

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

(повна назва інституту, факультету)

Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту**

за темою: «Енергопоглинаючий амортизатор гідромолота з
електрогідравлічним керуванням»

Виконав студент 3 курсу, групи ОА-п11 Биков Кузьма Володимирович

Київ – 2024 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

НН Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів
(повна назва кафедри)

До захисту допущено

Завідувач кафедри

(підпис) (ініціали, прізвище) С.В. Бойченко

“ ” 2024р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

Спеціальність: 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма: Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів

за темою: “Енергопоглинаючий амортизатор гідромолота з електрогідравлічним керуванням”

Виконав студент 3 курсу, групи ОА-п11

Биков Кузьма Володимирович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)(підпис)

Керівник: проф., доц., доктор техн. наук Сліденко Віктор Михайлович.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультанти:

Електропостачання к.т.н., доц. Мейта О.В. _____
(назва розділу) (вчене ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Охорона праці к.т.н., доц. Митюк Л.О. _____
(назва розділу) (вчене ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Нормоконтроль доц. к.т.н. Кулаковський Л.Я. _____
(назва розділу) (вчене ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____ доц., к.т.н. доц. Бєлоха Г.С. _____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ – 2024 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет (інститут) Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)

Кафедра Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів
(повна назва)

Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

Спеціальність - 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма: Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів
ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

С.В. Бойченко
(прізвище ініціали) _____ (підпис)

“ ___ ” _____ 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ
Бикову Кузьмі Володимировичу**
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: **Енергопоглинаючий амортизатор гідромолота з електрогідравлічним керуванням**

керівник проекту Сліденко Віктор Михайлович, доктор. техн. наук, доц.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “29” травня 2024 року №2183-с

2. Термін подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту Малинського гранітного кар'єру за результатами переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити):

а) технологічна частина загальний опис об'єкта, геологічний опис об'єкта, виконання робіт, розрахунок параметрів технологічного обладнання кар'єру:

б) електропостачання характеристика умов проектування та розподіл електроенергії на підприємстві, розрахунок освітлення, розрахунок електричних навантажень, розрахунок електричних мереж, розрахунок струмів КЗ, вибір електричних апаратів, основні енергетичні показники підприємства:

в) спеціальна частина літературний та патентний пошук віброзахисних пристроїв, розрахунок параметрів енергопоглинаючого амортизатора гідромолота

г) охорона праці мікроклімат робочої зони, шкідливі речовини, електрозабезпечення гранітних кар'єрів, штучне освітлення, пожежна та техногенна безпека.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень в системі AutoCAD) Технологічна схема Малинського гранітного кар'єру (Схема комбінована розташування А1); Схема електропостачання (Схема електрична принципова А1); Складальне креслення гідромолота з енергопоглинаючим амортизатором А1; креслення деталей пристрою (всього деталювання А1).

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
електропостачання	Доц. к.т.н. Мейта О.В.		
охорона праці	Доц. к.т.н. Мітюк Л.О.		
нормоконтроль	Доц. к.т.н. Кулаковський Л.Я.		

7. Дата видачі завдання 30 квітня 2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного Проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Загальний та геологічний описи об'єкта	05.05.24	
2	Виконання робіт та розрахунків параметрів обладнання кар'єру	11.05.24	
3	Характеристика умов проектування та розподілу електроенергії на Малинському гранітному кар'єрі	12.05.24	
4	Розрахунок електричного освітлення	14.05.24	
5	Розрахунок електричних навантажень та вибір трансформаторів	15.05.24	
6	Розрахунок електричних мереж	16.05.24	
7	Розрахунок струмів КЗ	17.05.24	
8	Вибір електричних апаратів та уставки їх спрацювання	18.05.24	
9	Літературний пошук та патентний пошук	24.05.24	
10	Математична модель розрахунку параметрів енергопоглинаючого амортизатора гідромолота	06.06.24	
11	Охорона праці	07.06.24	
12	Графічна частина (чотири формати А1)	(30.04... 7.06) 2024	

Студент _____ Биков К.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Сліденко В.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 111 с., 32 рис., 23 табл., 32 джерела.

Об'єкт дослідження – процеси мехатронного керування енергопоглинаючим обладнанням вібраційного навантаження машин та механізмів.

Мета роботи – розробка та обґрунтування параметрів конструкції енергопоглинаючого амортизатора гідромолота з електрогідравлічним керуванням.

Мета дослідження – встановлення залежностей та закономірностей процесу функціонування енергопоглинаючого амортизатора гідромолота з електрогідравлічним керуванням.

Методи дослідження – пошук, огляд, аналіз і узагальнення результатів досліджень, а також математичне моделювання.

В даній пояснювальній записці наведено комплекс механізації при проведенні робіт в гранітному кар'єрі, розрахунок електропостачання, результати інформаційного пошуку в яких розглянуто актуальність проблеми проведення розкривних робіт в кар'єрі та руйнування негабаритів. Розглянуті варіанти вирішення даної проблеми та запропонований варіант вирішення проблеми за рахунок підвищення енергії удару гідромолота з застосуванням енергопоглинаючого амортизатора, що керується електрогідравлічною системою в адаптивному режимі. Розроблено варіант конструкції енергопоглинаючого амортизатора гідромолота. Задача пристрою - кероване гасіння енергії віддачі гідромолота з забезпеченням необхідної енергії для адаптивної подачі гідромолота.

Створена математична модель за допомогою якої проведено аналітичне дослідження пристрою.

Ключові слова: адаптація, гранітний кар'єр, негабарит, електрогідравлічна система, датчик переміщення, гідромолот, коливання, енергія удару.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Abstract

Explanatory note: 111 pp., 32 fig., 23 table, 32 sources.

The object of research - processes of mechatronic control of energy-absorbing equipment of vibration load of machines and mechanisms.

The purpose of the work - development and justification of design parameters of the energy-absorbing shock absorber of a hydraulic hammer with electro-hydraulic control.

The purpose of the study - establishing the dependencies and regularities of the functioning of the energy-absorbing shock absorber of a hydraulic hammer with electrohydraulic control.

Research methods - search, review, analysis and generalization of research results, as well as mathematical modeling.

Keywords: adaptation, granite quarry, oversize, electro-hydraulic system, displacement sensor, hydraulic hammer, oscillation, impact energy.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ЗМІСТ

Вступ.....	11
1. Технологічна частина.....	13
1.1 Загальні відомості про кар'єр.....	13
1.1.1 Загальна характеристика Малинського гранітного кар'єру.....	13
1.1.2 Геофізичні характеристики кар'єру.....	14
1.1.3 Аналіз стану видобутку граніту.....	15
1.2 Механізація.....	15
1.2.1 Характеристика механізмів і машин при проведенні робіт на кар'єрі	15
1.2.2 Гідравлічний екскаватор ЕО-4321Б	24
Висновки.....	26
2. Електропостачання.....	27
2.1 Характеристика умов проектування та розподілу електроенергії на Малинському гранітному кар'єрі.....	27
2.2 Розрахунок освітлення.....	28
2.2.1 Розрахунок освітлення приміщення РП-0,4 кВ за методом коефіцієнта використання світлового потоку	30
2.2.2 Розрахунок прожекторного освітлення кар'єра за методом світлового потоку	35
2.3 Розрахунок електричних навантажень та вибір трансформаторів.....	32
2.4 Розрахунок електричних мереж підприємства та вибір типу перерізів провідників.....	37
2.4.1 Вибір перерізів провідників в мережі.....	39

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ					
Розроб.		Биков К.В.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.								8	110	
Реценз.								ІЕЕ ОА-п11		
Н. Контр.										
Затверд.		Сліденко В.М.								

2.4.2 Розрахунок втрат напруги в мережі 0,4 кВ.....	41
2.4.3 Розрахунок втрати напруги в мережі 6,0 кВ.....	42
2.4.4 Розрахунок втрат напруги в трансформаторі.....	44
2.5 Розрахунок струмів КЗ.....	46
2.5.1 Розрахунок струмів КЗ в мережі 6-10 кВ.....	46
2.5.2 Розрахунок струмів КЗ в мережі до 1 кВ.....	49
2.6 Вибір електричних апаратів.....	51
2.7 Основні енергетичні показники підприємства.....	56
Висновки.....	58
3. Спеціальна частина.....	60
3.1 Аналіз наукових публікацій.....	60
3.2 Патентний пошук.....	62
3.3 Аналіз даних з Інтернет.....	67
3.4 Опис конструкції та принципу дії енергопоглинаючого амортизатора та гідромолота з електрогідравлічним керуванням.....	73
3.4.1 Енергопоглинаючий амортизатор гідромолота.....	75
3.4.2 Електрогідравлічна адаптація.....	76
Висновки.....	79
4. Дослідницька частина.....	80
4.1 Визначення енергетичних характеристик пневмоакумулятора.....	80
4.2 Встановлення параметрів пружини амортизатора.....	86
4.3 Дослідження вимушених коливань.....	88
4.4 Дослідження перехідного процесу.....	90
Висновки.....	95
5. Охорона праці.....	97
5.1 Структура та функції служби охорони праці. Аналіз шкідливих та небезпечних факторів.....	97

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Биков К.В.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.						11	
Реценз.					ВСТУП		
Н. Контр.					ІЕЕ ОА-п11		
Затверд.		Сліденко В.М.					

5.2	Заходи захисту від шкідливих та небезпечних факторів.....	99
5.2.1	Основні заходи безпеки роботи в кар'єрі.....	99
5.2.2	Заходи безпеки при роботі транспортними засобами та екскаваторами.....	100
5.2.3	Заходи безпеки та боротьбі з шкідливим впливом шуму та вібрації.....	102
5.3	Електробезпека.....	103
5.4	Протипожежна безпека.....	104
	Висновки.....	105
	Загальні висновки.....	106
	Список використаних джерел.....	108

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Биков К.В.			ВСТУП	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>							11	
<i>Реценз.</i>						ІЕЕ ОА-п11		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Сліденко В.М.						

ВСТУП

Проблема інтенсифікації робочих процесів гідравлічних екскаваторів припускає збільшення одиничної потужності технологічного впливу на середовище в межах виконання умови мінімізації енергетичних витрат.

Імпульсно-хвильове руйнування гірських порід ґрунтуване на прикладенні виконавчими органами періодичних силових імпульсів до породи з утворення в ній хвильових полів значної потужності, з виникненням в гірській породі руйнуючих напружень стиснення та розтягнення.

В світовій практиці виконавчі органи імпульсно-хвильового руйнування – гідромолоти навісні на прохідницькі маніпулятори побудовані на основі теорії статико-динамічного руйнування гірських порід, в якій характеристики вибою мають статистичний характер, а елементи конструкції та їх функції в більшості - детермінований. Процес розподілу енергії в ударних механізмах та механізмах пов'язаний з можливістю досягнення максимальних значень енергії удару та імпульсу, без врахування можливості врахування зміни статистичних характеристик вибою в реальному масштабі часу і забезпечення необхідного рівня екології.

