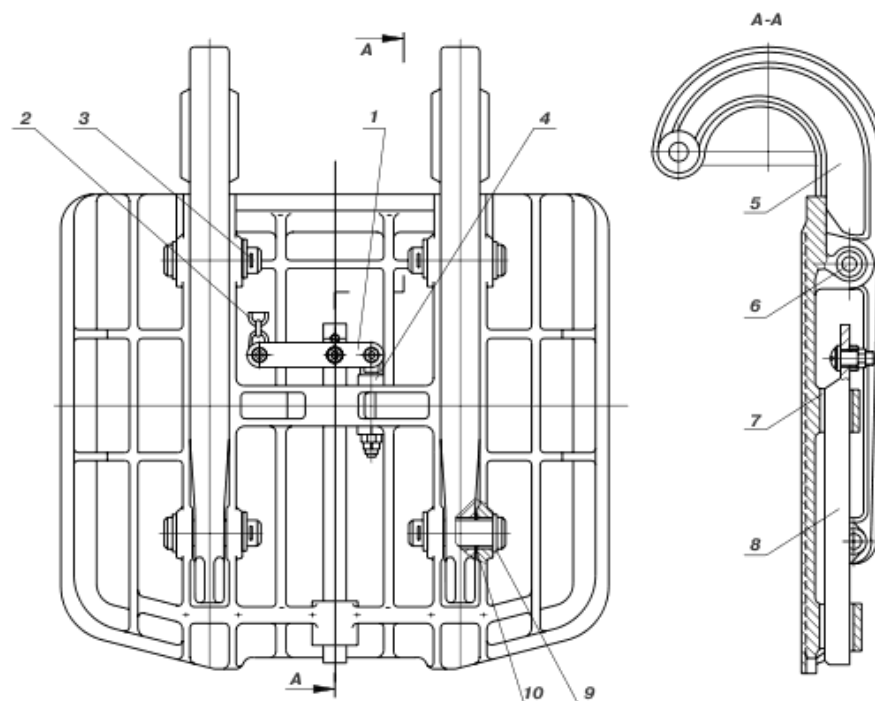


Рис. 2.16 – Днище [12]

1 - ричаг засуву; 2 – ланцюг; 3 – штифт; 4 – палець; 5 - петля; 6 – валик; 7 - плита днища; 8 - засув; 9 – шайба; 10 - шайба

2.2.7.3 Коромисло ковша

Коромисло ковша[12] є виливкою арочної форми з високомганцевої сталі. Поперечний переріз коромисла – двотавр, стійкість стінок якого забезпечується радіальними ребрами. Нижня частина арки коромисла виконана у вигляді чотирьох вушок, що сполучаються з вухами ковша. У верхній частині арки є дві вуха, що сполучаються з вушками блокової підвіски. Отвори в вухах для установки осей механічно оброблені.

2.2.7.4 Підвіска ковша

Підвіска ковша [12] служить для приєднання коромисла ковша до підйомних канатів та вирівнювання натягу чотирьох гілок каната.

Підвіска ковша складається з двох бортів канатів, втулок мастильного корпусу підвіски, в якому виконані струмки для запасування в них канатів, листів, що приварюються до корпусу підвіски для підвищення надійності кріплення бонок. Борти канатів і бонки, призначені для запобігання виходу канатів із струмків, прикріплюють до корпусу підвіски за допомогою болтового з'єднання болтами. Для запобігання викручування болта використовуються стопорні шайби, для фіксації болтів використовуються шматки дроту, які приварюються одним кінцем до зазначених болтів, а іншим до бортів каната, які кріплять зазначені болти. Втулки мастильні запресовують у призначені для них отвори в корпусі підвіски. [13]

2.2.7.5 Зуб ковша

Зуб ковша [12] являє собою виливок із високомарганцевистої сталі, виконану у вигляді камертону. Загострена сторона виливка має ріжучу кромку «Б», поверхні якої наплавлені твердим сплавом.

Зуби ковша мають два виконання:

1 виконання – симетрична ріжуча кромка; 2 виконання – асиметрична ріжуча кромка.

Кріплення зуба до передньої стінки виконується у двох варіантах: I варіант – за допомогою скоби та клину;

II варіант – за допомогою болтів та гайок.

2.2.7.6 Механізм гальмування

Механізм гальмування закритого типу [12].

Механізм гальмування закритого типу є двома дисковими гальмами, що складаються з нерухомих обойм, закріплених зварюванням до торців зовнішніх вушок корпусу ковша співвісно з осями повороту днища ковша, при цьому центрування обойм щодо розточування ковша здійснюється за допомогою кришок. У шліцевих порожнинах обойми поперемінно встановлені нерухомі диски, що сполучаються зі шліцями обойм та поворотними дисками, що складаються з металевих дисків, що сполучаються зі шліцьовим валом і приєднаними до них фрикційними кільцями. Стиснення пакетів дисків здійснюється за допомогою пружин встановлених у гніздах натискних дисків через диски зі встановленими пальцями, що центрують пружини. Зусилля стиснення пружин здійснюється натискними гвинтами, встановленими у центральних розточках кришок, закріплених болтами на зовнішніх торцях обойм. [10]

2.2.7.7 Лебідка МВДК та відхиляючі блоки

Механізм ВДК ЕКГ-18 має два варіанти виконання:

I.Різновид – Безредукторне [13];

Безредукторний механізм ВДК (рис. 2.17) складається з лебідки ВДК, постаменту, який закріплений болтами та гайками на верхньому настилі корпусу ковша. На барабан лебідки кілька шарів намотаний канат, який приєднаний до важеля рукояті.

Електродвигун з'єднаний з моторним валом редуктора еластичною муфтою, що складається з напівмуф, гумових дисків, пальців та прокладок.

II.Різновид – Редукторний

Редукторний механізм ВДК [14] (рис. 2.18) складається з лебідки, редуктора та постаменту, болтами та гайками закріпленого на верхньому настилі корпусу стріли. На барабан лебідки в кілька шарів намотаний канат, який приєднаний до важеля рукояті за допомогою клинної втулки, клина, вуха, осей та скоби. Електродвигун з'єднаний з моторним валом редуктора

еластичною муфтою, що складається з напівмуфт, гумокордних дисків, пальців та прокладок.

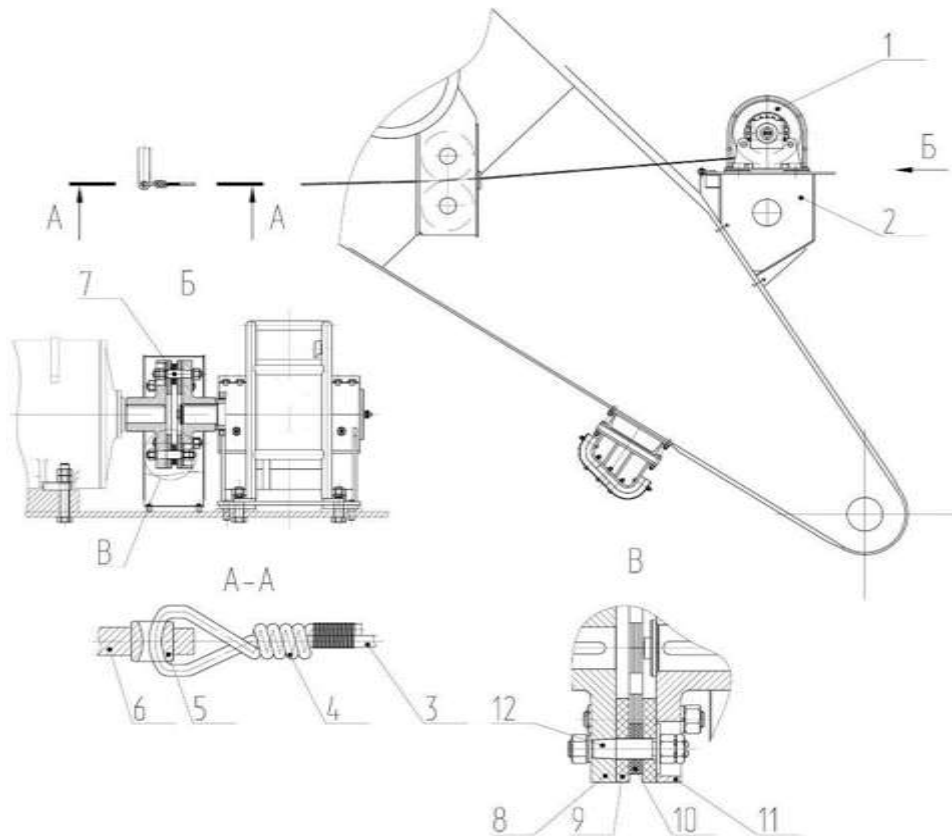


Рис. 2.17 – Механізм відкривання днища ковша [4]

1 - лебідка ВДК; 2 - постамент; 3 - канат 15,5-Г-ІН-1670 ГОСТ 3079-80; 4 - вузол; 5 - втулка важеля ВДК; 6 - важіль ВДК; 7 - муфта; 8 - напівмуфта; 9 - диск; 10 - прокладки; 11 - напівмуфта; 12 - палець

Редуктор ВДК складається з корпусу, кришки, напресованих на вал барабану та зубчастого колеса, пов'язаного з ним моторного вала-шестірні, які встановлені в картерній порожнині редуктора. Вали редуктора обертаються у підшипниках. Підшипникові порожнини відокремлені від картерної порожнини та атмосфери кришками, врізними кільцями та відбійними кільцями. Рівень олії в картері контролюється масловказівником. Злив відпрацьованого масла здійснюється за допомогою коркового прохідного крана. Кріплення каната на барабані здійснюється притискними планками.

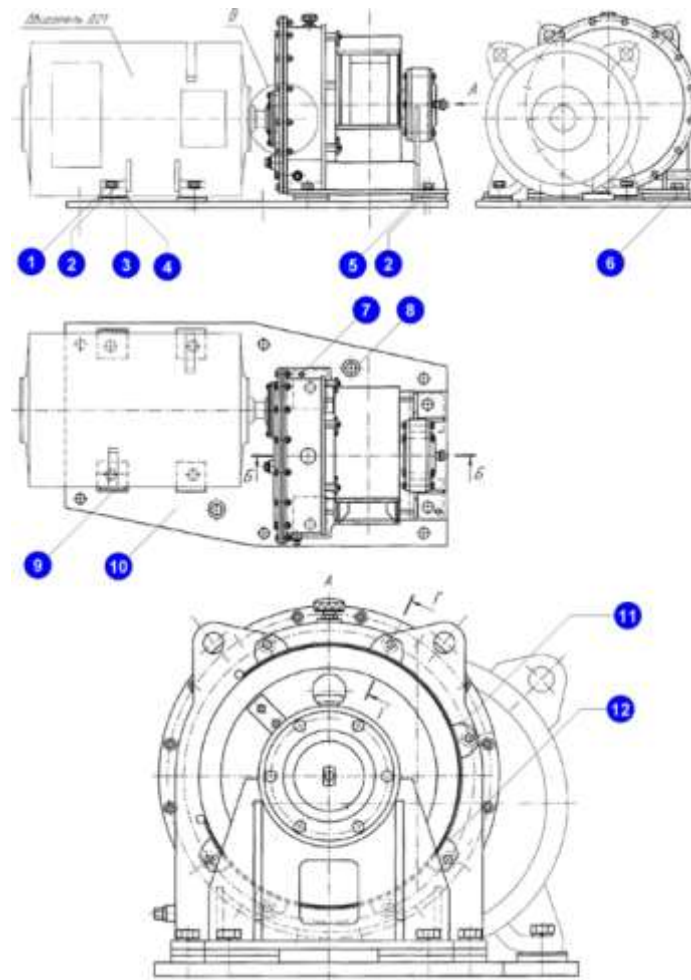


Рис. 2.18 - Редукторний механізм відкривання днища ковша [4]

1 - болт; 2 - Шайба; 3 - прокладання; 4 - прокладання; 5 - болт; 6 - пробка; 7 – штифт; 8 – втулка; 9 – планка; 10 – плита; 11 – кожух; 12 – кожух.

Електродвигун постійного струму механізму ВДК під час роботи екскаватора у вибої завжди включений на підмотування каната на барабан моментом до 10% від номінального значення, що необхідно для запобігання значному провисанню каната при переміщенні рукояті. Для відкриття днища при розвантаженні ковша електродвигун вмикається на максимальний момент.

Блоки, що відхиляють, служать для обмеження коливань каната і запобігання попаданню його в рухомі елементи рукояті при роботі екскаватора.

2.2.7.8 Барабан лебідки МВДК

Барабан лебідки [12] має можливість кількох варіантів закріплення каната. Конструкцією барабана передбачено кріплення:

- сталевого каната діаметром 10 мм;
- поліамідного каната діаметром 19 мм.

2.2.7.9 Важелі МВДК [14]

Служить передачі моменту двигуна. Важіль ВДК представлений у вигляді системи пантографів, складається з двох важелів, з'єднаних один з одним за допомогою осей. Закріплений даний механізм у вухах, розташованих на корпусі рукояті.

2.3 Розрахунок місткості ковша

Розрахунок місткості ковша необхідний визначення навантаження, що припадає на засув днища ковша. [18]

Розрахунок на місткість здійснюється згідно з міжнародним стандартом SAE J67.