Технологічний процес функціонування базової машини з гідромолотом складається з наступних операцій: наведення маніпулятором машини гідромолота на об'єкт руйнування – гірський масив; здійснення підтиснення інструмента гідромолота до об'єкту та запуск гідромолота; періодична імпульсна дія гідромолота на об'єкт та дія реакції віддачі на базову машину; руйнування об'єкту з перехідним динамічним навантаженням в кінці фази руйнування; при необхідності - доламування об'єкту руйнування з використанням кінематичної системи маніпулятора переміщення базової машини на нове місце у відповідності до технології.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП	Літ.	Арк.	Архувів
Розроб.		Биков К.В.					11	
Перевір.								
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Сліденко В.М.						ІЕЕ ОА-п11

Оскільки базова машина, маніпулятор та елементи приводу ГПС є пружно-дисипативними елементами, то періодична дія імпульсів породжує вібраційні процеси, які в певних зонах можуть переходити в резонансні руйнуючі коливання частин машини.

Вкорінення інструмента гідромолота в гірський масив супроводжується погодженою взаємодією окремих частин базової машини, що обумовлює просування інструмента гідромолота в масиві та здійснення ним роботи по руйнуванню масиву. При цьому положення базової машини в процесі просування інструменту повинно забезпечувати постійне його підтискування до вибою. Для цього слід застосовувати адаптивний механізм подачі гідромолота або, так званий, гравітаційний механізм подачі, шляхом вивішування базової машини на робочому інструменті і виносних опорних елементах. В останньому випадку, при раптовому сколі об'єкта руйнування, базова машина сприймає найбільші навантаження, оскільки при цьому потенціальна енергія вивішеної базової машини переходить спочатку в кінетичну енергію рухомих мас, а потім в роботу сил реакцій на виносних опорах та інструменті, що призводить до зниження надійності базової машини.

Тому задача розробки і впровадження енергопоглинаючого амортизатора-податчика є актуальною.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні відомості про Малинський кар'єр

1.1.1 Загальна характеристика Малинського гранітного кар'єру

АТ «Малинський каменедробильний завод»- підприємство нерудної галузі, спеціалізація якої стосується видобутку граніту для подальшої обробки у щебінь для досить універсального застосування. Розташоване підприємство біля ділянки залізниці Київ-Ковель, в 3 кілометрах на північний захід від м. Малин та в 2,5 км від смт. Гранітне, Гранітненської сільської ради, Малинського району Житомирської області. Досить зручне розташування, в 100 кілометрах від Києва, зумовлює вагомому позицію підприємства у постачанні щебню для столиці та прилеглій областей [1].



Рисунок 1.1 – Розташування Малинського гранітного кар'єра: 1- Малинський кар'єр (Малинський ГЗК); 2- м. Малин; 3- с. Гранітне;

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Биков К.В.				ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.							13	
Реценз.						ІЕЕ ОА-п11		
Н. Контр.								
Затверд.	Сліденко В.М.							

Площа кар'єру складає 72 гектари, що включає розкривний виступ та 8 виступів висотами 12-15 метрів. Фронт гірничих робіт складає 900 метрів, та 800 метрів в ширину. Скельні породи до видобутку готують буропідривним методом. Підприємство зазнало значної модернізації від ручного видобутку, з завантаженням порід у самоскиди та переробкою на примітивних дробарках – до використання сучасної техніки та технічних комплексів. У розпорядження МКДЗ наявна залізнична станція і локомотивне депо, яке пов'язане із ст. Пенізевичі Південно-Західна залізниця [1].

Наявні майстерні для ремонту обладнання механічного та електричного, які включають декілька цехів і бокси для зберігання бульдозерів та самоскидів, що дозволяє оперативно та якісно виконувати планове обслуговування машин та інструменту для гірничих робіт.

1.1.2 Геофізичні характеристики кар'єру

Малинський гранітний кар'єр, який знаходиться на території Коростенського гранітного масиву, являється рядом куполоподібних підйомів різних розмірностей з неглибокими сідловинами між ними, що заповнені третинними і четвертинними покладами. В геологічний склад кар'єру входять кристалічні породи і продукти їхнього руйнування: палеогенові і четвертинні поклади. Граніт має тріщини з відстанню між ними від 0,5 до 3,5 м. Граніти вивітрєні з поверхні, місцями зустрічаються у стані дрєсви. Товщина зони вивітрєних гранітів коливається від 0,1 до 16,6 м. і в середньому складає 2,3 м.

Кристалічні породи Малинського родовища представлені рапакіфоподібними гранітами, лабрадоритами та габро-анортозитами. Фізико-механічні властивості гранітів родовища: межа міцності 1400 кгс/см², справжня щільність 2,7 г/см³, середня щільність 12,65 г/см³, пористість 1,51%, водопоглинання 0,21%, морозостійкість МРЗ-300. Середня сумарна питома активність природних радіонуклідів у родовищі становить до 200 Бк/кг. Родовище граніту відноситься до I класу, тож одержаний матеріал є

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

універсальним і може застосовуватися у максимально широкому спектрі будівельних і виробничих процесів [2].

1.1.3 Аналіз стану видобутку граніту

МКДЗ – потужне підприємство, з річним видобутком фракційного щебню у 1,14 млн. м³. Підприємство реалізує щебінь фракцій: 40x70, 20x40, 5x20, 10x20, 5x10, а також єврофракції 4x8, 8x11, 11x16, 16x22. Вироблений щебінь має міцність 1200-1400 кг/см² і відноситься до першого класу по радіоактивності (≤ 170 Бк). Продукція, яка випускається з роздробленої гірської маси має високий ступінь змочуваності з бітумом, вона ідеально підходить для виготовлення дорожнього полотна, а також має позитивний вплив на його термін експлуатації [2].

1.2 Механізація

1.2.1 Характеристика механізмів і машин при проведенні робіт на кар'єрі

Робота кар'єру нерозривно пов'язана з поверхневими буропідривними роботами (БПР), тобто технічний процес складається з того що бурові верстати безпосередньо бурять свердловину в яку закладається вибуховий заряд для подальшої його детонації. Вибухівка, яку використовує підприємство є емульсивною марки Гранеміт-І-30-У [1].

Однією з важливих проблем в роботі кар'єру є те, що навіть використовуючи сучасні методи БПР не виходить зменшити кількість видобутих порід великої фракції. Згідно дослідженню [3] це число складає до 20% від загального видобутку. Такі негабарити можуть суттєво впливати на ефективність роботи підприємства, або взагалі зупинити технічний процес видобутку. Існує низка методів руйнування таких порід, але найпоширенішим в силу низької собівартості, у порівнянні з іншими методами, є механічний метод з використанням гідромолотів які

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

встановлюються безпосередньо на робочий орган екскаватора. Таке рішення є достатньо економічно вигідним та безпечним, у порівнянні з вибуховим методом, з використанням додаткової вибухівки задля руйнування негабаритів.



Рисунок 1.2 – Негабарити (бутове каміння)

Наступним етапом видобутку є вантажні роботи. Видобуту сировину вантажать у самоскиди БелАЗ за допомогою екскаватора ЕКГ-5, ЕКГ-4 і 6, екскаваторів Volvo і навантажувачів САТ 998 G. Самоскиди перевозять граніт в приймальний бункер дробарки. З живильника порода потрапляє на первинне дроблення (дробарка СМД-118). По завершенню дроблення крупна фракція переходить на дробарку вторинного дроблення (дробарка КСД-2200). Продукт вторинного дроблення (фракція 0-120 мм) потрапляє на вібраційний грохот Гіл-52, де збирається і переправляється на склад продукції.

Щебінь розміром більше 65 мм надходить на третинне дроблення (дробарки НР-500 та КМД-2200). Чотири грохоти Гіл-52 відбирають фракції 20-40, 0-20, а щебінь більше 40 мм повертається на дробарки для повторного дроблення.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Суміш 0-20 надходить на чотири грохоти Гіл -52, де відбираються фракції 10-20, 5-10, 0-5.

Вся продукція за допомогою конвеєрів надходить на відкритий склад готової продукції [2].

Слід згадати і описати основне технічне обладнання що використовується в ході гірничих робіт підприємства. Середнього є екскаватор ЕКГ-5 - це модель на гусеничному ході, технічні характеристики якої дають змогу здійснювати виїмку і навантаження корисних копалин і розкривних порід, зокрема розпушених вибухами, на транспортні засоби.

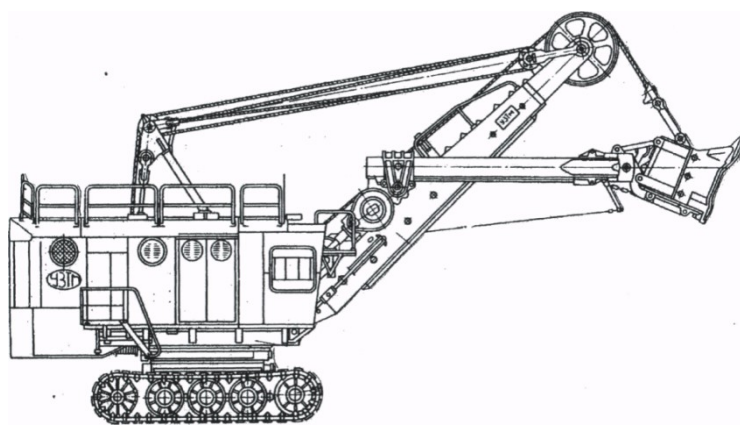


Рисунок 1.3 – Екскаватор ЕКГ-5

Робоче обладнання ЕКГ-5 охоплює ківш, руків'я ковша, механізм відкриття і закриття ковша, стрілу з механізмом нагнітання тиску і двоногу стійку. Нижній кінець стріли спирається на поворотні підп'ятники, а верхній кінець підтримується канатним поліспастом. Поворотна платформа оснащена підйомною лебідкою, двома поворотними механізмами, електрообладнанням, пневматичною системою, двома підставками для ніг, лебідкою для стріли і кузовом.

Кабіна водія розташована на передній правій стороні платформи. Поворотна платформа спирається на ходове роликоче коло і з'єднаний з ним центральним шарніром. Між поворотною платформою і нижньою рамою встановлено високовольтний струмоприймач. Візок складається з нижньої

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк. 17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рами, гусениць, зубчастої передачі з нижньою кільцевою рейкою, ходової частини з гальмом, гідравлічної системи управління гальмами і муфти перемикачів гусениць.

Живлення ЕКГ-5 здійснюється від високовольтного розподільного пристрою. Споживана потужність у 30-хвилинному режимі становить 250-275 кВт за середньозваженого коефіцієнта потужності 0,6. Для живлення від розподільного пристрою рекомендується використовувати високовольтний кабель КШВГ-Zx16+1x6 для помірного клімату. Для керування високовольтним електродвигуном Аг-М (п'ятимашинний перетворювальний агрегат) і допоміжним силовим трансформатором Тр1 використовують малогабаритний комплектний високовольтний розподільчий пристрій з загальним роз'єднувачем, ручним масляним вимикачем зі струмом вимикання 1,25 кА та запобіжниками 8 А або 16 А при напрузі живлення 6кВ або 3кВ відповідно. Нижче наведені основні технічні характеристики агрегату (табл. 1.1)[4].

Таблиця 1.1 Технічні характеристики ЕКГ-5

Радіус черпання найбільший	14,5 м
Радіус черпання на рівністояння	9,04 м
Висота черпання найбільша	10,3 м
Радіус вивантаження найбільший	12,65 м
Висота вивантаження найбільша	6,7 м
Проміжок під поворотною платформою	1,85 м
Середній питомий тиск на ґрун тпід час пересування	205/162/127 кПа
Розрахункова тривалість циклу	23 с
Експлуатаційна маса	196 т.
Місткість ковша основного	5,2 м ³
Місткість ковшів змінних	3,2; 4,6; 6,3; 7 м ³
Потужність електродвигуна	250 кВт

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Добувається граніт на спецмайданчику на кар'єрі відкритого типу. Після того як визначено місце видобутку граніту починаються бурові роботи. Бурові верстати типу 4СБШ – 200 (рис 2.3) розпочинають буріння скважин 5х5 метрів.

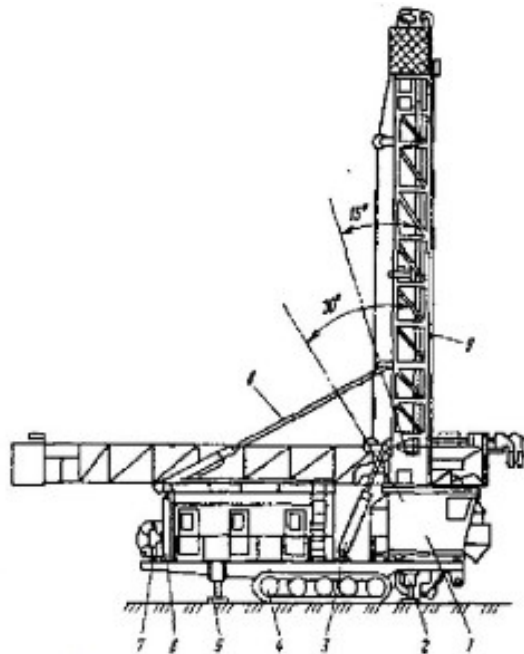


Рисунок 1.4 – Буровий станок типу СБШ-200: 1- кабіна машиніста; 2- передній домкрат вирівнювання станка; 3-гідроциліндри нахилу щогли; 4- гусеничний візок; 5-задній домкрат вирівнювання станка ;6- задня опора щогли; 7–кабельний барабан ;8–телескопічний підкіс щогли; 9- щогла;

Верстати бурові призначені для буріння похилих і вертикальних свердловин діаметром 160-320 мм і глибиною до 32-60 м у породах із коефіцієнтом міцності $f=6/18$.

Верстати бурові СБШ мають такі основні вузли: робочий орган, ходовий механізм, гідро- і пневмосистеми, пиловловлювальну установку, машинне приміщення, кабіну машиніста з пультом керування та електрообладнання.

Схема керування верстатом здійснює два режими: "Ручні операції", що дають змогу керувати головним електроприводом і гідросистемою під час

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

складання та розбирання бурового става, і "Буріння", що забезпечує автоматичне перехоплення патроном бурового става в процесі буріння свердловини на глибину кожної штанги. Кабіна машиніста обладнана приладами, що показують значення струму навантаження електродвигунів, частоту обертання бурового става, зусилля його бурового става, зусилля його подачі на вибій і механічну швидкість буріння.

Живлення верстата електроенергією здійснюється від кар'єрної мережі через пересувну понижувальну трансформаторну підстанцію, від якої струм напругою 380 В за допомогою двох гнучких кабелів подається через ввідну коробку верстата до всіх його споживачів, за винятком ланцюгів освітлення та опалення[5].

Таблиця 1.2 Технічні характеристики 4СБШ-200

Діаметр долота	215,9 мм
Глибина буріння	40 м
Довжина бурової штанги	8 м
Осьове зусилля	0.3 МН
Частота обертання долота	0.2-4 с ⁻¹
Подача компресора	0,417 м ³ /с
Маса верстата	59 т
Місткість ковша основного	5,2 м ³
Швидкість руху станка	0.6 км/год
Потужність електродвигуна	380 кВт

Також використовують буровий верстат СБУ-100Г, що призначений для проходки вертикальних і похилих (90-60°) свердловин діаметром до 125 мм і глибиною до 35 м занурювальним пневмоударником у міцних і вельми міцних породах з коефіцієнтом міцності $f \leq 18$ і вище.

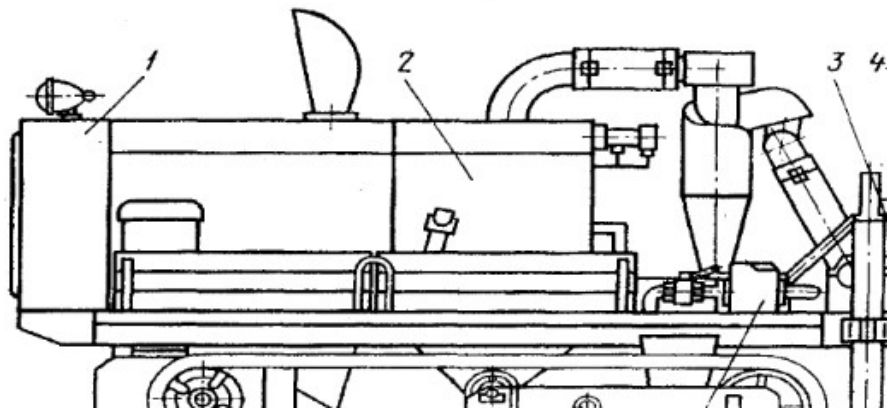


Рисунок 1.5 - Буровий верстат СБУ-100Г: 1- електрошафа; 2- інерційний пиловловлювач; 3- пульт управління; 4- робочий орган; 5- гідравлічний домкрат; 6-гусеничний хід; 7- вентилятор.

У передній частині машини (рис. 2.4) розташовано робочий орган 4, що складається з пневмоударника і обертового корпусу, в якому застосовано систему конструкції 2К-Н. Гігієнічний рівень пилу під час роботи машини забезпечується сухим інерційним пиловловлювачем 2 з рукавним фільтром струменевого продування. Управління машиною здійснюється з пульта управління 3.

Усе пускове електрообладнання розташоване в електрошафі 1 у задній частині машини. Машина переміщується за допомогою гусеничного ходу 6, який складається з двох гусеничних бортів, окремих приводів і рам для кожного борту. Вирівнювання машини здійснюється гідравлічними домкратами 5. Комплект бурових штанг встановлено на платформах з обох боків бурової установки[5].

Таблиця 1.3 Технічні характеристики СБУ-100Г

Довжина штанги	950 мм
Глибина буріння	35 м
Діаметр свердловини	105мм
Межі регулювання осьового зусилля	1-6кН
Частота обертання бурового інструменту	0.77 с ⁻¹
Швидкість подачі	0,25 м ³ /с
Маса верстата	5 т
Потужність електродвигуна	24 кВт

Верстат типу СБШ-320-36 (рис. 2.5) виготовлений для буріння вертикальних свердловин у породах з $f < 18$. СБШ-320 при бурінні встановлюється на чотири горизонтувальні домкрати. Має гусеничний хід з індивідуальним приводом візків. Машинне відділення верстата складається з двох частин: у передній (утепленій) розміщені електричні шафи управління, блоки гідроапаратури, маслonaсосна станція, насоси що призначені для заповнення баку водою і для зрошення вибою, та інша додаткова апаратура, задньої (неутепленої) - два гвинтові компресори. У ніші хвостової частини верстата встановлено два кабельні барабани. З лівого боку верстата розташована віброзахищена герметична кабіна машиніста, в якій розташований пульт керування, сидіння, обігрівач, та інше обладнання.

Гідравлічна система верстата виконує функцію подачі бурового снаряду на вибій, горизонтування, керування елементами щогли для її позиціонування, гальмами лебідок подачі. Силова подача бурового снаряда на вибій проходить тільки в режимі "Буріння".

Решту операцій виконують у режимі «Допоміжні операції». Живлення обладнання верстата електроенергією здійснюється від кар'єрної мережі змінного струму напругою 380 В двома гнучким кабелям, приєднаним до

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

кабельних барабанів. З струмознімальних пристроїв кабельних барабанів напруга подається на кабельний ввід і далі — у шафу керування на ввідний автоматичний вимикач[5].

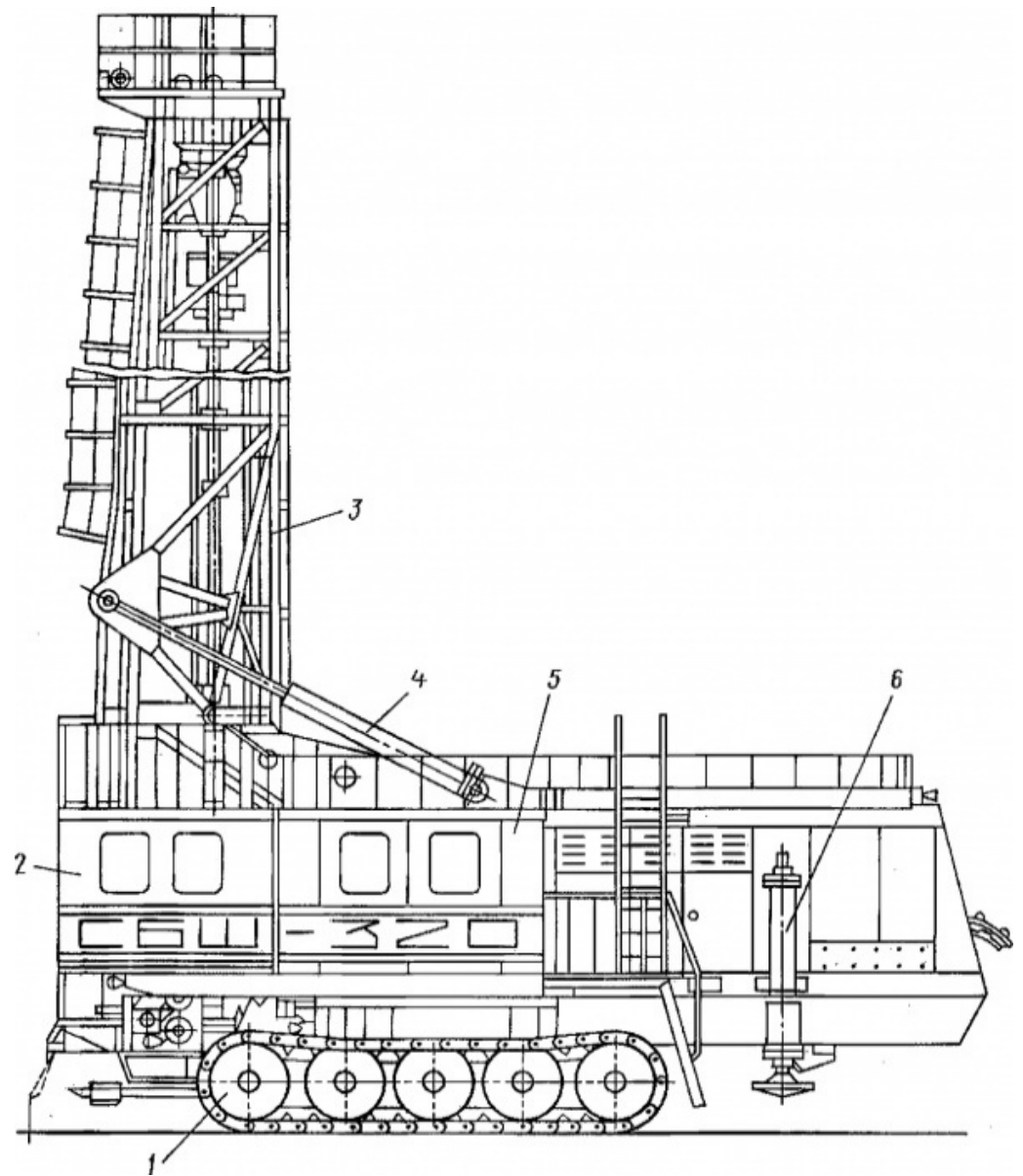


Рисунок 1.6 - Буровий верстат СБШ-320: 1 — ходова частина;
2 — кабіна машиніста; 3 — щогла; 4 — гідроциліндр; 5 —
машинневідділення; 6 — домкрат

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ

Арк.