Номінальна місткість ковша V_r згідно з SAE J67 складається з місткості ковша врівень з V_s та об'єму «шапки» з кутом ухилу $1/2 - V_e$.

$$V_r = V_s + V_e [\text{м}^3]; \quad (2.1)$$

Таблиця 2.1 - Дані для розрахунку ковша ЕКГ-18

Параметр	Позначення	Значення
Глибина ковша у верхній частині, мм	L1	2150
Глибина ковша в нижній частині, мм	L2	2170
Глибина ковша від вершини ріжучої кромки до задньої стінки, мм	L3	2320
Ширина ковша, мм	B	3400
Висота передньої стінки, мм	h1	3030
Висота задньої стінки, мм	h2	200
Глибина скосу нижньої кромки корпусу ковша, мм	N1	980
Висота скосу нижньої кромки корпусу ковша, мм	N2	120
Зазор між днищем та корпусом ковша:		
близько п'яти, мм	t1	35
в районі тяг рукояті, мм	t2	35

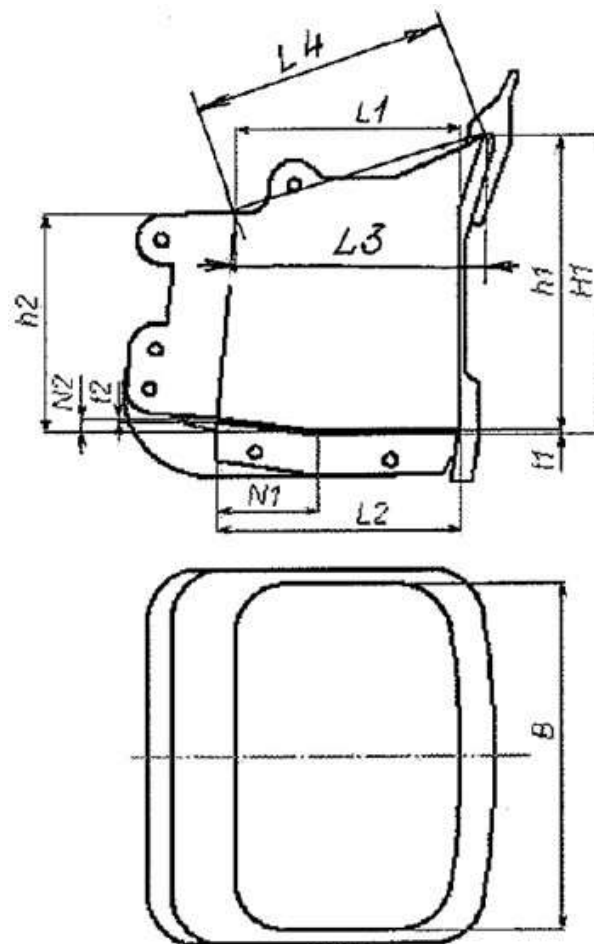


Рис. 2.19 – Лінійні параметри ковша [4]

$$H_1 = h_1 + t_1, [\text{мм}] ; \quad (2.2)$$

$$H_2 = h_2 + t_2, [\text{мм}] ; \quad (2.3)$$

$$H_1 = 3030 + 35 = 3065 \text{ мм} ;$$

$$H_2 = 2000 + 35 = 2035 \text{ мм} ;$$

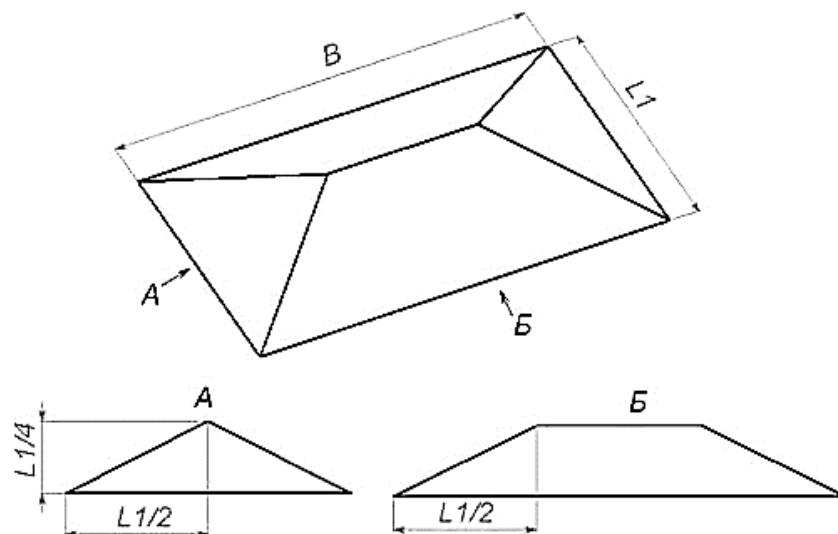


Рис. 2.20 – Додаткова шапка ковша [4]

Розрахунок V_s

$$V_s = \left(\frac{L_1 + L_2}{2} \cdot \frac{H_1 + H_2}{2} - \frac{N_1 \cdot N_2}{2} \right) \cdot B \cdot k, [\text{мм}^3]; \quad (2.4)$$

де k - коефіцієнт враховує заокруглення кутів корпусу ковша ($k = 0,96$).

$$V_s = \left(\frac{2150 + 2270}{2} \cdot \frac{3065 + 2035}{2} - \frac{980 \cdot 120}{2} \right) \cdot 3400 \cdot 0,96 = 19,20 \text{ м}^3$$

Розрахунок V_e

Довжина основи шапки L_4 :

$$L_4 = \sqrt{L_3^2 + (h_1 - h_2)^2}, [\text{мм}]; \quad (2.5)$$

$$L_4 = \sqrt{2420^2 + (3030 - 2000)^2} = 2630 \text{ мм};$$

$$V_e = \frac{L_4^2 \cdot \left(B - \frac{L_4}{3} \right)}{24}, [\text{м}^3]; \quad (2.6)$$

$$V_e = \frac{2630^2 \cdot \left(3400 - \frac{2630}{3} \right)}{24} = 0,76 \text{ м}^3;$$

$$V_r = V_s + V_e = 19,20 + 0,76 = 19,96 \text{ м}^3.$$

Приймаємо об'єм ковша $V_r = 20 \text{ м}^3$.

2.4 Розрахунок механізму відкриття днищу ківша

Метою даного розрахунку є:

- визначення потрібної потужності електродвигуна лебідки механізму відкриття днищу ківша (ВДК);
- підбір геометричних параметрів компонентів лебідки ВДК;
- підбір ланцюга та каната, що входять до складу механізму ВДК.

У розрахунку підвищення точності прийнято роздільне позначення центрів мас ґрунту в ковші і днища у зборі. Ц.М. днища визначено на основі моделі за допомогою програми Siemens NX. Ц.М. ґрунту в ковші визначено побудовою моделі ґрунту в ковші, шляхом віднімання тіла ковша з цільного масиву тіла (призми) за допомогою програми Siemens NX. [8]

Розрахунок проведено для двох положень ковша з рукояттю:

- перший варіант – рукоять розташована горизонтально;
- другий варіант - днище ковша розташоване горизонтально.

Дані варіанти вибрані з припущення, що в них досягатиме найбільша сила тертя в засові.

Вихідні дані для розрахунку:

Вага ґрунту в ковші $G_{\text{гр}} = 1,8 \text{ т/м}^3 \cdot 31,9 \text{ м}^3 = 55,8 \text{ т} = 547,4 \text{ кН}$ (для розрахунку прийнята завантажувальна щільність ґрунту рівна $1,8 \text{ т/м}^3$).

Маса днища визначена на основі моделі та дорівнює $m_{\text{дн}} = 16135 \text{ т}$. При тому вага дна складає $G_{\text{дн}} = 16,14 \text{ т} = 158,28 \text{ кН}$.

Геометричні параметри розрахункових схем визначено виходячи з кінематичної схеми.

Для варіанту розрахунку №1 вони становлять:

$$l_{\text{гр}}^1 = 2203 \text{ мм}$$

$$l_{\text{дн}}^1 = 1183 \text{ мм}$$

$$l_3^1 = 2792 \text{ мм}$$

$$\alpha = 20^\circ$$

Для варіанту розрахунку №2:

$$l_{\text{гр}}^2 = 1994 \text{ мм}$$

$$l_{\text{дн}}^2 = 1619 \text{ мм}$$

$$l_3^2 = 3235 \text{ мм}$$

$$\alpha = 0^\circ$$

2.5 Розрахунок сили тертя що виникає в засуві

Очевидно, що сума моментів щодо точки О дорівнює нулю

$$\sum M_o = 0; \quad (2.7)$$

Тоді

$$N_3 \cdot l_3^1 - G_{гр} \cdot l_{гр}^1 - G_{дн} \cdot l_{дн}^1 = 0; \quad (2.8)$$

$$N_3 = \frac{G_{гр} \cdot l_{гр}^1 + G_{дн} \cdot l_{дн}^1}{l_3^1}; \quad (2.9)$$

$$N_3^n = N_3 \cdot \cos \alpha = \frac{G_{гр} \cdot l_{гр}^1 + G_{дн} \cdot l_{дн}^1}{l_3^1} \cdot \cos \alpha; \quad (2.10)$$

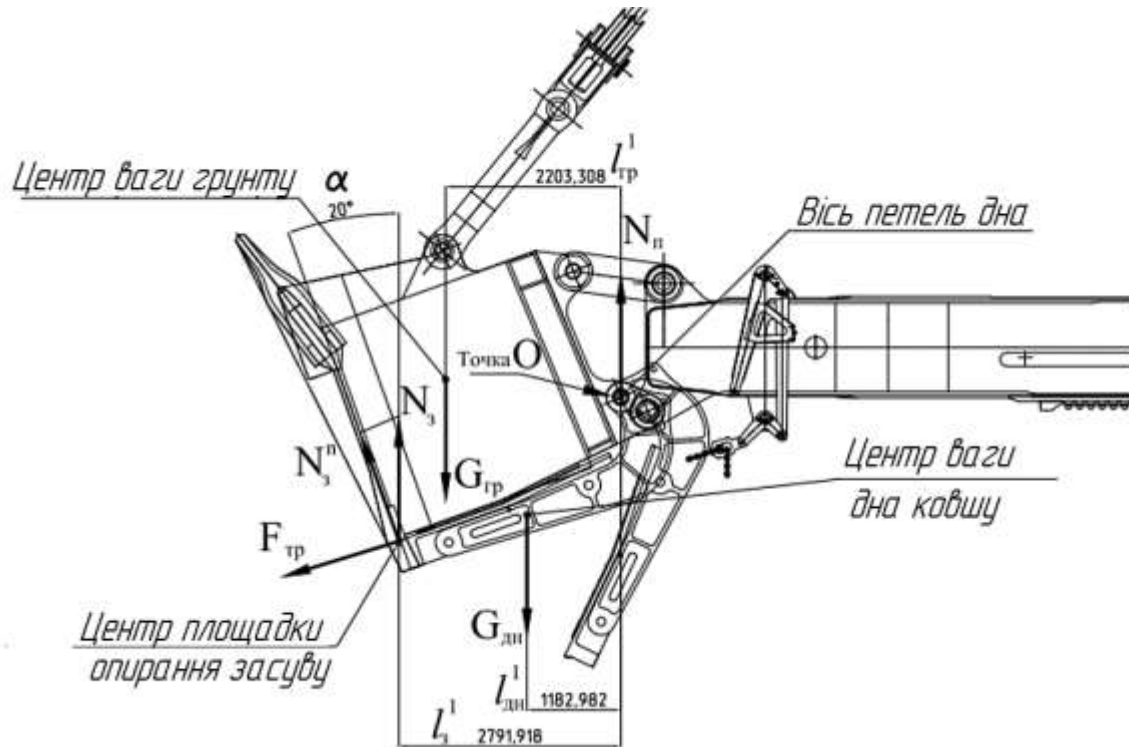


Рис. 2.21– Розрахункова схема варіанта 1

Прийmemo коефіцієнт тертя в засуві рівним $\mu = 0,4$, тоді

$$F_{тр1} = \mu \cdot N_3^n = \mu \cdot \frac{G_{гр} \cdot l_{гр}^1 + G_{дн} \cdot l_{дн}^1}{l_3^1} \cdot \cos \alpha; \quad (2.11)$$

$$F_{тр1} = 0,4 \cdot \frac{547,4 \cdot 2203 + 158,28 \cdot 1183}{2792} \cdot \cos 20^\circ = 187,56 \text{ кН}$$

Враховуючи, що

$$\sum Mo = 0; \quad (2.12)$$

Тоді

$$N_3 \cdot l_3^2 - G_{гр} \cdot l_{гр}^2 - G_{дн} \cdot l_{дн}^2 = 0; \quad (2.13)$$

$$N_3 = \frac{G_{гр} \cdot l_{гр}^2 + G_{дн} \cdot l_{дн}^2}{l_3^2}; \quad (2.14)$$

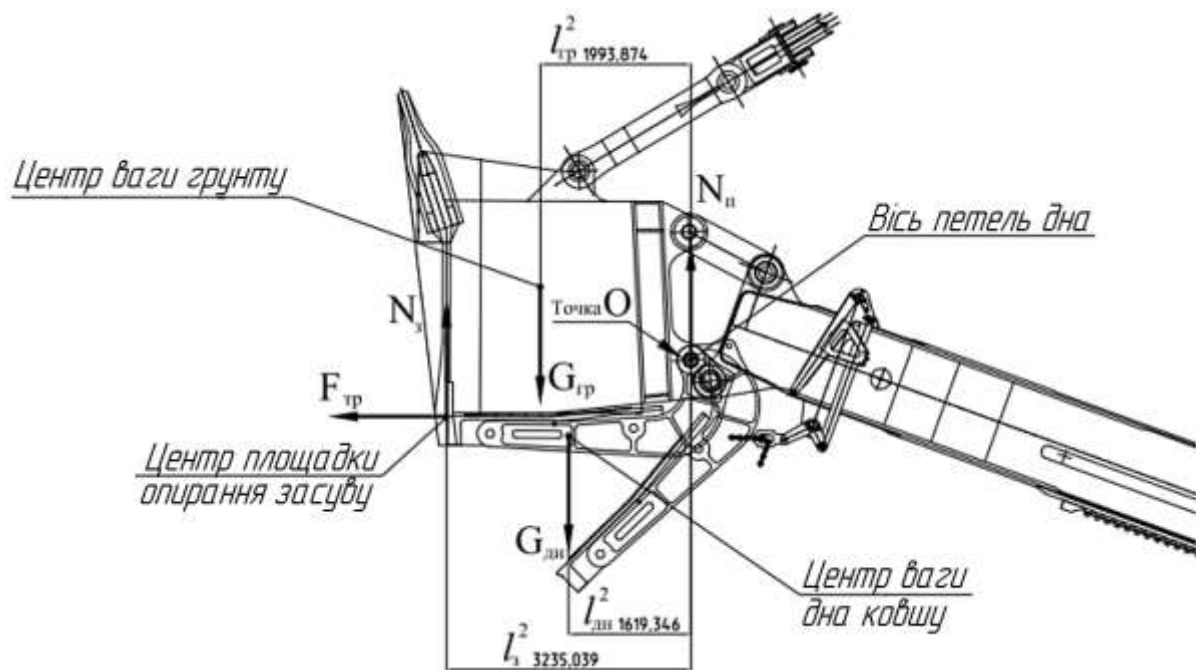


Рис. 2.22 - Розрахункова схема варіанти 2

Прийmemo коефіцієнт тертя в засуві рівним $\mu = 0,4$, тоді

$$F_{\text{тр}2} = \mu \cdot N_z = \mu \cdot \frac{G_{\text{гр}} \cdot l_{\text{гр}}^2 + G_{\text{дн}} \cdot l_{\text{дн}}^2}{l_z^2}; \quad (2.15)$$

$$F_{\text{тр}2} = 0,4 \cdot \frac{547,4 \cdot 1994 + 158,28 \cdot 1619}{3235} = 166,65 \text{ кН}$$

Порівнюючи значення сил тертя, отримані для двох варіантів, видно, що у варіанті 1 виникає більший опір висмикування засуву. По- цьому приймаємо для подальших розрахунків значення сили тертя $F_{\text{тр}} = 187,56 \text{ кН}$.

2.6 Розрахунок зусилля на канаті при відкриванні днища ківшу

У тривимірний моделі співвідношення важелів (система пантографів) складає $l_{02}/l_{01} = \frac{2597}{500} = 5,194 \approx 5,2$.