23

Таблиця 1.4 Технічні характеристики СБШ-320

Довжина штанги	17,5 м
Глибина буріння	36 м
Діаметр долота	320мм
Максимальне осьове зусилля	0.6МН
Частота обертання бурового інструменту	2.1 с ⁻¹
Швидкість подачі	0,83 м ³ /с
Маса верстата	110 т
Потужність електродвигуна	712 кВт

1.2.2 Гідравлічний екскаватор ЕО-4321Б

Рисунок 1.7- Екскаватор ЕО-4321Б

Екскаватор ЕО-4321Б виготовлений для виконання земляних та завантаження, розвантаження порід або ґрунту у міському, промисловому, сільському та транспортному будівництві. Екскаватор спроможний розробляти немерзлі ґрунти I — IV категорій, здійснювати руйнування асфальтобетонних покриттів за допомогою гідромолота, проводити

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

завантаження сипких матеріалів та попередньо розпушених скельних порід у транспортні засоби, тощо. В даному випадку використання зводиться до дроблення негабаритів порід що добуваються в кар'єрі. Завдання, що були закладені при модернізації базової машини включають підвищення її надійності, разом з продуктивністю, а також зменшення енергоємності і матеріаломісткості.

Порівняно з екскаватором ЕО-4321А, екскаватор ЕО-4321Б має низку запроваджених конструктивних удосконалень: потужніший двигун СМД-17Н потужністю 74 кВт замість СМД-15Н, що має потужність 59 кВт; гідроциліндр ковша з поршнем з більшим діаметром для підвищення зусилля при різанні з 120 до 150 кН; стріла, рукоять та ківши мають посилену конструкцію, що збільшує довговічність обладнання екскаватора; ходовий пристрій має змінену раму, що підвищує стійкість, а також зменшує поперечні габарити з 3,1 до 2,84 м; дещо змінена конструкція центрального колектора гідросистеми та в клапанної-запобіжної апаратури з метою підвищення ефективності; задля покращення безпеки роботи з екскаватором пришвидшено роботу пневмосистеми, а саме: гальмівний шлях знижений з 9 до 6 – 7 м. В кінцевому результаті маємо покращені технічні характеристики екскаватора.

ЕО-4321Б підтримує встановлення 21 різних видів робочого обладнання, в тому числі і гідромолоти різних типів. Серед цього обладнання також є: пряма лопата з двома ковшами, грейфер з подовжувачем і вузькими щелепами, клешні захоплення, вузький ківш об'ємом 0.5 м³, зуб розпушувач, гаковий підвіс, тощо. Щоб змінити робочі параметри було створено дві стріли та дві рукоятки різною довжиною [6].

Також наведемо технічні характеристики одного із гідромолотів ГПМ-300Л, який може встановлюватися на даний екскаватор для виконання гірничих робіт, в тому числі руйнування негабаритів. Гідромолот ГПМ-300Л має наступні технічні характеристики: найбільша енергія ударної частини – 3,1 кДж, потужність – 9,17 кВт, частота ударів – 2,96 Гц, маса – 1200 кг.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.5 Технічні характеристики екскаватора ЕО-4321Б

Експлуатаційна маса, т	19,5
Потужність двигуна, кВт	74
Максимальна швидкість, км/ч	20
Долаємий ухил твердого сухого шляху, град.	22
Габаритні розміри в транспортному положенні, мм	9900 X 2840 X 3990

Висновки за розділом

1. Розглянуте підприємство АТ «Малинський каменедробильний завод» з боку його геологічних та загальних характеристик. Описано основний склад гірських порід кар'єру який включає: дресву, рапакіфоподібними граніти, лабрадорити та габро-анортозити, палеогенові і четвертинні поклади. Проведено аналіз технологічного процесу обробки добутих порід, виготовлення щебню різних фракцій. Річний видобуток фракційного щебню складає 1,14 млн. м³, що є досить вагомим результатом.

2. Проаналізовано та наведено основні технічні характеристики обладнання що використовується в кар'єрі для гірничих робіт, а саме: бурові верстати типу СБШ та СБУ (100Г, 200, 320), екскаватори ЕО-4321Б, ЕКГ-5. Також для обробки використовують і більш сучасні моделі техніки: екскаватори Volvo, навантажувачі САТ 998 G. Розглянута проблематика появи негабаритів при буропідривних роботах в кар'єрі та запропонований механічний метод з використанням гідромолота.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

2. ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Характеристика умов проектування та розподілу електроенергії на підприємстві

Малинський кар'єр живиться від підстанції «Пенізевичі» напругою 110/10 кВ. Джерело живлення для підприємства - підстанція напругою 10 кВ, і використовується провідна мережа для розподілу енергії по всьому підприємству. Підстанція відноситься до III категорії споживачів. Серед споживачів кар'єру наявні бурові верстати типів СБШ та СБУ, екскаватори типу ЕКГ-5, та ЕО. Також наявна система водовідливу та насосна станція. Нижче наведений список обладнання, що використовується на кар'єрі та його технічні характеристики (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 Споживачі кар'єра

Споживач	Кількість, шт	P_n , кВт	$\cos\phi$	K_n
4СБШ-200	1	380	0.8	0.75
СБУ-100Г	1	375	0.8	0.75
ЕО-2503	1	160	0.85	0.8
ЕКГ-5	5	250	0.91	0.8
СБШ-320	1	712	0.7	0.7
2СБШ-200	1	320	0.7	0.7
«Насосна»	1	50	0.9	0.75
Водовідлив	1	135	0.91	0.73

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ доцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	Биков К.В.				ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркциф</i>
<i>Перевір.</i>	Мейта О.В.						27	
<i>Реценз.</i>						ІЕЕ ОА-п11		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	Слідєнко В.М.							

2.2 Розрахунок електричного освітлення

2.2.1 Розрахунок освітлення приміщення РП-0,4 кВ за методом коефіцієнта використання світлового потоку

Для невеликого приміщення де буде розташований РП-0.4 кВ доцільно використати метод коефіцієнта використання світлового потоку. Приміщення має наступні розмірності: довжина – 9м, ширина – 14 м.

Розрахунок проведено у такій послідовності[7]:

- 1) Приймається тип світильника СПОГ-250 і знаходиться світловий потік лампи $F_{л}=1600\text{Лм}$.
- 2) Визначається показник приміщення за формулою 2.1:

$$i = \frac{A * B}{h * (A + B)}, \quad (2.1)$$

де: А і В - довжина та ширина освітлюваного приміщення, м h - висота підвісу світильника над робочою поверхнею, м.

$$i = \frac{9 \cdot 14}{2 \cdot (9 + 14)} = 2,7$$

- 3) Розраховується загальний світловий потік, необхідний для забезпечення необхідної освітленості за формулою (2.2):

$$F = \frac{Kз \cdot E_{min} \cdot S \cdot z}{Kв}, \quad (2.2)$$

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

де: K_z - коефіцієнт запасу, який враховує старіння ламп, $K_z = 1,3 \dots 1,5$ для ламп розжарювання, $K_z = 1,5 \dots 2,0$ для люмінесцентних ламп.

E_{min} - мінімальна освітленість по нормах, лк

S - площа освітлюваного приміщення, m^2 ,

z - коефіцієнт нерівномірності освітлення ($z = 1,3 \dots 1,4$),

K_v - коефіцієнт використання освітлювальних установок.

$$F = \frac{1,4 \cdot 5 \cdot 126 \cdot 1,3}{0,36} = 3185 \text{ Лм}$$

4) Необхідна кількість ламп освітлення приміщення обчислюється за формулою 2.3:

$$n = \frac{F}{F_{л}} \quad (2.3)$$

$$n = \frac{3185}{1600} = 2 \text{ шт}$$

Потужність для встановленої кількості світильників на освітлення розраховуємо за формулою 2.4.

$$P = N_{св} \cdot P_{л}, \quad (2.4)$$

де N - кількість світильників в групі;

P - потужність ламп (лампи) обраного світильника, Вт.

$$P = 2 \cdot 250 = 500 \text{ Вт (0,5 кВт)}$$

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		29

2.2.2 Розрахунок прожекторного освітлення кар'єра за методом світлового потоку

Визначається світловий потік, необхідний для створення на площі необхідної освітленості $E_n = 5 \text{ Лк}$.

$$\sum \Phi = E_n \cdot S \cdot Z \cdot k_z \cdot k_{BT}, \quad (2.5)$$

де $k_z = 1,2 \dots 1,5$ - коефіцієнт запасу, $k_{BT} = 1,15 \dots 1,5$ - коефіцієнт, що враховує втрати світла взаємності від конфігурації освітлюваної площі, $Z = 1 \dots 3$ - коефіцієнт нерівномірності освітлення.

Довжина та ширина кар'єру складає 400 м та 230 м відповідно. Освітлювана територія кар'єра представлена як прямокутник, тому $S = A \cdot B$, м², де А та В – довжина та ширина кар'єру [8].

Проведемо обрахунок:

$$S = 400 \cdot 230 = 92000 \text{ м}^2$$

$$\sum \Phi = 5 \cdot 92000 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,2 = 717,6 \cdot 10^3$$

Приймаємо прожектор з ксеноновою лампою високого тиску для вуличного освітлення:

Таблиця 2.1 – Характеристика прожектора

Тип прожектора	Тип лампи	Напруга, В	Потужність Вт	Світ. потік, лм ^{10³}	Макс. сил. світ. кд ^{10³}	ККД%
1	2	3	4	5	6	7
ОУКсН-20000	ДКсТ-20000	220	50	694	650	76

Визначаємо число прожекторів для освітлення даної площі за формулою 2.6:

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$N_{\text{пр}} = \frac{\sum \Phi}{\Phi_{\text{л}} \cdot \eta_{\text{пр}}}, \quad (2.6)$$

де $\eta_{\text{пр}}$ - ККД прожектора (у відносних одиницях, а не відсотках);

$\Phi_{\text{л}}$ - світловий потік лампи прожектора, лм.

$$N_{\text{пр}} = \frac{717,6 * 10^3}{694 * 10^3 * 0,76} = 1$$

Висота встановлення прожектора обчислюється за умовами обмеження осліплюючої дії, м:

$$h = \sqrt{\frac{I_{\text{max}}}{300}} \quad (2.7)$$

де I_{max} - осьова сила світла прожектора.

$$h = \sqrt{\frac{650 * 10^3}{300}} = 46,5 \text{ м}$$

Необхідну на освітлення прожекторами потужність розраховано аналогічно формулі (2.4).

$$P = 1 \cdot 20000 = 20000 \text{ Вт (20кВт)}$$

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

2.3 Розрахунок електричних навантажень та вибір трансформаторів

Розрахункові навантаження визначаються за методом коефіцієнта попиту. Обчислюються навантаження від нижчого до вищого рівня напруги електроприймачів, які в подальшому формують у збірки [7].

Згідно формули (2.8) обчислено розрахункове активне навантаження P_p для кожного електроприймача та сумарне активне навантаження на збірку. Для прикладу подано розрахунок для бурового верстата 4СБШ-200.

$$P_p = K_{\Pi} \cdot \sum_{i=1}^n P_{\text{н.і.}} \quad (2.8)$$

$$P_{p1} = K_{\Pi} \cdot P_{\text{н.і.}} = 0,75 \cdot 380 = 285 \text{ кВт}$$

Для усіх інших електроприймачів обчислення ідентичні тому заносимо до таблиці 2.2.

Розрахункове та сумарне реактивне навантаження Q для кожного електроприймача обчислюють за формулою (2.9) [8]:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (2.9)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \sqrt{\frac{1 - \cos^2 \varphi}{\cos \varphi}}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \sqrt{\frac{1 - \cos^2 \varphi}{\cos \varphi}} = \sqrt{\frac{1 - \cos(0.8)^2}{\cos(0.8)}} = 0.72$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 285 \cdot 0.72 = 205.2 \text{ кВАр}$$

Аналогічно розраховуємо і для інших точок та заносимо до таблиці 2.2.

Визнаємо повне розрахункове навантаження S_p збірки.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		32

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (2.10)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{285^2 + 205.2^2} = 351,18 \text{ кВА}$$

Обчислення повного розрахункового навантаження аналогічне. Усі обраховані значення заносимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 Розрахункові електричні навантаження

Вхідні дані					Результати розрахунків			
Споживач	P _n , кВт	К-ть, споживач.	cos φ	K _п	tg φ	P _p , кВт	Q _p , кВАр	S _p , кВА
Ліве крило кар'єру								
4СБШ-200	380	1	0,8	0,75	0,72	285	205,2	351,18
СБУ-100Г	375	1	0,8	0,75	0,72	300	216	369,67
ЕО-2503	155	1	0,85	0,8	0,6	131,75	79,05	153,64
ЕКГ – 5	250	1	0,91	0,8	0,45	200	91	219,72
ЕКГ – 5	250	1	0,91	0,8	0,45	200	91	219,72
ЕКГ – 5	250	1	0,91	0,8	0,45	200	91	219,72
Усього по лівому крилу кар'єра						1316,7	773,25	1526,9
Праве крило кар'єру								
ЕКГ – 5	250	1	0,91	0,8	0,45	200	91	219,72
СШБ-320	712	1	0,7	0,7	1	498,4	498,4	704,84
2СБШ-200	320	1	0,7	0,7	0,72	285	205,2	351,18
ЕКГ – 5	250	1	0,91	0,8	0,45	200	91	219,72
«Насосна»	50	1	0,9	0,75	0,7	37,5	26,25	45,77
Водовідлив	135	1	0,91	0,73	0,69	98,55	68,95	120,27
Усього по правому крилу кар'єра						1319,45	1018,6	1667,88

В гірничих підприємствах групи електроприймачів живляться стаціонарними та пересувними трансформаторами на напругах 6/0,4, 6/0,69, 6/1,2 кВ або ж 10/0,4 і 10/0,69. Такі трансформаторні підстанції мають бути вироблені у закритому корпусі, і можуть постачатися масляними або сухими трансформаторами [7].

Потужність трансформатора підібрано згідно розрахункового навантаження S_p та відповідного співвідношення:

$$S_{\text{нТР}} \geq S_p \quad (2.11)$$

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Також кожен споживач має під'єднуватися до мережі 6 кВ через пересувний трансформатор. Нижче проведений вибір трансформаторів для окремих споживачів згідно співвідношення (2.11):

Таблиця 2.3 Дані по вибору трансформаторів

Споживач	Розрахункова потужність S_p , кВар	Тип трансформатора
Підстанція №1	1526,9	ТМ-1600/10
Підстанція №1	1667,8	ТМ-2500/10
4СБШ-200	351,18	ТМ-400/6
СБУ-100Г	369,67	ТМ-400/6
2СБШ-200	351,18	ТМ-400/6
ЕО-2503	153,64	ТМ-160/6
СБШ-320	704,84	ТМ-1000/6
Насосна	45,77	ТМ-160/6
Водовідлив	120,27	ТМ-160/6

Компенсація реактивної потужності

Обчислюємо коефіцієнт потужності для шини лівого крила кар'єру 6кВ [7]:

$$\cos\varphi_{\text{СЗВ}} = \frac{P_p}{S_p} \quad (2.12)$$

$$\cos\varphi_{\text{СЗВ}} = \frac{1316,7}{1526,9} = 0,86$$

Визначаємо коефіцієнт реактивної потужності :

$$K_{\text{р.п.}} = \operatorname{tg}\varphi_{\text{СЗВ}} = \frac{Q_p}{P_p} \quad (2.13)$$

$$K_{\text{р.п.}} = \frac{773,25}{1316,7} = 0,58$$

$\cos\varphi_{EC}$ прийнято $\cos\varphi_{EC} = 0,95$, тому значення $\operatorname{tg}\varphi_{EC}$:

$$\operatorname{tg}\varphi_{EC} = 0,3$$

Розраховуємо реактивну потужність компенсаційної установки:

$$Q_{\text{ку.роз}} = P_p (\operatorname{tg}\varphi_{\text{сзв}} - \operatorname{tg}\varphi_{EC}) \quad (2.14)$$

$$Q_{\text{ку.роз}} = 1316,7(0,58 - 0,3) = 368,67 \text{кВАр}$$

Згідно реактивною потужності обрано конденсаторну установку марки УКРМ-6,3 (10,5) -450- (3x150) УЗ. Визначаємо, як змінився рівень розрахункової споживаної реактивної потужності після проведеної компенсації:

$$Q'_p = Q_p - Q_{\text{ку.роз}} \quad (2.15)$$

$$Q'_p = 773,25 - 450 = 323,25$$

Обчислюємо зміну рівня повної розрахункової споживаної потужності після компенсації:

$$S'_p = \sqrt{P_p^2 + Q'_p{}^2} \quad (2.16)$$

$$S'_p = \sqrt{1316,7^2 + 323,25^2} = 1355,7 \text{кВА}$$

Визначимо значення коефіцієнту потужності та коефіцієнту реактивної потужності та перевіримо умову:

$$\cos\varphi_{\text{сзв}} \geq \cos\varphi_{EC} \quad (2.17)$$

$$\cos\varphi'_{\text{сзв}} = \frac{1316,7}{1355,7} = 0,971$$

$0,971 > 0,95$ –компенсація реактивної потужності достатня.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		35

Обчислюємо коефіцієнт потужності для шини правого крила кар'єру 6кВ:

$$\cos\varphi_{\text{СЗВ}} = \frac{1319,45}{1667,8} = 0,79$$

Визначаємо коефіцієнт реактивної потужності :

$$K_{\text{Р.П.}} = \frac{1018,6}{1319,45} = 0,77$$

$\cos\varphi_{\text{ЕС}}$ прийнято $\cos\varphi_{\text{ЕС}} = 0,95$, тому значення $\text{tg}\varphi_{\text{ЕС}}$:

$$\text{tg}\varphi_{\text{ЕС}} = 0,3$$

Розраховуємо реактивну потужність компенсаційної установки:

$$Q_{\text{ку.роз}} = 1319,45(0,77 - 0,3) = 620,14 \text{кВАр}$$

Згідно реактивною потужності обрано конденсаторну установку марки УКРМ-6,3 (10,5) -750- (5x150) УЗ. Визначаємо, як змінився рівень розрахункової споживаної реактивної потужності після проведеної компенсації:

$$Q'_{\text{р}} = 1018,6 - 750 = 268,6$$

Обчислюємо зміну рівня повної розрахункової споживаної потужності після компенсації:

$$S'_{\text{р}} = \sqrt{1319,45^2 + 268,6^2} = 1346,51 \text{кВА}$$

Визначимо значення коефіцієнту потужності та коефіцієнту реактивної потужності та перевіримо умову:

$$\cos\varphi'_{\text{СЗВ}} = \frac{1319,45}{1346,51} = 0,979$$

$0,979 > 0,95$ –компенсація реактивної потужності достатня.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

2.4 Розрахунок електричних мереж підприємства та вибір типу перерізів провідників

Аби визначити, який потрібен перетин проводу і жили кабелю – необхідно спочатку обчислити розрахункові струми. Розрахунковий струм навантаження для групи електроприймачів визначається за формулою [7]:

$$I_n = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta_M \cdot \cos\varphi_p} \quad (2.18)$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cos\varphi_p} \quad (2.19)$$

де P_p, S_p – розрахункові навантаження для даного елемента мережі, кВт; кВА; U_H – напруга мережі, кВ; η_M – ККД мережі (для повітряних ЛЕП, 0,94...0,95; для гнучких кабелів 0,97...0,99); $\cos\varphi_p$ – розрахунковий коефіцієнт потужності для даного елемента мережі.

Розрахунковий струм для окремого споживача обчислюється використовуючи значення його номінальної потужності P_H :

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta_H \cdot \cos\varphi_H} \quad (2.20)$$

де η_H – ККД двигуна при номінальному навантаженні; $\cos\varphi_H$ – номінальний коефіцієнт потужності двигуна.

Таблиця 2.4. Вхідні дані для розрахунку електричних мереж кар'єра

Споживач	№ лінії	Довжина лінії, м	Тип лінії	Потужність, що передається лінією, Sp, кВА	cosφ	Розрахунковий робочий струм лінії I _p , А
Ліве крило кар'єру	L1	140	ПЛ	1526,9	-	146,92
Праве крило кар'єру	L2	140	ПЛ	2293,5	-	220,7
ЕКГ-5	L3	170	ПЛ	219,72	0,91	23,23

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
						37

Продовження таблиці 2.4.