При цьому

$$F_{\text{цепи}} = F_{\text{тр}} \cdot \frac{l_{01}}{l_{02}} = \frac{187,56}{5,2} = 36,11 \text{ кН}$$

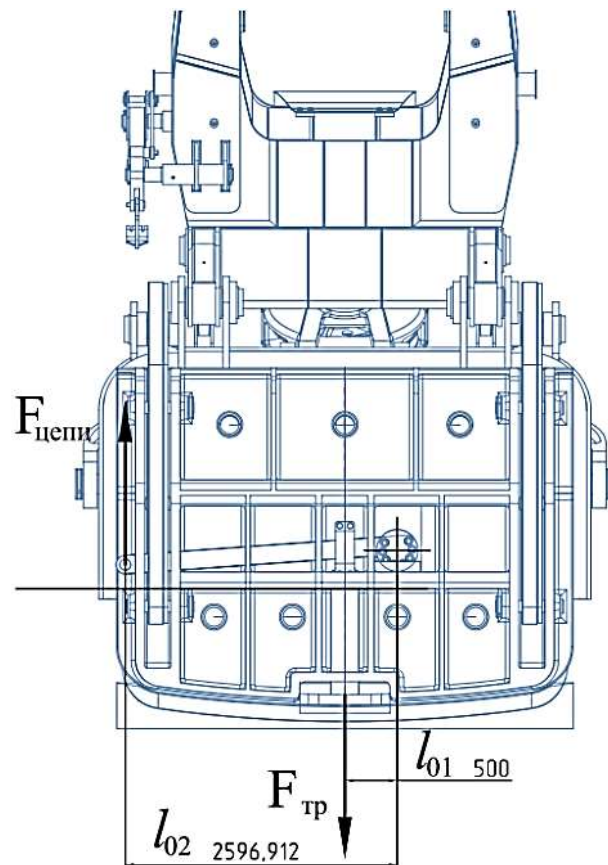


Рис. 2.23 - Схема важелів на днищі ковша

При запасі міцності ланцюги $k_{\text{ланцюга}} = 3$ (працює 2 гілки ланцюга) сумарне навантаження на 2 гілки ланцюга має бути не менше

$$F_{\text{цепи}}^{k3} = 36,11 \cdot 3 = 108,33 \text{ кН} = 11,04 \text{ тс} = 11040 \text{ кгс}$$

При запасі міцності ланцюги $k_{\text{ланцюга}} = 5$ (працює 2 гілки ланцюга) сумарне навантаження на 2 гілки ланцюга має бути не менше

$$F_{\text{цепи}}^{k5} = 36,11 \cdot 5 = 180,55 \text{ кН} = 18,41 \text{ тс} = 18410 \text{ кгс}$$

Тобто. навантаження на одну гілку складе $90,27 \text{ кН} = 9,2 \text{ тс} = 9205 \text{ кгс}$.

Враховуючи нерівномірність розподілу навантаження на 2 гілки приймаємо ланцюг 2,5 - І -22х66 ТУ ВКРФ.303613.005-93, пробне навантаження якого $F_{\text{пр}} = 92 \text{ кН}$.

$$F_{\text{тяги}} = F_{\text{цепи}} \cdot \frac{l_{p1}}{l_{p2}}; \quad (2.16)$$

$$F_{\text{кан}} = F_{\text{тяги}} \cdot \frac{l_{\text{т1}}}{l_{\text{т2}}} = F_{\text{цепи}} \cdot \frac{l_{\text{р1}}}{l_{\text{р2}}} \cdot \frac{l_{\text{т1}}}{l_{\text{т2}}} = 36,11 \cdot \frac{180}{212,14} \cdot \frac{212,14}{1448,8} = 4,49 \text{ кН} =$$

$$= 0,457 \text{ тс} = 457 \text{ кгс}$$

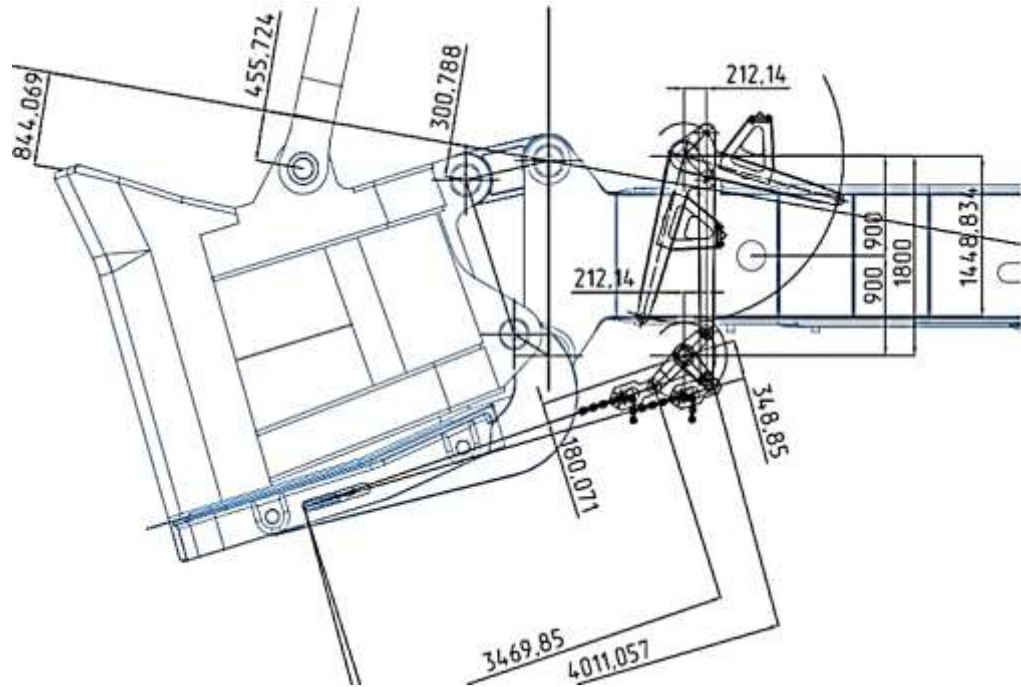


Рис. 2.24 - Схема важелів на рукояті

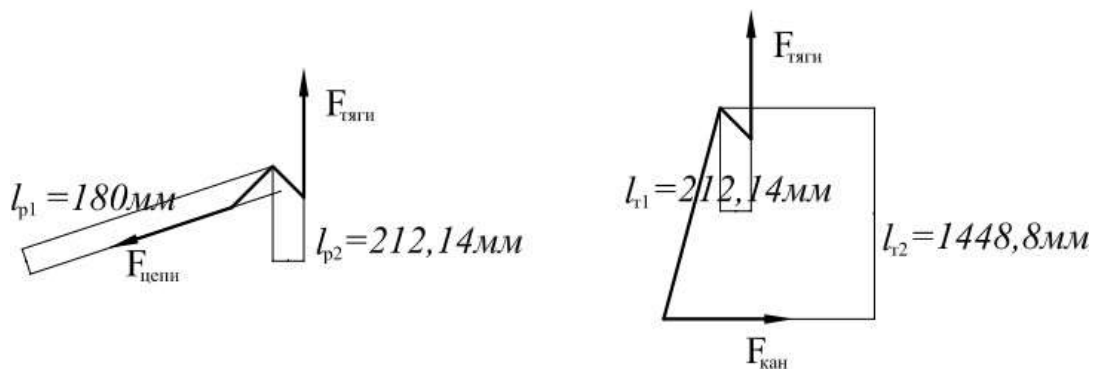


Рис. 2.25 - План сил на важелях і на рукояті

На ЕКГ-18 застосовується трирядний поліамідний канат ПА ПлЗ 19 (60)мм 220 ктекс А ГОСТ 30055-93. Розривне навантаження каната зіставить 6490 кгс = 63,6 кН за групою А, по групі Б – 5640 кгс = 55,3 кН.

У ході модернізації було вирішено перейти на канат ПА ПлЗ 29(90)мм 345 ктекс А ГОСТ 30055-93. Розривне навантаження каната складає 14890 кгс= 145,92кН по групі А, по групі Б - 12945 кгс = 126,86 кН.

Запас міцності каната Ø19 і Ø29 відповідно, по групі А складе

$$k_{\text{пр}}^{\text{А}} = \frac{6490}{457} = 14,2$$

$$k_{\text{пр}}^{\text{А}} = \frac{14890}{457} = 32,6$$

Запас міцності каната Ø19 і Ø29 відповідно по групі Б складе

$$k_{\text{пр}}^{\text{Б}} = \frac{5640}{457} = 12,3$$

$$k_{\text{пр}}^{\text{Б}} = \frac{12945}{457} = 28,3$$

2.7 Дослідження раціональних параметрів і міцності удосконаленого важеля і корпусу МВДК

Розрахунок на міцність проводився в розрахунковій програмі NX Siemens. Для розрахунку використовуємо розроблену конструкцію важеля та корпусу.

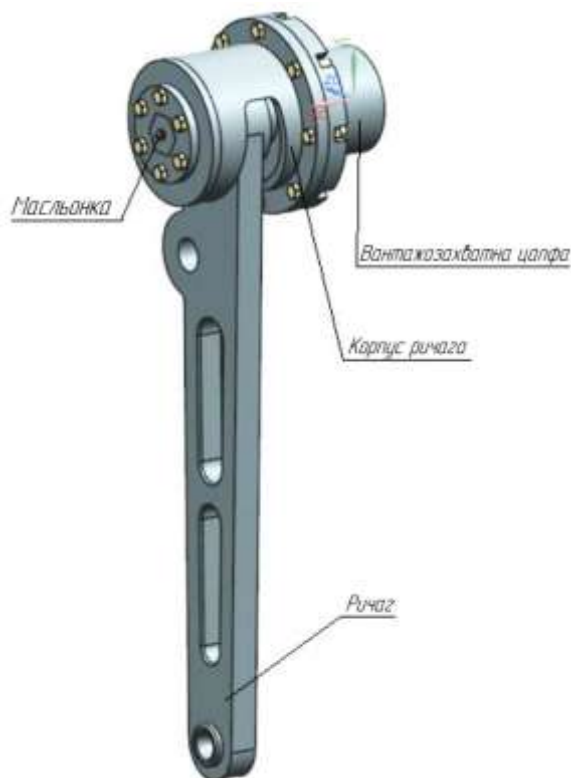


Рис. 2.26 - Загальний вигляд важеля і корпусу МВДК

Розрахунок буде проводитися для випадку, коли засув днища ковша застряг і не виходить із зачеплення, відповідно виникає ситуація, в якій всі важелі знаходяться під постійним навантаженням, яке створює електродвигун. Ця ситуація є найгіршою умовою роботи. [9]

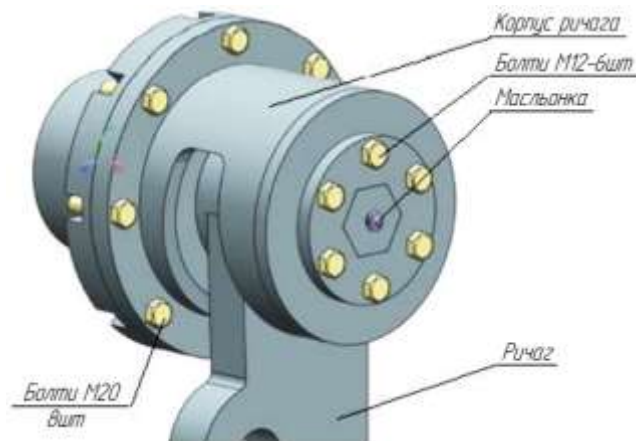


Рис. 2.27 - Укрупнений вид важеля та корпусу МВДК

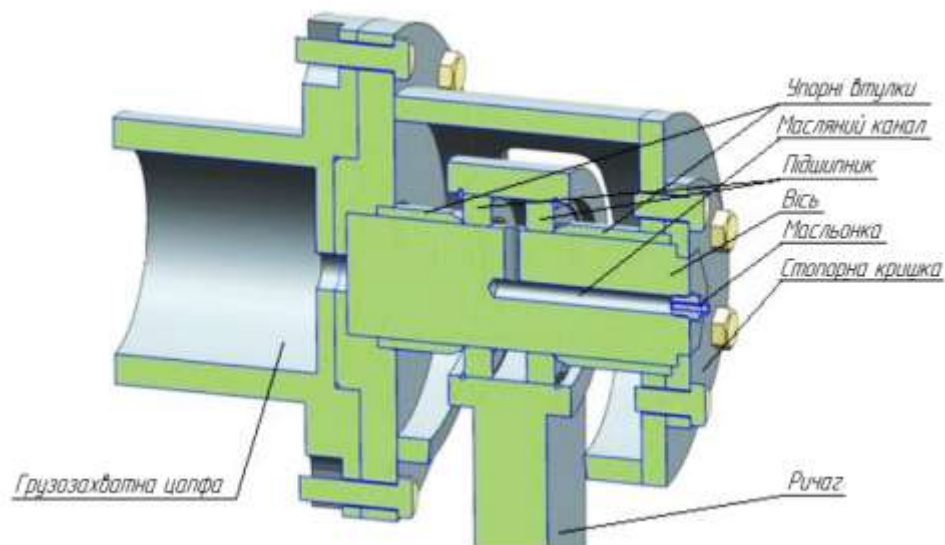


Рис. 2.28 - Розріз важеля та корпусу МВДК

Усі зусилля та навантаження беремо з розділів 2.5 та 2.6.

Далі наносимо тетраєдальну розрахункову сітку на поверхні 3D моделі.

Генерація сітки - це стадія в процесі моделювання методом кінцевих елементів, в яких безперервна структура ділиться на кінцевий набір областей.

Ці області називаються елементами та з'єднуються разом з допомогою вузлів.

Кожен елемент :

- є математичним поданням дискретної частини фізичної структури моделі;
- має розрахункову функцію інтерполяції переміщення.