ЕКГ-5	L4	180	ПЛ	219,72	0,91	23,23
4СБШ-200	L5	64	ПЛ	351,18	0,8	42,24
ЕКГ-5	L6	36	ПЛ	219,72	0,91	23,23
СБУ-100Г	L7	36	ПЛ	369,67	0,8	44,46
ЕО-2503	L8	36	ПЛ	153,64	0,85	17,39
СБШ-320	L9	100	ПЛ	704,84	0,7	96,98
ЕКГ-5	L10	80	ПЛ	219,72	0,91	23,23
2СБШ-200	L11	70	ПЛ	351,18	0,7	42,24
ЕКГ-5	L12	40	ПЛ	219,72	0,91	23,23
Водовідлив	L13	80	ПЛ	120,27	0,91	89,69
«Насосна»	L14	40	ПЛ	45,77	0,9	76,82
ЕКГ – 5	L15	30	КЛ	219,72	0,91	23,23
ЕКГ – 5	L16	30	КЛ	219,72	0,91	23,23
4СБШ-200	L17	30	КЛ	351,18	0,8	42,24
ЕКГ – 5	L18	30	КЛ	219,72	0,91	23,23
СБУ-100Г	L19	30	КЛ	369,67	0,8	44,46
ЕО-2503	L20	30	КЛ	153,64	0,85	17,39
СБШ-320	L21	30	КБ	704,84	0,7	96,98
ЕКГ – 5	L22	30	КЛ	219,72	0,91	23,23
2СБШ-200	L23	30	КБ	351,18	0,7	42,24
ЕКГ – 5	L24	30	КЛ	219,72	0,91	23,23
Водовідлив	L25	30	КБ	120,27	0,91	89,69

Виходячи із формули (2.19) проводимо розрахунок струму навантаження групи електроприймачів. Для прикладу візьмемо лінію L5 бурового верстата 4СБШ-200.

$$I_{PL5} = \frac{351.18}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.8} = 42.24 \text{ A}$$

Для усіх електроприймачів розрахунок аналогічний, та дані занесені у відповідні таблиці (табл. 2.4 та 2.5).

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		38

2.4.1 Вибір перерізів провідників в мережі

Для того аби вірно спроектувати та розрахувати електричну мережу підприємства, потрібно аналітично обрати переріз провідника для повітряної лінії (ПЛ) та жили кабельної лінії (КЛ), враховуючи відповідність обраного перерізу наступним вимогам: за нагрівом; за допустимими втратами напруги; за механічною міцністю; за економічною густиною. Після проведення розрахунків обирається найбільш відповідне вимогам значення типового перерізу [8].

Перевірка за нагрівом

Для того аби обрати провідник та перевірити його за нагрівом, достатньо порівняти його розрахунковий струм I_p з довготривалими допустимими струмами навантаження $I_{доп}$, які наведені у таблицях ПУЕ для типових перетинів проводів. В розрахунку приймають найбільше ближче значення перерізу. У випадку невизначених температурних умов експлуатації приймають стандартні нормальні умови [8]. Результати перевірок занесені в таблицю 2.5.

$$I_p \leq I_{доп} \quad (2.20)$$

Розрахунковий струм для ліній електропередач, які приймають на себе навантаження суміжних ліній, які вийшли з ладу приймається стосовно після аварійного режиму роботи. Під час після аварійного режиму розрахунковий струм дорівнює $I_{p.a.}=2I_p$ (при повному резервуванні) або визначається за допомогою розрахунку в залежності від ступеня резервування [9].

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Перевірка за економічною густиною струму

Вибір економічних перерізів провідників кабельних ліній, що стандартизовані ПУЕ, розраховано за економічною густиною струму, враховуючи матеріал жил кабелю, їх кількості та матеріалу ізоляції.

Величина економічних перерізів встановлюється розрахунковими струмами n -их ліній за економічною густиною струму і приймається згідно стандартизованих рядів перерізів кабелів ПУЕ за формулою[9]:

$$S_e = \frac{I_p}{J_{ек}}, \text{ де} \quad (2.21)$$

$J_{ек}$ - економічна густина струму, А/мм².

$J_{ек} = 3,1$ – економічна густина струму, А/ мм² для гнучких кабелів з мідними жилами.

$J_{ек} = 1$ – економічна густина струму, А/ мм² для голих проводів та шин.

Проведемо обчислення для лінії L15 екскаватора ЕКГ-5:

$$S_e = \frac{23,23}{3,1} = 7,49 \text{ А/мм}^2$$

Для усіх споживачів обчислення однакові. Дані обчислень висвітлені в таблиці 2.5.

Вибір елементів електромережі за механічною міцністю

При проектуванні повітряних ліній електропередач використовуються стандартні конструкції мобільних і стаціонарних опор, для яких рекомендується певний перетин кабелю.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		40

Мінімальний поперечний переріз провідника надземного високовольтного проводу за умовами механічної міцності має становити не менше 25 мм² для сталєво-алюмінієвого, 35 мм² для алюмінієвого проводу. Мінімальна площа поперечного перерізу для повітряних ліній електропередач напругою до 1 кВ-10мм²для сталє-алюмінієвого дроту, алюмінієвих -16мм², сталєвих багатожильних -25мм² [7].

Мінімальні значення перерізу силових кабелів шахтних дільничних розподільних мереж напругою до 1000 В за механічною міцністю рекомендується приймати для живлення:

Індивідуально встановлених механізмів які періодично переміщуються - не менше 16 мм².

Механізмів, змонтованих на спеціальних візках у складі загального електропоїзда, не менше 10 мм²;

Результати введеноу таблицю 2.5.

2.4.2 Розрахунок втрат напруги в мережі 0,4 кВ

Проведено розрахунок допустимих втрат напруг, що спостерігається при живленні споживачів електричною енергією в мережі 0,4 кВ.

Втрата напруги в n-ій лінії визначено за формулою[7]:

$$dU = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot L \cdot \cos\varphi_p \cdot \frac{1}{\gamma \cdot S}, \text{ В} \quad (2.22)$$

де I_p – розрахунковий струм, А;

S - площа перерізу кабелю, мм²;

L – довжина лінії, м;

$\cos\varphi_p$ – коефіцієнт потужності

S – переріз проводу жили КЛ, мм²;

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		41

γ - питомий опір матеріалу провідника: для алюмінію $\gamma=32$ м/(Ом*мм²), для міді $\gamma=55$ м/(Ом*мм²)

Визначаємо втрати напруги в лінії L17 бурового верстата 4СБШ-200:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 42,24 \cdot 30 \cdot 0,8 \cdot \frac{1}{55 \cdot 16} = 1,99 \text{ В}$$

Для кабельних ліній 0,4 кВ алгоритм розрахунку ідентичний. Результати обчислень занесено до таблиці 2.5.

2.4.3 Розрахунок втрати напруги в мережі 6,0кВ

Для кабельних мереж допустимі втрати напруги 6...35 кВ - 5% в нормальному і 10% в після аварійному режимах [7];

При відомій потужності ЛЕП втрати напруги в мережі 6,0/10,0 кВ розраховано за формулою:

$$\Delta U_{л\%} = \frac{(PR + QX)}{10U_H^2} \quad (2.23)$$

де R , X - активний та індуктивний опори проводу чи жил кабелю, Ом; P , Q - активне і реактивне навантаження мережі відповідно, кВт, квар.

Визначаються за формулою:

$$X = x_0 \cdot L_i \quad (2.24)$$

$$R = r_0 \cdot L_i \quad (2.25)$$

$x_0=0,4$ Ом/км - реактивний опір ПЛ, $U>1$ кВ довжиною 1 км;

$x_0=0,08$ Ом/км - реактивний опір КЛ, $U>1$ кВ довжиною 1 км;

r_0 - активний опір лінії $r_0=1000/(\gamma S)$;

s - переріз проводу ПЛ або жили КЛ, мм²;

γ - питомий опір матеріалу провідника: для алюмінію $\gamma=32$ м/(Ом*мм²), для міді $\gamma=55$ м/(Ом*мм²);

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

L_i – довжина лінії, км.

Розрахунок для лінії L10 наступний:

P - сума всіх активних навантажень лінії мережі – 200 кВт;

Q – сума всіх реактивних навантажень лінії мережі – 91кВАр.

$$r_0 = 1000/32 \cdot 16 = 1,95 \text{ Ом};$$

$$x_0 = 0,4 \text{ Ом/км};$$

$$R = 1,95 \cdot 0,08 = 0,156 \text{ Ом};$$

$$X = 0,4 \cdot 0,08 = 0,032 \text{ Ом};$$

$$\Delta U_d \% = \frac{200 \cdot 0,156 + 91 \cdot 0,032}{10 \cdot 6^2} \% = 0,94\%$$

Наступні розрахунки ідентичні та результати занесені до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Дані перевірок та вибір марок КЛ та ПЛ для споживачів 6 кВ та 0,4 кВ

№ лінії	Тип лінії	Розрахунковий робочий струм лінії I_p, A	За нагрівом		Мех. міцність $S_{мех} \text{ мм}^2$	За економічною густиною		За втратами напруги		Остаточна обрана марка та переріз лінії
			Ідоп, А	Снагр, мм^2		$J_{ЕК} \text{ А/мм}^2$	Сек, мм^2	Втрати напруги $\Delta U, \%$ (В)	Свт. н., мм^2	
Лінії напругою 6-10 кВ										
L1	ПЛ	146,92	170	35	35	-	-	5,6	35	A-35
L2	ПЛ	220,7	265	70	70	-	-	4,95	70	A-70
L3	ПЛ	23,23	105	16	16	1	25	2,01	16	A-16
L4	ПЛ	23,23	105	16	16	1	25	2,13	16	A-16
L5	ПЛ	42,24	105	16	16	1	50	1,13	16	A-16
L6	ПЛ	23,23	105	16	16	1	25	0,75	16	A-16
L7	ПЛ	44,46	105	16	16	1	50	0,67	16	A-16
L8	ПЛ	17,39	105	16	16	1	25	0,28	16	A-16

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	43	

Продовження таблиці 2.5.