Створення правильної сітки кінцевих елементів є одним із самих критичних кроків у процесі аналізу, оскільки точність результатів кінцево-елементного аналізу залежить, в зокрема, від якості сітки. [9]

Для спрощення процесу розрахунку, зробимо розрахунок корпусу та важеля МВДК по окремо, відповідно отримуємо:

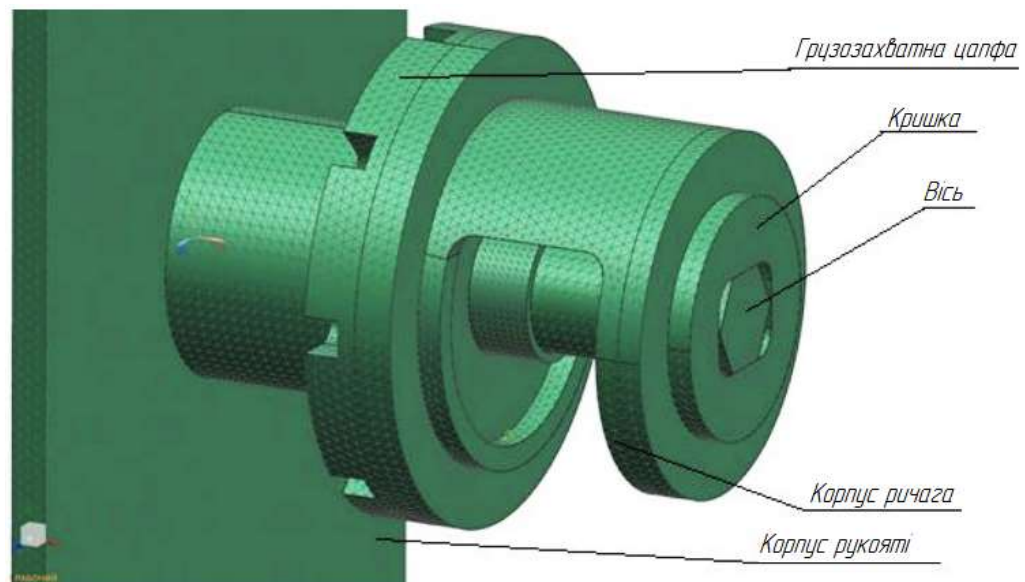


Рис. 2.29 - Корпус важеля МВДК із тетраїдальною сіткою

Для того, щоб докласти сили, нам необхідно зафіксувати модель, для цього закріпимо нашу 3d модель елементом: «жорстка фіксація» в місті, де корпус приварюється до корпусу рукояті. Важель жорстко закріпимо за верхню проушину.

Можна встановити обмеження для фіксації, щоб зафіксувати кілька ступенів свободи переміщення або обертання. За цієї команди фіксуються всі шість ступенів свободи.

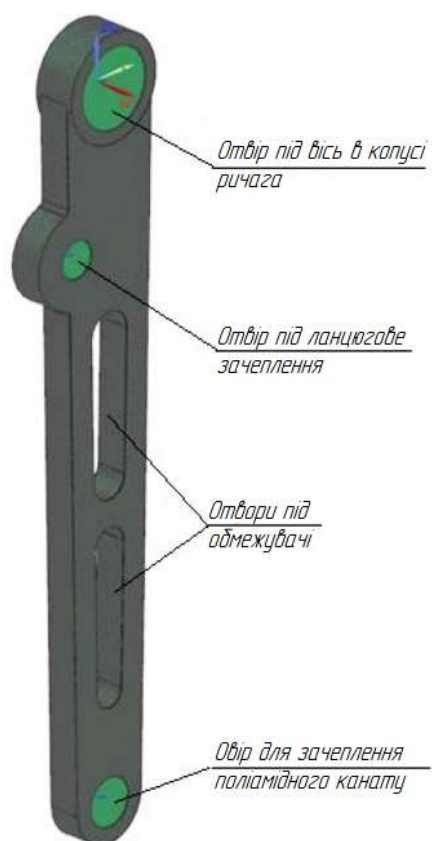


Рис. 2.30 - Важіль із тетраїдальною сіткою

Далі необхідно докласти сили відповідно до умов навантаження.

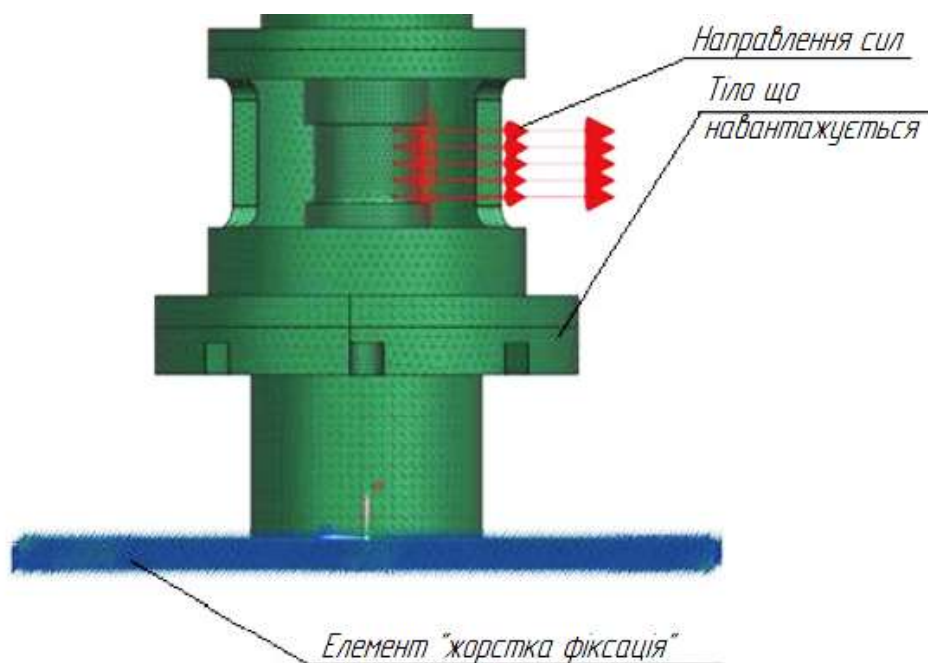


Рис. 2.31 - Накладення сили на корпус МВДК

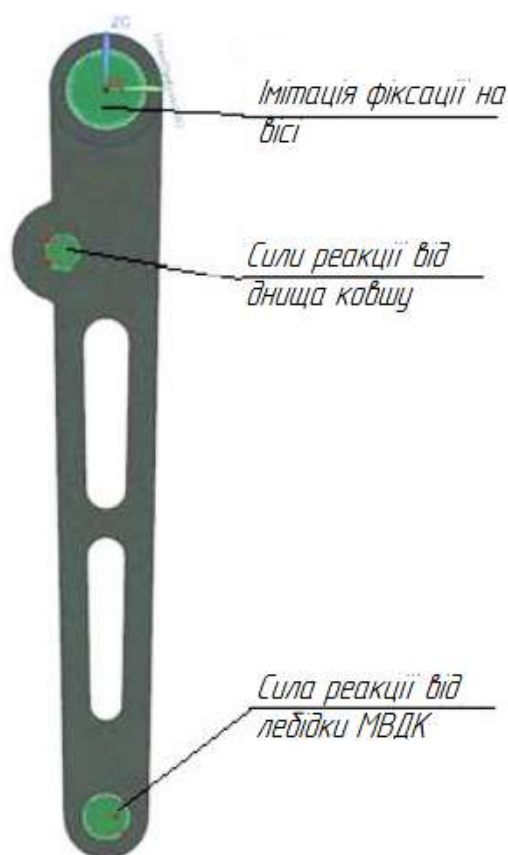


Рис. 2.32 - Накладення сил на важіль МВДК

Використовуючи команду «сила» задаємо величину і напрямок сили.

Для завдання величини сили можна використовувати постійне значення, вираз або поле, що задає зміну сили в залежності від часу, частоти чи температури.

Завдання сили на геометрії або безпосередньо у вузлах:

Силу можна, можливо задати:

- геометрією (криві, точки, крапки сітки, полігональні грані і ребра);
- вузлами

Коли сила визначається на геометрії, програма відображає силу в відповідні вузли.

У списку «Тип» у діалоговому вікні «Сила» можна вказати спосіб визначення сили. Геометрія або кінцево-елементні об'єкти, до яких накладена сила, залежать від параметра, вибраного у списку тип.

Визначення діючих сил виконуємо в програмному забезпеченні для аналізу методів скінченних елементів Nastran

У постановках структурного аналізу NX Nastran та MSC Nastran параметри у списку Напрямок у діалоговому вікні Сила дозволяють визначити напрямок дії сили за допомогою вузлів. Напрямок дії сили, певне з допомогою вузлів, змінюється при деформації моделі. Це означає, що сила стає слідкуючою. Слідкуюча сила залежить від геометрії структури. Якщо структура деформується, то змінюється величина і напрямок слідкуючої сили. [12]

Результати аналізу міцності

Перший випадок навантаження (корпус МВДК):

- максимальне переміщення складає 0,7 мм, що є припустимим.
- максимальне напруження 33 МПа, що є допустимим показником (для сталі 10ХСНД - максимальне напруження дорівнює 284 МПа).

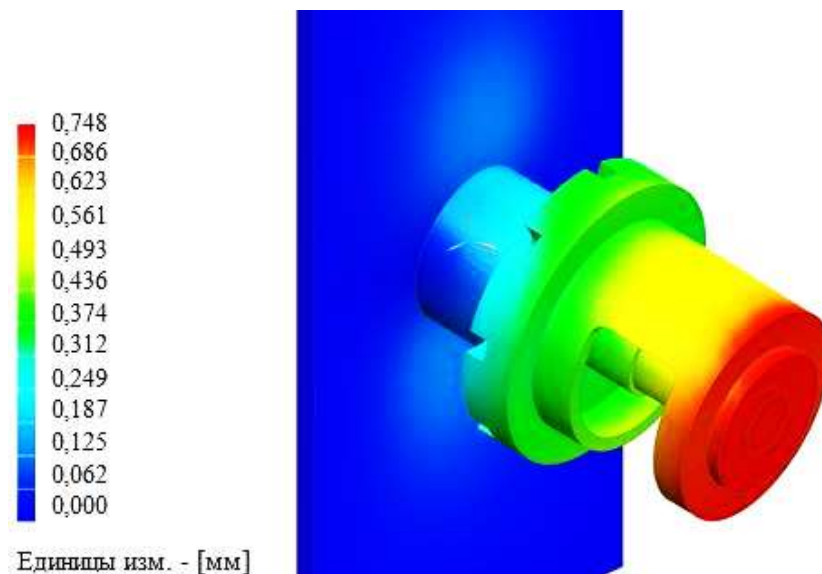


Рис. 2.33 - Максимальне переміщення

На цьому зображенні відображено максимальне переміщення, червона область демонструє зону максимального зміщення щодо вихідної позиції. Для червоної зони був отриманий результат 0,748 мм, що є допустимим і некритичним показником.

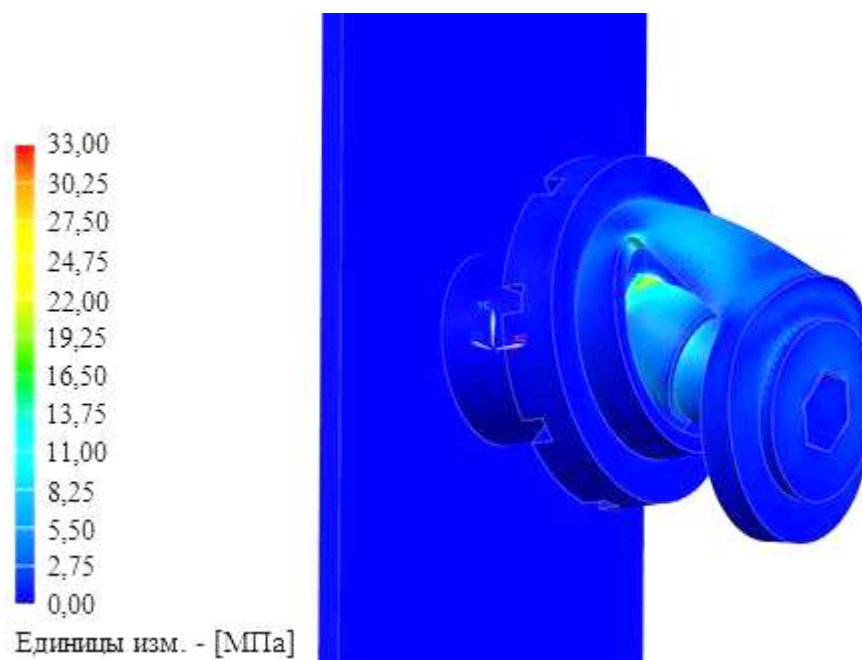


Рис. 2.34 - Максимальна напруга

Дане зображення демонструє максимальну напругу, яка виникає через навантаження від роботи важелів. Значення даного показника дорівнює 33 МПа, що є допустимим для використаної марки сталі.

Другий випадок навантаження (ричаг МВДК):

- максимальне переміщення складає 0,9 мм, що є припустимим;
- максимальне напруження 50,64 МПа, що є допустимим показником.

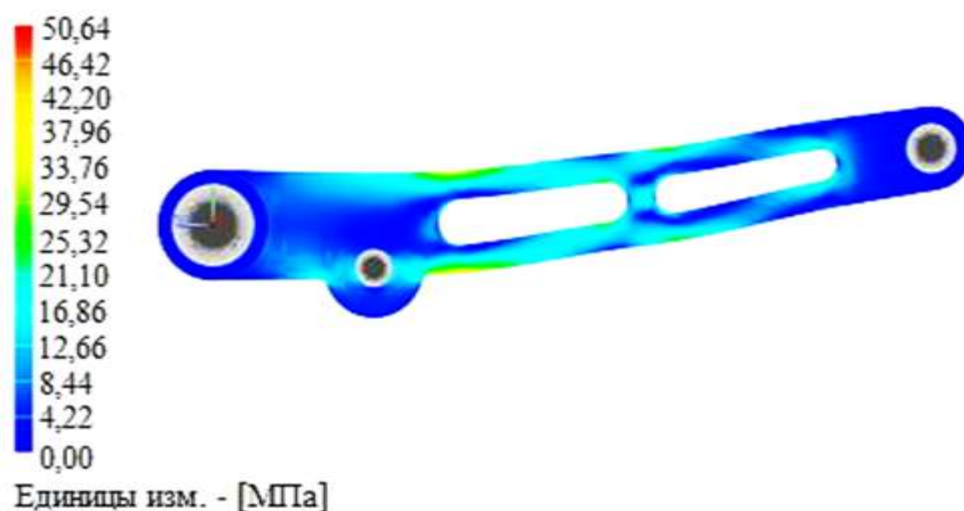


Рис. 2.35 - Максимальне напруження у проекції ZY

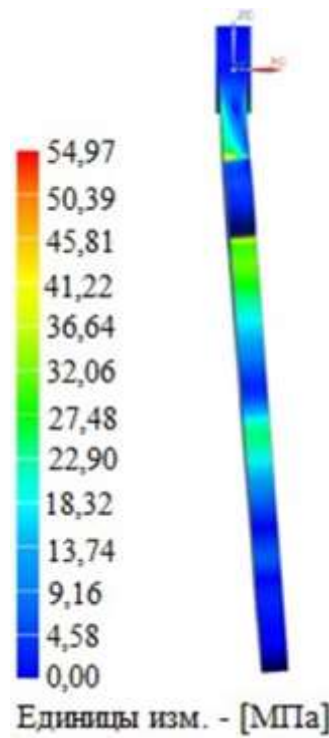


Рис. 2.36 - Максимальне напруження у проекції ZX

На зображенні показано максимальне напруження, що виникає в металі ричага через застрягання засуву в дні ковша. Максимальне значення 54,97 МПа виникає у точках концентрації напруги. Дана величина допустима для використаної марки сталі.

2.8 Вибір двигуна лебідки ВДК і підбір каната

Попередньо приймемо радіус барабан лебідки ВДК екскаватора ЕКГ-18 (радіус барабана до модернізації).

$$r_{\text{бар}} = 162,5 \text{ мм}$$

Тоді необхідний момент на барабані лебідки складе

$$\begin{aligned} M_{\text{бар}}^{\text{треб}} &= F_{\text{кан}} \cdot \left(r_{\text{бар}} + \frac{d_{\text{кан}}}{2} \right) = 4,49 \cdot \left(0,1625 + \frac{0,019}{2} \right) = 0,77228 \text{ кН} \cdot \text{м} = \\ &= 772,28 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

Однією з умов проектування механізму ВДК ЕКГ-18 стоїть завдання спроектувати безредукторну лебідку.

Тому розглянемо можливі двигуни.

На ЕКГ-18 також застосовується редукторна схема з двигуном Д32 потужністю $N^{32} = 12$ кВт, частота обертання $n^{32} = 780$ об/хв.

Номінальний момент цього двигуна визначимо по формулі

$$N_{\text{дв}} = M_{\text{дв}} \cdot n_{\text{дв}}; \quad (2.17)$$

$$M_{\text{дв}}^{32} = \frac{1000 \cdot N^{32}}{\frac{2\pi}{60} \cdot n^{32}} = \frac{1000 \cdot 12}{\frac{2\pi}{60} \cdot 780} = 146,91 \text{ Н} \cdot \text{м} = 15,0 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

Двигун допускає роботу в режимі навантаження з коефіцієнтом $k = 2,5$

$$M_{\text{max}}^{32} = 367,28 \text{ Н} \cdot \text{м} = 37,44 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

Очевидно, що двигун Д32 не підходить для створення безредукторної лебідки ВДК.

Розглянемо два наступних по потужності двигуна в лінійці.

Таблиця 2.2 - Параметри електродвигунів

Двигун	Потужність	Обороти	Момент номінальний	Момент з перенавантаженням 2,5
Д41	16 кВт	700 об / хв	218,27 Нм	545,67 Нм
Д806	22 кВт	650 об / хв	323,2 Нм	808,02 Нм

Двигун Д806 забезпечує необхідний момент на барабані лебідки ВДК і дозволяє проектувати конструкцію на базі вже наявної лебідки ОКД ЕКГ-18.

Розглянемо який потрібен радіус барабана лебідки ВДК щоб було можливим використовувати двигун Д41.

$$M_{\text{бар}}^{41} = F_{\text{кан}} \cdot \left(r_{\text{бар}}^{\text{треб}} + \frac{d_{\text{кан}}}{2} \right); \quad (2.18)$$

$$r_{\text{бар}}^{\text{треб}} = \frac{M_{\text{бар}}^{41}}{F_{\text{кан}}} - \frac{d_{\text{кан}}}{2} = \frac{545,67}{4490} - \frac{0,019}{2} = 0,112 \text{ м} = 112 \text{ мм}$$

Таким чином, діаметр барабана при цьому повинен бути менше 220 мм, тоді для проектування нового барабана приймемо діаметр барабана рівним 200

мм. Цей захід дозволить забезпечити необхідний момент для відкривання днища ковша, а також дозволить використовувати поліамідний канат 29 мм;

Після розрахунків і проведених досліджень механізму ВДК вибрано наступні конструктивні показники:

- двигун Д806 потужністю 22 кВт ;
- канат трирядний поліамідний ПА ПлЗ 29(90) мм 345 ктекс А ГОСТ 30055-93;
- ланцюг 2,5 - І -22х66 ТУ ВКРФ.303613.005-93 з пробним навантаженням $F_{пр} = 92 \text{ кН}$.

Висновки до розділу 2

1. Розроблено загальну методику наступних досліджень, які нададуть можливість досягти означеної мети роботи;
2. При аналізі літературно-патентних джерел встановлено, що в ході експлуатації екскаватора типу ЕКГ було виявлено низку проблем, пов'язаних з механізмом відкривання ковша, дані недоліки наведені нижче:
 - недостатнє змащування рухомих вузлів механізму;
 - довгий та складний процес технічного обслуговування механізму;
 - деформація осей та важелів у зв'язку з періодичним перевантаженням вузла (занадто довге натискання кнопки роботи двигуна);
 - недостатнє зусилля для відкривання днища;
 - численні випадки браку – редуктора ВДК;
 - запропоновано складні методи закріплення каната на барабані, потрібний демонтаж барабана для нормального закріплення. у зв'язку з цими проблемами та частою необхідністю заміни, екіпаж не використовує запропоновані варіанти закріплення.

- відсутнє обмеження перебігу системи пантографів. відповідно виникають удари під час роботи екскаватора і, як наслідок, вихід з ладу важелів.
- зареєстровані випадки, коли важіль при роботі зачіпав днище ковша та відхиляючі блоки.

У зв'язку з вищезазначеними проблемами було вирішено провести модернізацію вузла з метою мінімізувати витрати на монтаж, технічне обслуговування та собівартість.

Для поліпшення роботи механізму було внесено такі зміни:

-Днище ковша:

- Була розроблена зварна конструкція днища ковша з високопрочного листового металу типу RAEX з використанням додаткового легкого футерування з біметалу;
- Збільшено довжину важеля, відповідно збільшено передатне ставлення.

-Зміна конструкції важеля;

Заміна системи пантографів на одноважільний. Даний захід дозволить значно спростити та полегшити конструкцію. Крім цього, особливостями конструкції є:

- Використання дворядних кулькових підшипників закритого типу;
- Двохопрона конструкція, дозволяє позбутися консольного навантаження осі;
- Болтове з'єднання корпусу важеля та корпусу рукояті;
- Використання прокатної сталі. (Без використання поковок та лиття).
- Передбачена можливість змащування рухомих елементів.
- Перенесення місця кріплення важеля;

Важель переноситься на місце вантажозачіпної цапфи, яка використовується для монтажу рукояті. Розроблено спеціальне вантажозахоплення з можливістю болтового з'єднання на фланці вантажозахоплення.

Дана зміна дозволить нам позбавитися проблеми можливої зустрічі важеля з будь-яким рухомим об'єктом, таким як петлі днища ковша або борт кузова самоскида.

-Заміна поліамідного каната діаметром 19 мм на канат діаметром 29 мм та повна відмова від використання сталевих тросів;

Цей захід дозволить збільшити ходовість каната до 3 місяців. Ці показники були отримані в ході польових випробувань на аналогічному екскаваторі на Інгулецькому ГЗК.

-Зміна конструкції барабана;

Конструкція барабана була змінена під кріплення поліамідного каната більшого діаметру. Також було змінено метод кріплення каната із зав'язування на вузол на болтове притягування каната до реборди барабана.

Крім цього, було зменшено діаметр барабана для того, щоб забезпечити необхідний момент для відкривання днища ковша.

-Заміна електродвигуна на більш потужний;

-Заміна марки сталі із СТЗСП5 на більш морозостійку сталь 10ХСНД;

-Оптимізація процесу монтажу та технічного обслуговування;

Завдяки болтовому з'єднанню корпусу важеля, монтаж механізму можна вести на землі без використання крана. Крім цього, корпус важеля та важіль поставляються у зборі на монтаж, що полегшує його процес. Також завдяки новій конструкції періодичність ТО для цього вузла знижена за рахунок надійних закритих підшипників.

3. Проведено дослідження міцності удосконаленого важеля і корпусу МВДК
4. Визначена необхідна потужність електродвигуна лебідки механізму ВДК;
5. Виконано підбір геометричних параметрів компонентів лебідки ВДК, а також підбір ланцюга та каната, що входять до складу механізму ВДК.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНІЗМУ ВІДКРИВАННЯ ДНИЩА КІВШУ ЕКСКАВАТОРА

Наступним кроком проводимо дослідження експлуатаційних характеристик механізму відкриття днища екскаватора. Метою даного аналізу є порівняння характеристик до модернізації і після, а також виявлення поліпшень, що з'явилися завдяки модернізації. На основі даних підприємства ТОВ «ТЕХНО-МАШ» , а також з літературних джерел [10-12] є дані по роботі двох екскаваторів з обома типами конструкції, а саме з системою пантографів та нової однаважільною системою. [6]

Дані по аналізу :

- 1) Звітний період: з Січня по липень 2013;
- 2) ЕКГ-18 №23 (введено в експлуатацію в початку 2012);
- 3) ЕКГ-18 №28 (введено в експлуатацію в кінці 2012);
- 4) Обидва екскаватора працюють в приблизно однакових умовах експлуатації;
- 5) Обслуговування екскаваторів виготовляється штатною сервісною службою .

Для проведення аналізу та порівняння показників екскаваторів до та після модернізації скористаємося даними за показниками роботи вищевказаних екскаваторів. Дані з екскаваторів наведено в додатку 1.

Основним показником успішної модернізації є зменшення кількості годин простоїв і збільшення продуктивності екскаватора.

3.1 Розрахунок коефіцієнта технічної готовності

На основі отриманих даних проведемо розрахунок коефіцієнта технічної готовності [КТГ]. Відповідно до п. 3.6.6.1 ГОСТ 27.002-2015 Надійність у техніці (ССНТ). При цьому, з моменту часу, що розглядається, можуть виключатися плани - періоди, протягом яких використання об'єкта за

призначенням не передбачено, тобто, у тому числі, і планові зупинки для здійснення регламентованого ТО та ремонту. [12]

$$КТГ = \frac{T - T_p}{T}; \quad (3.1)$$

де T - календарний фонд робітника часу екскаватора за контролюємий період;

T_p - фактичне час знаходження екскаватора в ТО і ремонтах в даний період.

Простої на технічне обслуговування і ремонт:

$$ПР_{ТОіР} = T_{ТО} + T_{авар}; \quad (3.2)$$

Технологічні і організаційні простої:

$$ПР_{ТіО} = \sum T_i; \quad (3.3)$$

Час основний роботи:

$$T_{осн} = T_{кап} - T_{ТіО} - T_{ТОіР}; \quad (3.4)$$

На величину коефіцієнта впливають тільки щоденні простої і не здійснюють впливу втрати часу всередині змін.:

Зведені дані про простої та інші розрахункові дані наведені в таблиці 3.1 та 3.2. Розгорнуті таблиці з даними про простої по місяцях наведено в додатку №1 та №2.

Дані були отримані в ході експлуатації екскаваторів в розрізах.

Таблиця 3.1 - Зведені дані по простоям ЕКГ-18 №23

№	Показник	Значення
1	2	3
1	Технологічні і організаційні простої, год	157,2
2	Перегін, год	43,0
3	Перемикання, год	23,4
4	Бурові вибухові роботи, год	55,0
5	Кліматичні умови, год	6,1
6	Вимкнення електроенергії, год	11,2
7	Відсутність запасних частин, год	14,9
8	Інші простої, год	3,6
9	Час основний роботи, год	3768,9
10	Фонд календарний, год	5088,0
11	Середньомісячна продуктивність (7 міс), м ³ /міс	538,4
12	Термін роботи, міс	7,0

Продовження табл. 3.1

1	2	3
13	Виконаний об'єм робіт м ³ /міс	3768,9
14	Коефіцієнт технічної готовності	96,1%
15	Коефіцієнт використання робітника фонду часу	86,4%
16	Коефіцієнт використання робітника часу	96,9%
17	Час простоїв на ТОВ, год	534,8
18	Час організаційних простоїв, год	157,2
19	Час основний роботи, год	4396,0

Таблиця 3.2 - Зведені дані по простоям ЕКГ-18 №28

№	Показник	Значення
1	Технологічні і організаційні простої, год	111,0
2	Перегін, год	29,6
3	Перемикання, год	13,8
4	Бурові вибухові роботи, год	47,5
5	Кліматичні умови, год	6,1
6	Вимкнення електроенергії, год	11,2
7	Відсутність запасних частин, год	0,8
8	Інші простої, год	2,0
9	Час основний роботи, год	4774,9
10	Фонд календарний, год	5088,0
11	Середньомісячна продуктивність (7 міс), м ³ /міс	682,1
12	Термін роботи, міс	7,0
13	Виконаний Об'єм робіт м ³ /міс	4774,9
14	Коефіцієнт технічної готовності	97,5%
15	Коефіцієнт використання робітника фонду часу	91,1%
16	Коефіцієнт використання робітника часу	97,8%
17	Час простоїв на ТОВ, год	340,0
18	Час організаційних простоїв, год	111,0
19	Час основний роботи, год	4637,0

3.2 Основні показники роботи екскаватора ЕКГ-18 №23

Графік демонструє кількість породи, що видобувається екскаватором за 1 годину його роботи. На графіку видно, що пік продуктивності доводиться на

липень, а найменший показник продуктивності зареєстрований у січні. Ця закономірність обумовлена тим, що у липні було найменше кількість різного роду простоїв, а січневий показник обумовлений тривалою аварійною зупинкою та тривалою відсутністю запасних частин .

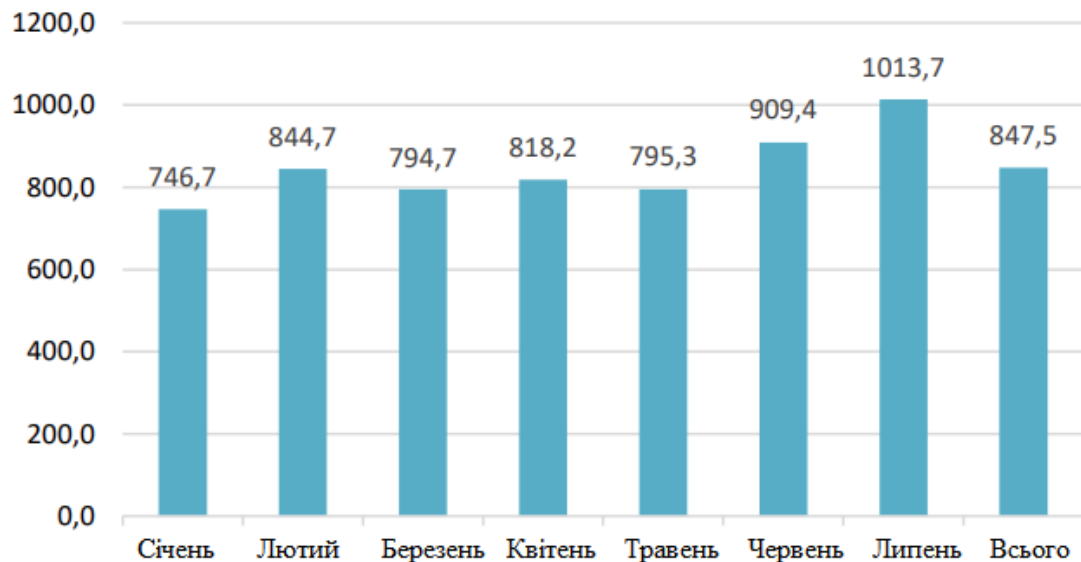


Рис. 3.1 - Годинна експлуатаційна продуктивність [$\text{m}^3/\text{год}$]



Рис. 3.2 - Структура робочого часу ЕКГ-18 №23

На рис 3.2 показано структуру робочого часу екскаватора. на цій діаграмі ми бачимо, що 11% від загальної кількості витрачаються на ТОіР і 3 % на заплановані простої, пов'язані з виробничими потребами розрізу.