L9	ПЛ	96,98	105	16	16	1	120	3,25	16	A-16
L10	ПЛ	23,23	105	16	16	1	25	0,94	16	A-16
L11	ПЛ	42,24	105	16	16	1	50	1,24	16	A-16
L12	ПЛ	23,23	105	16	16	1	25	0,47	16	A-16
L13	ПЛ	89,69	105	16	16	1	95	1,07	16	A-16
L14	ПЛ	76,82	105	16	16	1	95	1,28	16	A-16
L15	КЛ	23,23	68	10	16	3,1	10	0,19	16	ЕВТ 3 X 16 + 1 X 10
L16	КЛ	23,23	68	10	16	3,1	10	0,19	16	ЕВТ 3 X 16 + 1 X 10
L18	КЛ	23,23	68	10	16	3,1	10	0,19	16	ЕВТ 3 X 16 + 1 X 10
L22	КЛ	23,23	68	10	16	3,1	10	0,19	16	ЕВТ 3 X 16 + 1 X 10
L24	КЛ	23,23	68	10	16	3,1	10	0,19	16	ЕВТ 3 X 16 + 1 X 10
Лінії напругою 0.4 кВ										
L17	КБ	42,24	68	10	16	3,1	16	1,99	16	ЕВТ 3 X 16 + 1 X 10
L19	КБ	44,46	68	10	16	3,1	16	1,34	16	ЕВТ 3 X 16 + 1 X 10
L20	КБ	17,39	68	10	16	3,1	10	0,76	16	ЕВТ 3 X 16 + 1 X 10
L21	КБ	96,98	112	35	35	3,1	35	3,23	16	ЕВТ 3 X 35 + 1 X 10
L23	КБ	42,24	68	10	16	3,1	16	1,99	16	ЕВТ 3 X 16 + 1 X 10
L25	КБ	26,33	68	10	16	3,1	10	0,92	16	ЕВТ 3 X 16 + 1 X 10

2.4.4 Розрахунок втрат напруги в трансформаторі

Проведемо розрахунок для трансформатора ТМ-400/6. Розрахунок втрат напруги в трансформаторі проводиться за формулою:

$$\Delta U_{\text{ТР}\%} = \beta(Ua\% \cos\varphi_{\text{ТР}} + U_p\% \sin\varphi_{\text{ТР}}) \quad (2.26)$$

де $\beta = \frac{S_p}{S_{\text{Н.Т.}}}$ – коефіцієнт завантаження трансформатора;

$S_{\text{Н.Т.}}$ – номінальна потужність трансформатора (тр. підстанції), кВА.

S_p – розрахункове навантаження трансформатора, кВА.

Проведемо розрахунок для трансформатора

										Арк.
										44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ					

$$\beta = \frac{369,67}{400} = 0,92$$

$U_{a\%}$ – активна складова напруги КЗ трансформатора (%).

$$U_{a\%} = \frac{\Delta P_k}{10S_{H.T.}} = \frac{5600}{10 \cdot 400} \% = 1,4 \%$$

де ΔP_k – втрати КЗ трансформатора, Вт.

$\cos\varphi_{тр}$ – коефіцієнт потужності трансформатора.

$$\cos\varphi_{тр} = \frac{P_p}{S_p} = \frac{285}{351,18} = 0,81$$

$$\sin\varphi_{тр} = \sqrt{1 - (0,81)^2} = 0,58$$

$U_{p\%} = \sqrt{(U_{k\%})^2 - (U_{a\%})^2} = \sqrt{(4,5)^2 - (1,4)^2} = 4,27 \%$ – реактивна складова напруги КЗ трансформатора.

$$\Delta U_{тр\%} = 0,92(1,4 \cdot 0,81 + 4,27 \cdot 0,58) = 3,35\%$$

Подальші обчислення втрат напруг в трансформаторах проводяться так само, і зесені в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6. Втрати напруги в трансформаторах

Тип трансформатора	Номінальна потужність, S_n , кВА	Розрахункове навантаження, S_p , кВа	Втрати КЗ т-ра, Вт	Напруга КЗ, $U_{k\%}$	Втрати напруги $\Delta U_{тр\%}$, %
ТМ-1600/10	1600	1526,9	17000	6	3,72
ТМ-2500/10	2500	1667,8	28000	6	2,99
ТМ-400/6	400	351,18	5600	4,5	3,19
ТМ-400/6	400	369,67	5600	4,5	3,35
ТМ-400/6	400	351,18	5600	4,5	2,55
ТМ-160/6	160	153,64	2850	4,5	3,5
ТМ-1000/6	1000	704,84	12200	5,5	3,28

Продовження таблиці 2.6.

TM-160/6	160	45,77	2850	4,5	0,69
TM-160/6	160	120,27	2850	4,5	2,6

2.5 Розрахунок струмів КЗ

Для розрахунків струмів короткого замикання складено схему заміщення на підставі схеми електропостачання. Схема заміщення показана на рисунку 2.1.

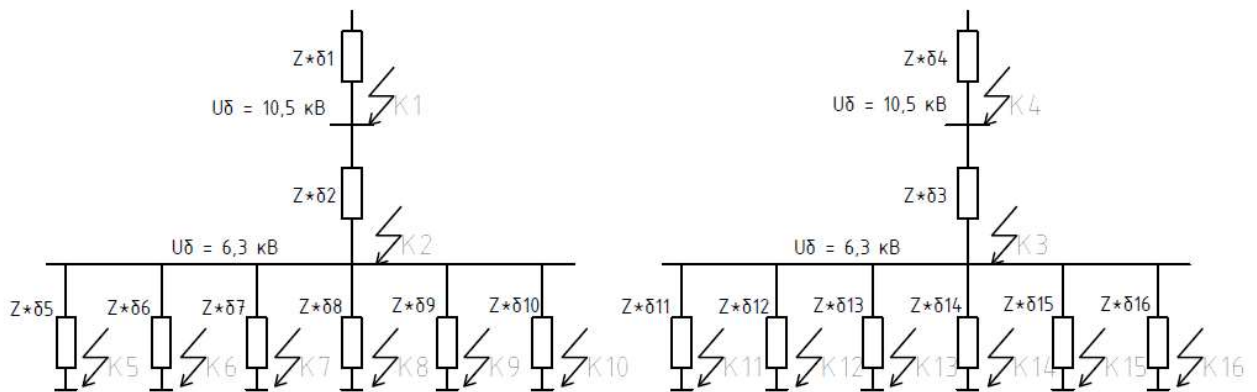


Рисунок 2.1 – Схема заміщення

2.5.1 Розрахунок струмів КЗ в мережі 6-10 кВ

Порядок розрахунку наступний [8]:

- Прийнято за базисну потужність величина $S_6 = S_{роз} = 100$ МВА;
- За базисну напругу прийнято напругу трансформатора i -х ступенів схеми електропостачання: $U_{6,10} = 1,05 \cdot U_{ном} = 1,05 \cdot 10,0 = 10,5$ кВ;
 $U_{6,6} = 1,05 \cdot 6,0 = 6,3$ кВ;
 $U_{6,0.38} = 1,05 \cdot 0,38 = 0,399$ кВ;
- Визначаються базисні струми в елементах схеми на i -х ступенях напруги виходячи з умови:

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$S_{\delta} = \sqrt{3} \cdot U_{\delta i} \cdot I_{\delta i}; \quad (2.28)$$

$$I_{\delta i} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta i}}; \quad (2.29)$$

Базисні опори трансформатора встановлено за формулами:

$$Z_{T*} = U_{k\%}; \quad (2.30)$$

$$r_{*6Ti} = \frac{P_K}{S_{HT}}; \quad (2.31)$$

$$x_{*6Ti} = \sqrt{(U_{k\%})^2 - \left(\frac{P_K}{S_{HT}}\right)^2}. \quad (2.32)$$

Струми 3-х фазного короткого замикання:

$$I_{ki}^{(3)} = \frac{I_{\delta i}}{\sum Z_{\delta i}}, \text{ кА} \quad (2.33)$$

Струми 2-х фазного короткого замикання:

$$I_{ki}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{ki}^{(3)}, \text{ кА} \quad (2.34)$$

Амплітудне значення ударного струму короткого замикання:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{ki}^{(3)}, \text{ кА} \quad (2.35)$$

де k_y – ударний коефіцієнт при короткому замиканні – 1,8.

Діюче значення ударного струму:

$$I_y = I_k^{(3)} \cdot q, \text{ кА} \quad (2.36)$$

де $q = \sqrt{1 + 2(k_y - 1)^2}$. Значення k_y прийнято: 1,8; $q=1,52$.

Потужність трифазного короткого замикання для часу, що відповідає моменту розривудуги вимикача ($t=0,1\dots0,2$ с) чи інший час, визначають із залежності:

$$S_i^{(3)} = \sqrt{3} \cdot U_{\delta} \cdot I_i^{(3)} \quad (2.37)$$

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		47

Опір елементів системи електропостачання в відносних базисних одиницях:

б) Опір ліній у відносних базисних одиницях кабельних ліній:

$$x_{*6Li} = x_0 L_i \frac{S_6}{U_{6i}^2}; \quad (2.38)$$

$$r_{*6Li} = r_0 L_i \frac{S_6}{U_{6i}^2} = \frac{1000}{S_{ек} \cdot \gamma} \cdot L_i \cdot \frac{S_6}{U_{6i}^2}; \quad (2.39)$$

Схема заміщення показана на рисунку 2.1.

Розрахунок для лінії, яка живить ліве крило кар'єра точка К1:

1. Розрахунок базисного струму:

$$I_{61} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{61}} = \frac{100 \text{ МВА}}{\sqrt{3} \cdot 10 \text{ кВ}} = 5,77 \text{ кА}$$

2. Розрахунок базисних опорів лінії:

Опірсистеми:

$$X_{БС} = \frac{S_6}{S_k}$$

$$Z_{*6L1} = X_{БС}$$

$$Z_{*6L1} = \frac{S_6}{S_k^{(3)}} = 1 \text{ в. б. о}$$

3. Струми 3-х фазного короткого замикання:

$$I_{k1}^{(3)} = \frac{I_{61}}{\sum Z_{61}} = \frac{5,77}{1} = 5,77 \text{ кА}$$

4. Струми 2-х фазного короткого замикання:

$$I_{ki}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{ki}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 5,77 \text{ кА} = 4,99 \text{ кА}$$

5. Амплітудне значення ударного струму короткого замикання:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot \kappa_y \cdot I_{ki}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 5,77 = 14,68 \text{ кА}$$

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

6. Діюче значення ударного струму:

$$I_y = I_k^{(3)} \cdot q = 5,77 \cdot 1,52 = 8,77 \text{ кА}$$

7. Потужність 3-х фазного короткого замикання:

$$S_i^{(3)} = \sqrt{3} \cdot U_0 \cdot I_{ki}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 5,77 = 100 \text{ МВА}$$

Інші розраховуємоаналогічно та занесемо дані в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 Параметри КЗ мережі 6-10 кВ

Точка КЗ кі	Опір до точки кі			Uбі, кВ	Iбі, кА	Ik(3), кА	Sk(3), МВА	Ik(2), кА	iy, кА	Iy, кА
	xб*Σi в.б.о.	rб*i в.б.о.	zб*i в.б.о.							
К1	1	-	1	10,5	5,77	5,77	100	4,99	14,68	8,77
К2	3,43	-	4,43	6,3	9,164	2,068	22,56	1,79	7,36	3,14
К3	1,2	-	2,2	6,3	9,164	4,165	45,44	3,6	14,84	6,33
К4	1	-	1	10,5	5,77	5,77	100	4,99	14,68	8,77
К5	4,8	1,51	5,031	6,3	9,164	1,821	19,87	1,57	6,48	2,76
К6	4,81	2,13	5,26	6,3	9,164	1,74	18,98	1,5	6,49	2,64
К8	4,61	0,57	4,64	6,3	9,164	1,975	21,55	1,7	7,03	3
К12	4,71	1,54	4,95	6,3	9,164	1,851	20,19	1,6	6,59	2,81
К15	4,67	1,445	4,89	6,3	9,164	1,87	20,4	1,61	6,66	2,84

2.5.2 Розрахунок струмів КЗ в мережі до 1 кВ

Порядок розрахунку наступний:

Згідно ПУЕ в мережах до 1000 В прийнято середню номінальна напруга ступеня короткого замикання 400 - 1200 В.