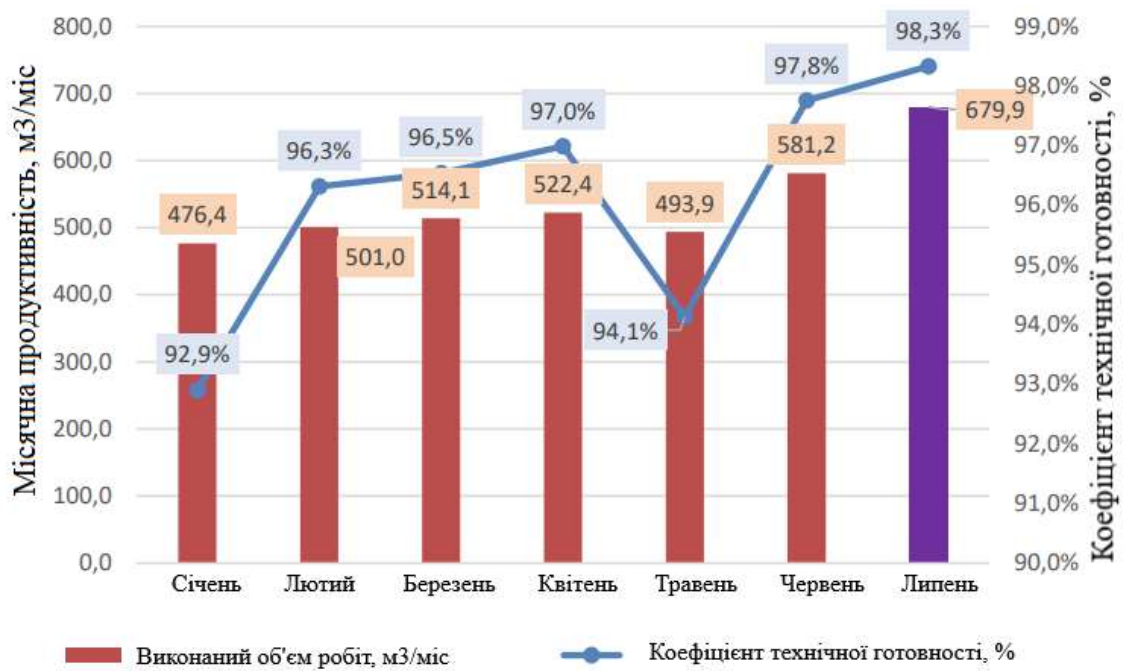


Рис. 3.3 – Місячна продуктивність та коефіцієнт технічної готовності ЕКГ-18 №23

На рис. 3.3 демонструється залежність коефіцієнта технічної готовності екскаватора від обсягу виконаних робіт. Ця залежність обумовлена тим, що продуктивність екскаватора, як і коефіцієнти технічної готовності залежать від кількості простоїв, відповідно, в той момент, коли в травні було зареєстровано найбільше кількість простоїв, обсяг виконаних робіт та коефіцієнт технічної готовності зменшились.

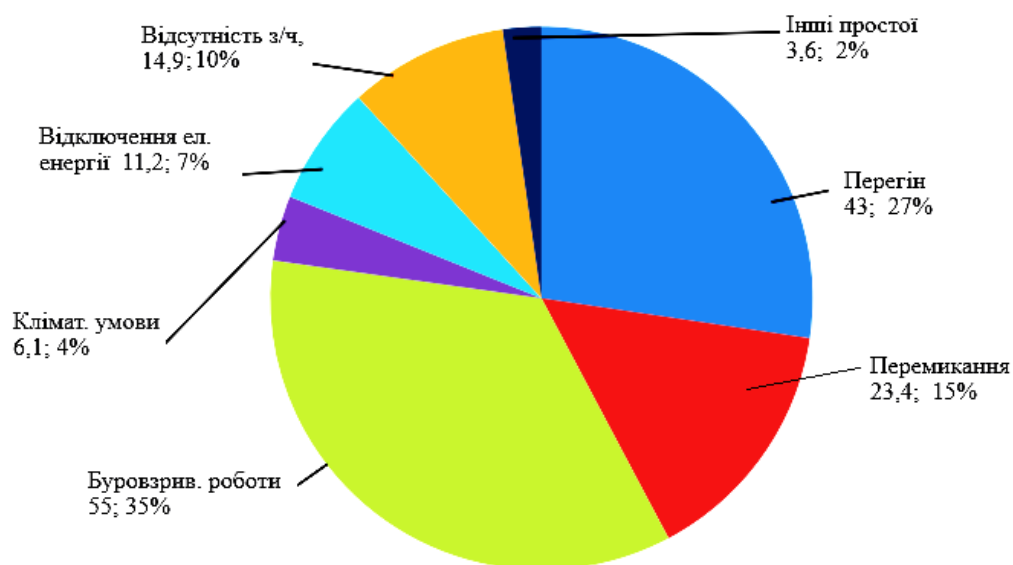


Рис. 3.4 - Структура організаційних простоїв ЕКГ-18 №23

Рисунок 3.4 показує склад організаційних простоїв. Найбільше кількість часу, близько 35% від загальної кількості організаційних проїв, витрачається на буропідривні роботи екскаватора і 27% витрачається на перегін, ці показники – це невід’ємна частина роботи подібного типу екскаватора. Цей показник залежить лише від ландшафту та параметрів вибою. Дані показники можна знизити за рахунок збільшення швидкості пересування, але ця зміна спричинить збільшення масогабаритних показників, що в свою чергу згубно позначиться на експлуатаційних параметрах екскаватора.

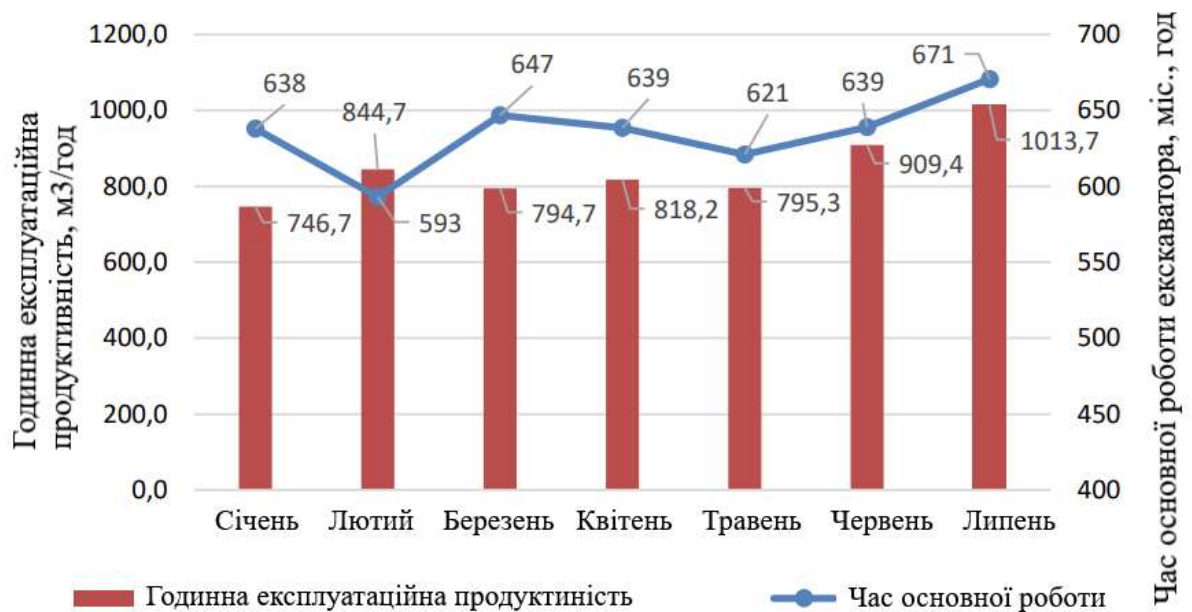


Рис. 3.5 – Динаміка годинної експлуатаційної продуктивності і часу основної роботи ЕКГ-18 №23

На рис. 3.5 демонструється залежність годинної експлуатаційної продуктивності від часу основної роботи. Ця залежність показує, що продуктивність залежить, не тільки від кількості відпрацьованого часу на місяць, але і ряду факторів, як за малого часу основної роботи екскаватор може забезпечити високий показник з виробництва, як це було в лютому 2012-го року. Також ця залежність працює і у зворотному напрямку, коли в березні був один із найвищих показників по кількості відпрацьованого часу, екскаватор показав результат по продуктивності значно нижче того, котрий був при меншій витраті часу.

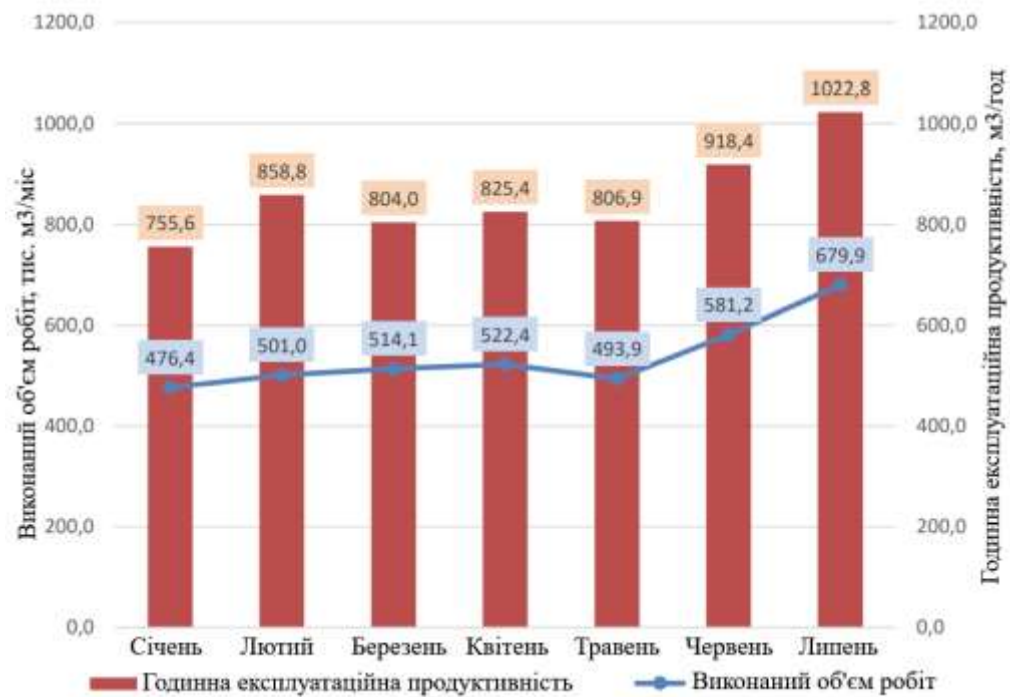


Рис. 3.6 – Зміна годинної експлуатаційної та місячної продуктивності ЕКГ-18 №23

Показує залежність зміни годинної експлуатаційної продуктивності та місячного обсягу виконаних робіт. На основі отриманої діаграми, можна зробити висновок, що годинна експлуатаційна продуктивність, як і багато інших показників, згадані раніше, повністю залежать від простоїв відповідно, щоб підвищити цей показник нам необхідно зменшити час на простої, тим самим ми збільшимо час роботи екскаватора, а також і його продуктивність.

3.3 Основні показники роботи екскаватора ЕКГ-18 №28

Для екскаватора ЕКГ-18 №28, за отриманими даними, складемо аналогічні діаграми, щоб наочно продемонструвати зміни отриманої в ході модернізації механізму відкривання днища ковша. Звісно, покращення показників, залежить не тільки від модернізації МВДК, а й від ряду інших виробничих факторів, таких як оптимізація роботи екскаватора в забої, застосуванні нових технологій розробок і інше.

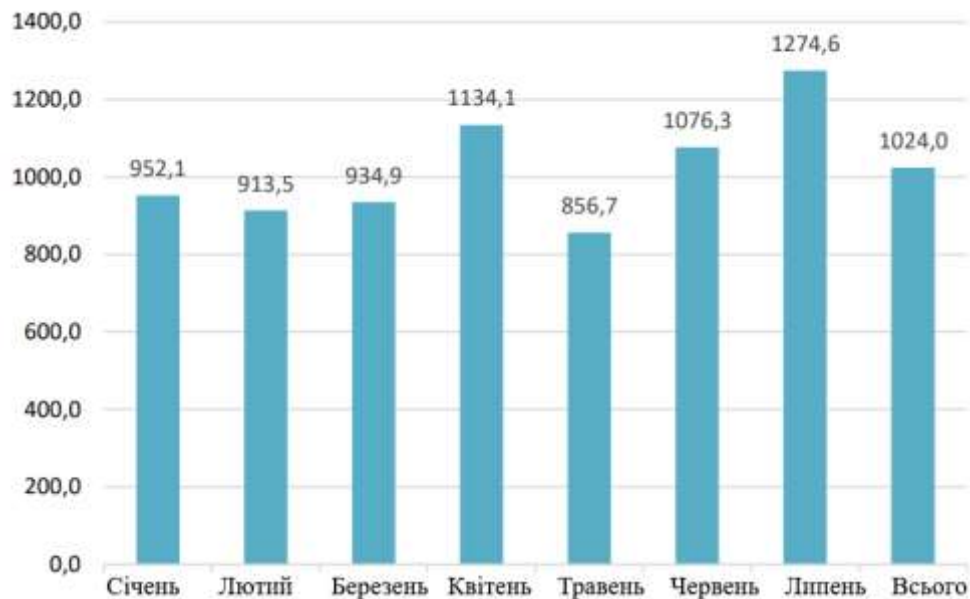


Рис.3.7 - Годинна експлуатаційна продуктивність, м³/год

На основі отриманих даних була побудована діаграма (рис. 3.7), яка демонструє годинну експлуатаційну продуктивність, дана діаграма показує який обсяг породи екскаватор видобуває за 1 годину своєї роботи. На цій діаграмі ми бачимо, що пікові значення продуктивності були у квітні та липні це обумовлено тим, що в цей час були великі простой, відповідно у екскаватора було більше часу для роботи.

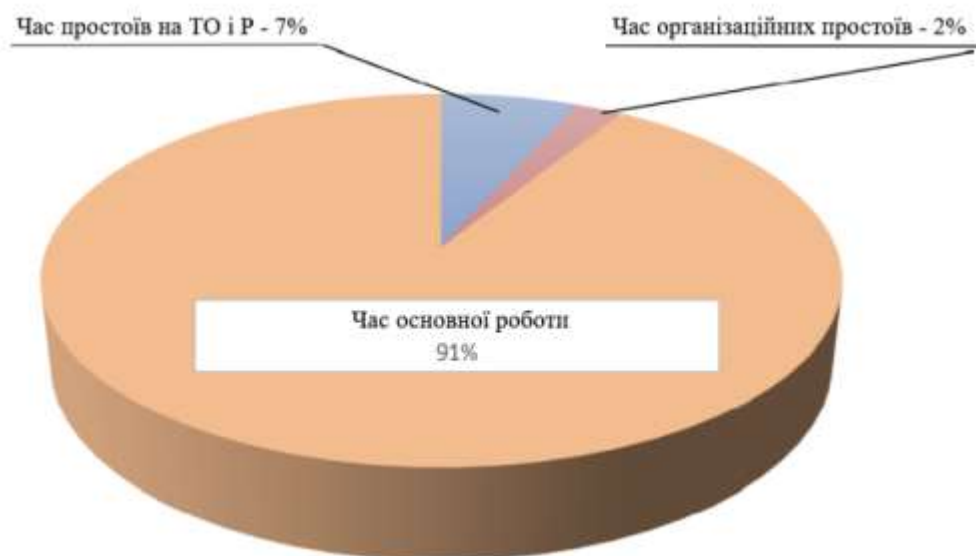


Рис. 3.8 - Структура робочого часу ЕКГ-18 №28

На рис 3.8 бачимо, що структура робочого дня екскаватора ЕКГ-18 №28 схожа на аналогічну діаграму для екскаватора ЕКГ-18 №23. Але

необхідно зазначити, що відсоток часу основної роботи в екскаватора №28 більше на 5%, ніж у №23. Даний показник повністю залежить від кількості простоїв.

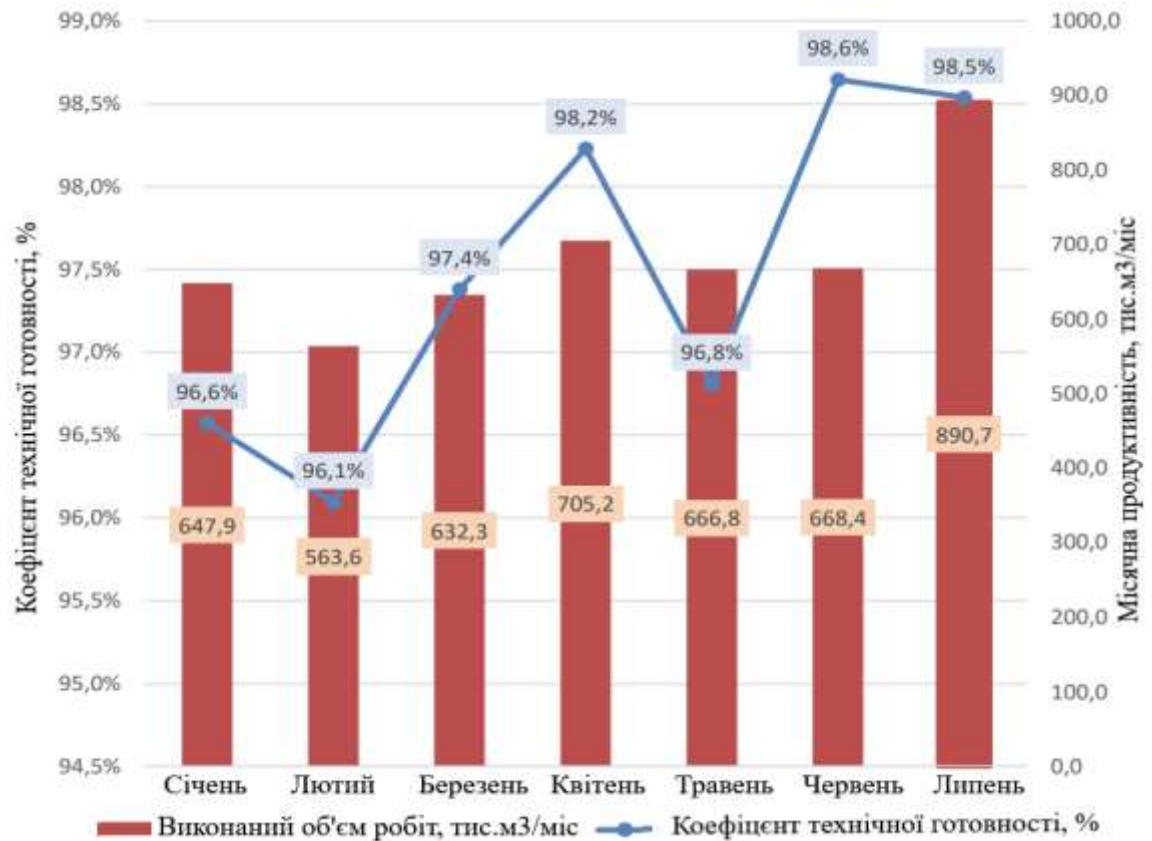


Рис. 3.9 – Місячна продуктивність та коефіцієнт технічної готовності ЕКГ-18 №28

На основі діаграми (рис. 3.9) можна зробити висновок, що обсяг виконаних робіт залежить не тільки від кількості простоїв, а й від кваліфікації обслуговуючого персоналу. Цей висновок випливає з того, що в лютому була велика кількість простоїв, але обсяг виконаних робіт не поступається показникам інших місяців та показникам екскаватора №23. Пікове значення посідає липень, коли екскаватор показав показник рівний 890,7 м3 в місяць.

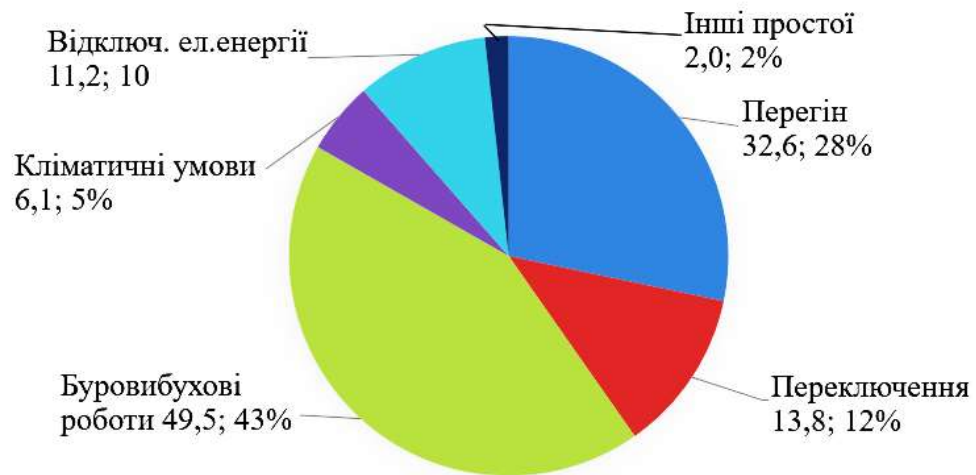


Рис. 3.10 – Структура організаційних простоїв ЕКГ-18 №28

Діаграма (рис. 3.10) для екскаватора ЕКГ-18 №28 схожа по показниками з діаграмою (рис. 3.4), дана закономірність обумовлена тим, що екскаватори працюють в одному розрізі і в один і той же час, відповідно мають схожі показники з організаційними простоями.

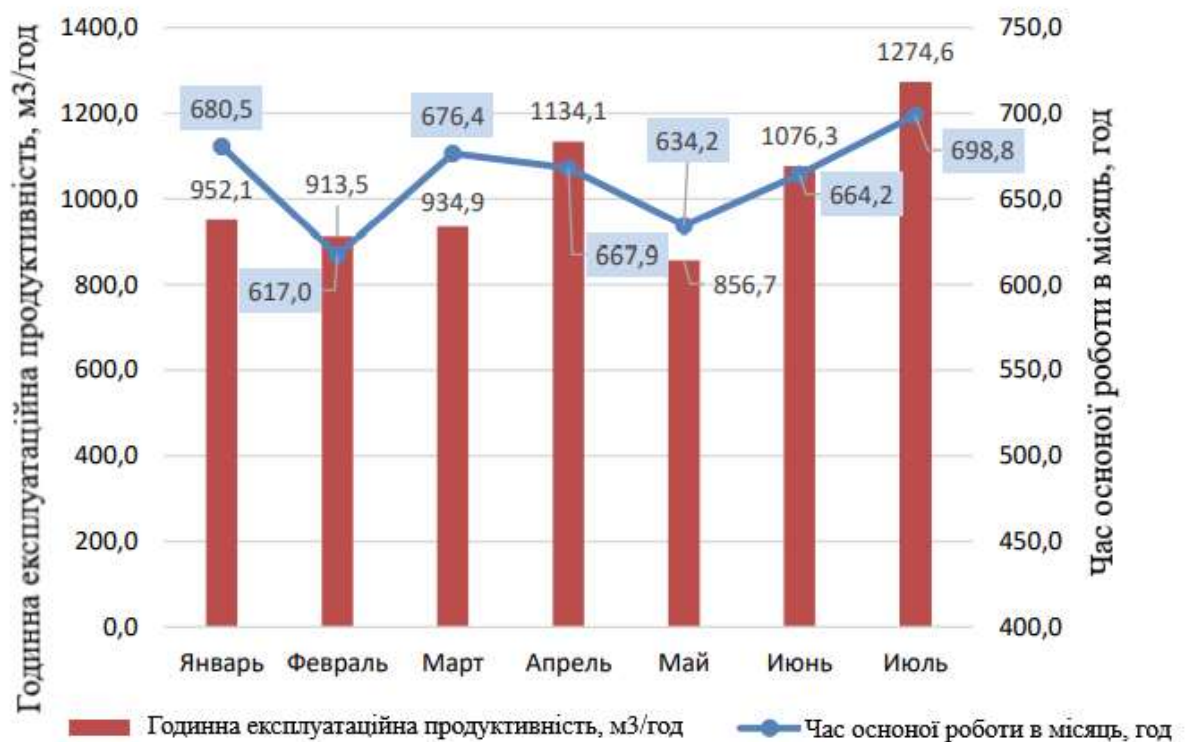


Рис. 3.11 – Динаміка годинної експлуатаційної продуктивності і часу основної роботи ЕКГ-18 №28

На рис. 3.11 демонструється динаміка зміни часу основної роботи від годинної експлуатаційної продуктивності. Дана закономірність дозволяє нам визначити залежність обсягу здобутої породи в годину від часу корисної роботи екскаватора.

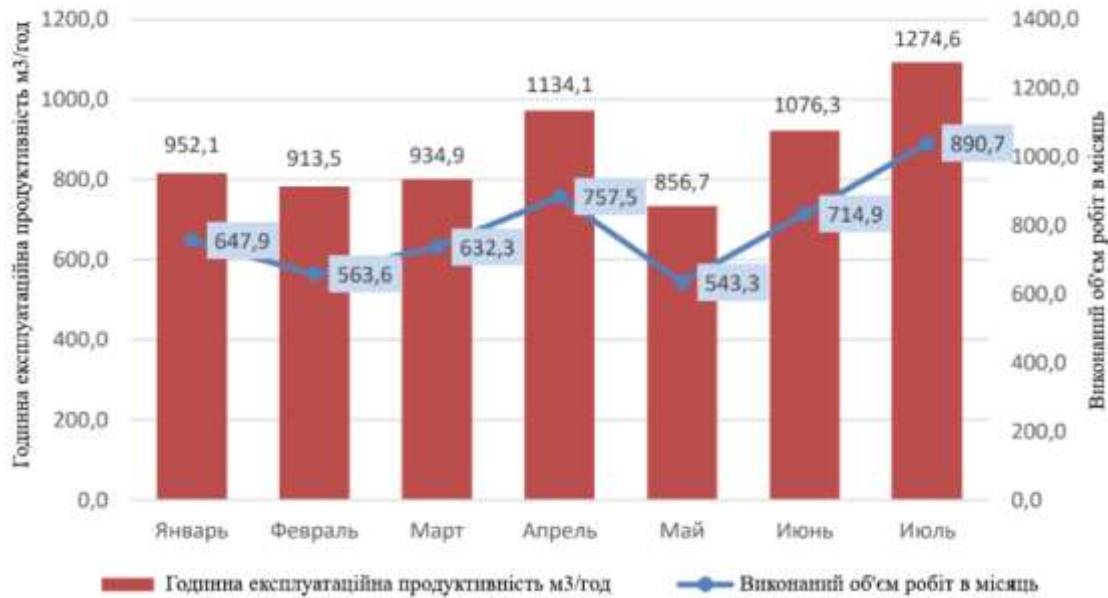


Рис. 3.12 – Залежність зміни годинної експлуатаційної продуктивності та місячного обсягу виконаних робіт

Діаграма показує залежність зміни годинної експлуатаційної продуктивності та місячного обсягу виконаних робіт. На основі отриманої діаграми, можна зробити висновок, що годинна експлуатаційна продуктивність, залежить від режиму роботи та надійності екскаватора, дані показники багато визначають кількість і тривалість простоїв, для того щоб підвищити даний показник нам необхідно зменшити час на простої, тим самим ми збільшимо час роботи екскаватора, а також і його продуктивність.

3.4 Порівняння показників екскаваторів ЕКТ-18 №23 і №28

Наступним етапом зробимо порівняння двох екскаваторів ЕКТ-18 №23 та №28. Екскаватор ЕКТ-18 №28 має модернізований механізм відкриття днища

ковша. Відповідно на підставі отриманих діаграм можемо побудувати порівняльні діаграми за основними параметрам роботи екскаваторів.

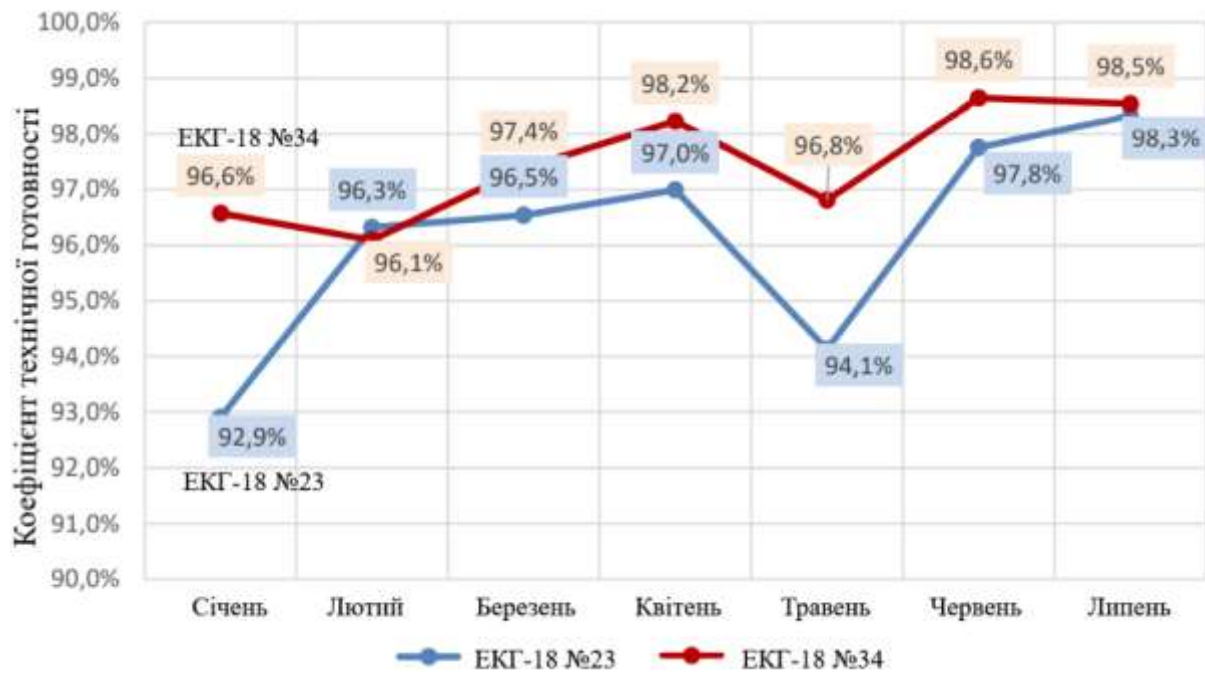


Рис. 3.13 - Коефіцієнти технічної готовності ЕКГ-18 №23 і ЕКГ-18 №28

На рис. 3.13 ми спостерігаємо, що коефіцієнт технічної готовності екскаватора ЕКГ-18 №28 перевищує показник екскаватора №23. Данна залежність обумовлена тим, що час простоїв у ЕКГ-18 №28 менший. Дані значення вдалося отримати за рахунок проведеною модернізації, так як було підвищено надійність одного з основних механізмів екскаватора. Основна маса простоїв, пов'язаних з ремонтом та аварійними зупинками, пов'язані безпосередньо з механізмом відкривання днища ковша.

Діаграма демонструє показники часу основної роботи екскаваторів №23 та №28. За отриманими даними, ми бачимо, що час основний роботи екскаватора №28 у всьому діапазоні вище, ніж у №23. Подібна траєкторія графіків обумовлена тим, що організаційні простої схожі на обох екскаваторах, тому що екскаватори працюють в одному розрізі і при практично рівних умовах.

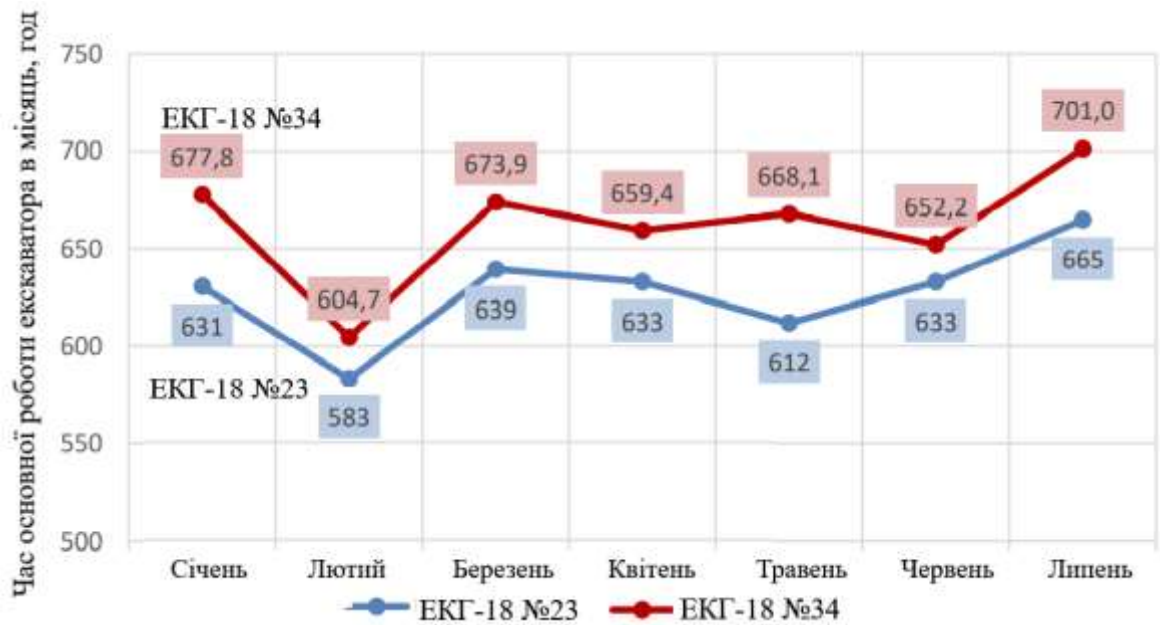


Рис. 3.14 – Динаміка часу основної роботи ЕКГ-18 №23 та ЕКГ-18 №28

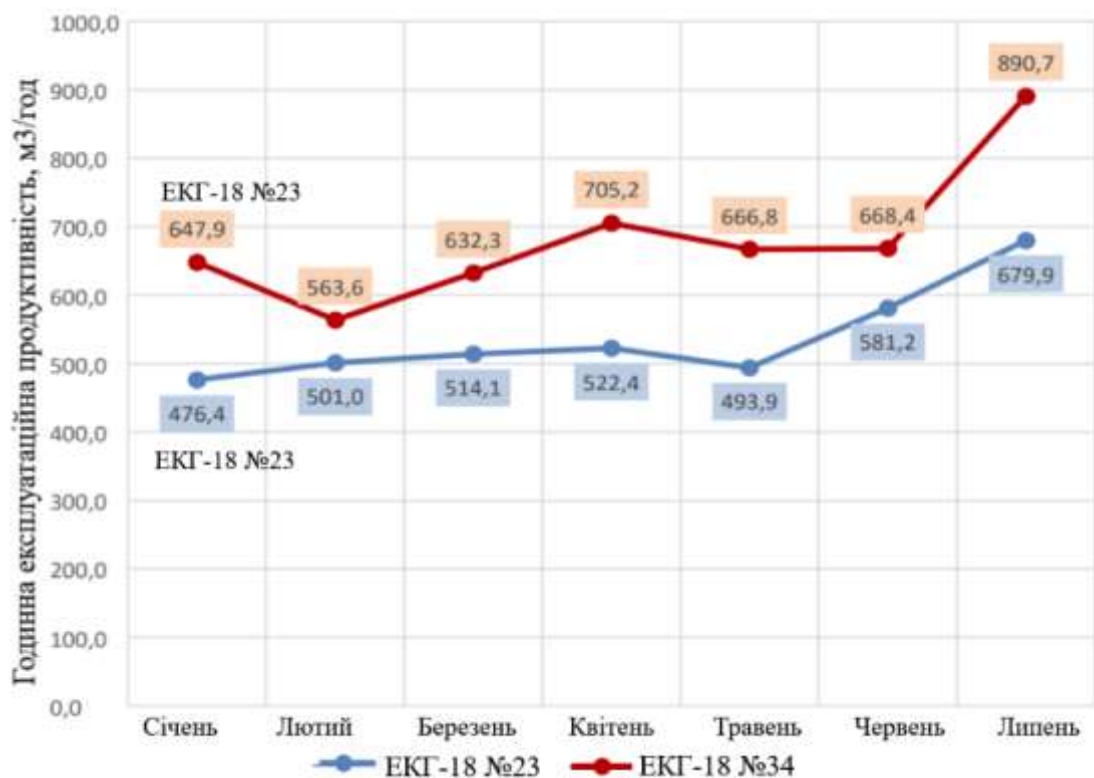


Рис. 3.15 – Зміна годинної експлуатаційної продуктивності ЕКГ-18 №23 і ЕКГ-18 №28

Годинна експлуатаційна продуктивність показує, який обсяг породи екскаватор добув за годину. Для екскаватора №28 даний показник вище, ніж №23. Висока продуктивність екскаватора забезпечується за рахунок використання більш надійної конструкції важелів і завдяки розрахованому

моменту, який дозволяє з першого разу вивільнити засув і відкрити дно ковша. Для екскаватора №23 спостерігалася проблема, коли засув відкривався не з першого разу і відповідно виникала затримка, завдяки якій показник за продуктивністю знижувався.

Висновки до розділу 3

На основі отриманих даних, можна зробити висновок про успішне проведення модернізації механізму відкривання днища ковша екскаватора ЕКГ-18.

Даний висновок впливає з наступних показників:

- збільшено час основної роботи на 5% з 86% до 91%;
- зменшено час простоїв на ТОіР;
- зменшено час організаційних простоїв ;
- збільшено коефіцієнт технічної готовності з 96,1% до 97,5%;
- збільшено коефіцієнт використання робочого фонду часу з 86,4% до 91,1%;

- збільшено коефіцієнт використання робочого часу з 96,9% до 97,8%;
- збільшено об'єм виконаних робіт з 3768,9 м³/міс до 4774,9 м³/міс .

1. Задля покращення продуктивності роботи екскаваторів типу ЕКГ виконати удосконалення механізму відкривання днища ковша екскаватора ЕКГ у відповідності до запропонованої конструкції

2. Рекомендується:

- днище ковша зварної конструкції днища ковша з високопрочного листового металу типу RAEX з використанням додаткового легкого футерування з біметалу;
- збільшення довжини важеля;
- зміна конструкції важеля;
- заміна системи пантографів на одноважільний;

- болтове з'єднання корпусу важеля та корпусу рукояті;
- використання прокатної сталі. (без використання поковок та лиття);
- передбачення можливості змащування рухомих елементів.
- перенесення місця кріплення важеля;
- заміна поліамідного каната діаметром 19 мм на канат діаметром 29 мм та повна відмова від використання сталевого троса;
- зміна конструкції барабана;
- заміна електродвигуна на більш потужний;
- заміна марки сталі із СТЗСП5 на більш морозостійку сталь 10ХСНД;
- оптимізація процесу монтажу та технічного обслуговування;

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі розв'язано актуальне науково-технічне завдання, що полягає в збільшенні продуктивності роботи екскаваторів типу ЕКГ за рахунок визначення раціональних параметрів механізму відкривання днища ківшу.

Механізм відкривання днища ковша, один з основних вузлів екскаватора, тому від нього залежить робота екскаватора. Надійність та безвідмовність даного механізму, дозволяє забезпечувати високу продуктивність екскаватора. На основі даних, отриманих під час експлуатації, була зроблена модернізація механізму відкривання днища ковша.

У процесі виконання магістерської роботи було проведено аналіз існуючих конструкцій механізму відкривання днища ківшу і на його основі була обрана оптимальна конструкція та розташування важелів механізму відкривання днища ківшу, також досліджено режими роботи механізму відкривання днища ківшу. В результаті модернізації були враховані та усунені всі недоліки, які були виявлені в ході експлуатації. Також був зроблений розрахунок на міцність важелів та корпусів важелів у програмі NX Siemens, розраховані основні параметри механізму та підібрані раціональні параметри нової конструкції механізму відкривання днища ківш і запропоновані відповідно до навантажень канат, ланцюг та електродвигун, які задовольняють умовам експлуатації кар'єрного екскаватора типу ЕКГ.

Для поліпшення роботи механізму було внесено такі зміни:

-Днище ковша:

- Була розроблена зварна конструкція днища ковша з високопрочного листового металу типу RAEX з використанням додаткового легкого футерування з біметалу;
- Збільшено довжину важеля, відповідно збільшено передатне ставлення.

-Зміна конструкції важеля;

Заміна системи пантографів на однажильний. Даний захід дозволить значно спростити та полегшити конструкцію. Крім цього, особливостями конструкції є:

- Використання дворядних кулькових підшипників закритого типу;
- Двохопрона конструкція, дозволяє позбутися консольного навантаження осі;
- Болтове з'єднання корпусу важеля та корпусу рукояті;
- Використання прокатної сталі. (Без використання поковок та лиття).
- Передбачена можливість змащування рухомих елементів.
- Перенесення місця кріплення важеля;

Важель переноситься на місце вантажозачіпної цапфи, яка використовується для монтажу рукояті. Розроблено спеціальне вантажозахоплення з можливістю болтового з'єднання на фланці вантажозахоплення.

Дана зміна дозволить нам позбавитися проблеми можливої зустрічі важеля з будь-яким рухомим об'єктом, таким як петлі днища ковша або борт кузова самоскида.

- Заміна поліамідного каната діаметром 19 мм на канат діаметром 29 мм та повна відмова від використання сталевих тросів;

Цей захід дозволить збільшити ходовість каната до 3 місяців. Ці показники були отримані в ході польових випробувань на аналогічному екскаваторі на Інгулецькому ГЗК.

- Зміна конструкції барабана;

Конструкція барабана була змінена під кріплення поліамідного каната більшого діаметру. Також було змінено метод кріплення каната із зав'язування на вузол на болтове притягування каната до реборди барабана.

Крім цього, було зменшено діаметр барабана для того, щоб забезпечити необхідний момент для відкривання днища ковша.

- Заміна електродвигуна на більш потужний;
- Заміна марки сталі із СТЗСП5 на більш морозостійку сталь 10ХСНД;

-Оптимізація процесу монтажу та технічного обслуговування;

Завдяки болтовому з'єднанню корпусу важеля, монтаж механізму можна вести на землі без використання крана. Крім цього, корпус важеля та важіль поставляються у зборі на монтаж, що полегшує його процес. Також завдяки новій конструкції періодичність ТО для цього вузла знижена за рахунок надійних закритих підшипників.

Проведене дослідження міцності удосконаленого важеля і корпусу МВДК довело достатній запас міцності відповідних деталей механізму. Для корпусу максимальне напруження 33 МПа, що є допустимим показником (для сталі 10ХСНД - максимальне напруження дорівнює 284 МПа) і для ричага максимальне напруження 54,97 МПа, що також є допустимим показником.

Після розрахунків і проведених досліджень механізму ВДК вибрано наступні конструктивні показники:

- двигун Д806 потужністю 22 кВт ;
- канат трирядний поліамідний ПА ПлЗ 29(90) мм 345 ктекс А ГОСТ 30055-93;
- ланцюг 2,5 - І -22х66 ТУ ВКРФ.303613.005-93 з пробним навантаженням $F_{пр} = 92 \text{ кН}$.

На основі отриманих даних, можна зробити висновок про успішне проведення модернізації механізму, оскільки було збільшено час основний роботи на 5%, збільшено коефіцієнт технічної готовності з 96,9% до 97,8%, а також збільшено обсяг виконаних робіт приблизно на 1000 м³ / міс видобутої породи.