Струм КЗ⁽³⁾ розраховано за формулою [7]:

$$I_k^{(3)} = \frac{U_{с.н}}{\sqrt{3}Z} = \frac{U_{с.н}}{\sqrt{3}\sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}} \quad (2.40)$$

Струми 2-х фазного короткого замикання:

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$$I_{ki}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{ki}^{(3)}, \text{кА} \quad (2.41)$$

Амплітудне значення ударного струму короткого замикання:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{ki}^{(3)}, \text{кА} \quad (2.42)$$

де k_y – ударний коефіцієнт при короткому замиканні – 1,8.

Діюче значення ударного струму:

$$I_y = I_k^{(3)} \cdot q, \text{кА} \quad (2.43)$$

де $q = \sqrt{1 + 2(k_y - 1)^2}$. Значення k_y прийнято: 1,8; $q=1,52$.

Опір елементів системи електропостачання :

$$X = x_0 \cdot L_i \quad (2.44)$$

$$R = r_0 \cdot L_i = \frac{1000}{S_{ек} \cdot \gamma} \cdot L_i \quad (2.45)$$

Розрахунок точки К9 (за схемою заміщення) – лінія L19:

$$I_k^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,041} = 5632 \text{А} = 5,63 \text{кА}$$

$$X = x_0 \cdot L = 0,08 \frac{\text{Ом}}{\text{км}} \cdot 0,03 \text{ км} = 0,024 \text{ Ом}$$

$$R = r_0 \cdot L_i = \frac{1}{55 \frac{\text{м}}{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2} \cdot 16 \text{ мм}^2} \cdot 30 \text{ м} = 0,034 \text{ Ом}$$

$$Z = \sqrt{0,034^2 + 0,024^2} = 0,041$$

$$I_p \ll I_k^{(3)}$$

Де $I_p = 44,46 \text{ А}$ – розрахунковий струм (робочий) в точці яка перевіряється на КЗ в лінії 17.

Значення робочого струму наведено в таблиці 2.5.

1. Струм 2-х фазного короткого замикання

$$I_{ki}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 5,63 \text{ кА} = 4,87 \text{ кА}$$

2. Амплітудне значення ударного струму короткого замикання

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 5,63 \text{ кА} = 14,33 \text{ кА}$$

3. Діюче значення ударного струму:

$$I_y = 1,52 \cdot 5,63 \text{ кА} = 8,55 \text{ кА}$$

Обчислення є ідентичними для наступних точок. Результати розрахунків занесено до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8. Параметри КЗ мережі 0,4 кВ

Точка КЗ кі	Довжина лінії, L _i , м	Опір до точки кі			U _н , кВ	I _{к(3)} , кА	I _{к(2)} , кА	i _y , кА	I _y , кА
		X, Ом	R, Ом	Z, Ом					
К7	30	0,024	0,034	0,041	0,4	5,63	4,87	14,33	8,55
К9	30	0,024	0,034	0,041	0,4	5,63	4,87	14,33	8,55
К10	30	0,024	0,034	0,041	0,4	5,63	4,87	14,33	8,55
К11	30	0,024	0,017	0,029	0,4	7,96	6,89	20,26	12,09
К13	30	0,024	0,034	0,041	0,4	5,63	4,87	14,33	8,55
К14	30	0,024	0,034	0,041	0,4	5,63	4,87	14,33	8,55
К16	40	0,032	0,034	0,046	0,4	5,02	4,34	12,77	7,63

2.6 Вибір електричних апаратів

Вибір апаратів захисту залежить від [7]:

1) Номінальної напруги апаратів, має бути більшим або рівним напрузі мережі:

$$U_{ном.ап} \geq U_M. \quad (2.46)$$

2) Номінальних струмів апаратів, які повинні бути рівними або більшими за розрахунковий номінальний струм:

$$I_{ном.ап} \geq I_p. \quad (2.47)$$

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

3) Миттєве значення струмів динамічної стійкості апаратів мають бути, рівними або більшими за миттєві значення ударних струмів КЗ в певній ділянці груп електроприймачів схеми, де встановлюються апарати за умовою:

$$i_{dc} > i_y. \quad (2.48)$$

4) Добуток квадратів струмів термічної стійкості апаратів та його часу спрацювання мають бути рівними або більшими за добуток квадратів діючого значення встановленого струму КЗ на встановлений час виникнення короткого замикання в кабелі :

$$I_{T.C.}^2 \cdot t_{T.C.} \geq I_{\infty}^2 \cdot t_{пр}. \quad (2.49)$$

Вибір апаратів захисту наведено в таблиці 2.9.

Вибір автоматичних вимикачів

Автоматичні вимикачі є, на відміну від плавких запобіжників, апаратами багаторазової дії, які споряджені пристроями витримки часу, забезпечуючи вибіркову дію захисту. Всі автомати мають в кожній фазі максимальне струмове реле прямої дії, що називається розчеплювачем. Останній складається із двох елементів: нагрівання на основі біметалічної пластинки, що забезпечує захист від перевантаження з витримкою часу і називається тепловим, і електромагнітного елемента, що виконує максимальний струмовий захист з витримкою або без витримки часу – струмову відсічку при струмах КЗ [7].

На основі каталогів на автомати та технічних умов їх роботи вибір апаратів захисту виконується за трьома нижче наведеними умовами.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$I_{н.а.} \geq I_p; U_{н.а.} = U_{н.м.}; I_{в.} \geq 1,2 \cdot I_K^{(3)} \quad (2.50)$$

де $I_{н.а.}$, $U_{н.а.}$ – номінальні струми та напруги автомата; $I_{в.}$ – граничний струм автомата, що вимикається; $I_K^{(3)}$ – струм трифазного короткого замикання на вхідних затискачах автоматичного вимикача. Необхідна додаткова перевірка на термічну та електродинамічну стійкість.

Струм уставки $I_{у.а.}$ максимального захисту автомата обирають за умовою:

$$I_{у.а.} \geq I_{п.маx} + \sum_{i=1}^{K-1} I_{н.i} \quad (2.51)$$

де $I_{п.маx}$ – номінальний пусковий струм найбільш потужного електродвигуна; $\sum_{i=1}^{K-1} I_{н.i}$ – сума номінальних струмів решти електроспоживачів.

Вибране значення уставки повинно бути перевірене на надійність вимикання автоматом струму двофазного короткого замикання $I_{K.min}^{(2)}$ у найвіддаленішій точці захищеної мережі за умовою [7]:

$$I_{K.min}^{(2)} / I_{у.а.} \geq 1,5 \quad (1,25) \quad (2.52)$$

Вибір вимірювальних трансформаторів

Трансформатори струму (ТС) обирають за номінальною напругою, струмом первинного ланцюга ($I_{1н} \geq I_{р.м.}$), класом точності (вторинним навантаженням) і перевіряють на термічну і динамічну стійкість струмам КЗ. Вимірювальні прилади з класом точності 1,0 і 1,5 і розрахункові лічильники повинні підключатися до ТС класу точності 0,5, а прилади класів 2,5 – до ТС класу точності 1,0. Релейний захист до ТС класу 10 [7].

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Комірка ЯКНО-6

Осередки високовольтні кар'єрні переносні типу ЯКНО-6(10)-У1 зовнішньої установки призначені для встановлення у відгалужувальних і магістральних мережах кар'єрів, а також у місцях приєднання до внутрішньокар'єрних ліній електропередач мереж напругою 6 (10) кВ, 630 (1000) А. Всі типовиконання ЯКНО-6 можуть бути виконані з кабельним введенням та кабельним виведенням[10].

Комірка ЯКНО-6 виконується в корпусі брызкозахищеного виконання.

Осередок комірки розділений на відсіки:

- роз'єднувача;
- високовольтного вимикача (вакуумний вимикач ВВ/TEL, ВВТЕ-М, ВБСК, трансформатори струму, трансформатор струму нульової послідовності та механізми блокувань);
 - трансформатора напруги (запобіжники ПКН, трансформатор напруги);
 - управління (приводи ПР-10 роз'єднувача, панель апаратури вторинних ланцюгів).

У відсіку роз'єднувача розташований роз'єднувач РВФЗ та прохідні ізолятори. Контроль за положенням ножів роз'єднувача здійснюється крізь захисну змінну сітку з міркувань безпеки. Приводи ПР-10 керують роз'єднувачем РВФЗ, один із приводів з'єднаний з валом основних ножів, інший з валом заземлюючих ножів. Передбачене механічне блокування виключає можливість вмикання заземлювальних ножів при включенні роз'єднувача.

Комірка ЯКНО містить в собі різноманітні види захисту та автоматики, як електромеханічного так і мікропроцесорного. Комірки можуть комплектуватись різними видами механічних та електричних блокувань, що не допускають помилкових дій обслуговуючого персоналу під час проведення оперативних перемикань.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Таблиця 2.9. Вибір електричних апаратів захисту

Адреса	Функціональне призначення та умовні позначення		Тип електричних апаратів	Умови вибору електричних апаратів										
				За ном. напругою $U_{н.ап} \geq U_c$		За ном. струмом $I_{нап} \geq I_p$		За струмом вимикання $I_{вим} \geq I_{кл}^{(3)}$		За електродин. стійкістю $i_{дс.ап} \geq i_y$		За термічною стійкістю $I_{тс}^2 t_{тс}^2 \geq I_{\infty}^2 t_{пр}$		
				$U_{н.ап}$, кВ	U_c , кВ	$I_{нап}$, А	I_p , А	$I_{вим}$, кА	$I_{кл}^{(3)}$, кА	$i_{дс.ап}$, кА	i_y , кА	$I_{тс}^2 t_{тс}^2$, кА	$I_{\infty}^2 t_{пр}$, с	
РУ 6-10 кВ	Вимикачі Q _i	Q1-Q9	РП-10кВ	ВМПП-10-630/20	10	10	630	220,59	20	5,77	53	14,68	20	3
		Q10	ТМ 1600/6	ВМПП-10-630/20	10	10	630	146,92	20	2,068	53	7,36	20	3
		Q11	ТМ 2500/6	ВМПП-10-630/20	10	10	630	220,7	20	4,165	53	14,84	20	3
		Q12-Q15	РУ 6 кВ (ліве крило)	ВМПП-10-630/20	10	10	630	146,92	20	2,068	53	7,36	20	3
		Q16-17	РУ 6 кВ (праве крило)	ВМПП-10-630/20	10	10	630	220,7	20	4,165	53	14,84	20	3
Трансформатори ТА _i	1ТА-5ТА	РП-10кВ	ТПЛК-10	10	10	300/5	220,59	-	5,77	14,8	14,68	5,57	1,7	
	3ТА-10ТА	ЕКГ-5	ТПЛК-10	10	6	30/5	23,23	-	1,821	7,4	6,48	0,5	0,3	

2.7 Основні енергетичні показники підприємства

Для того аби визначити витрати активної W_p та реактивної V_p електроенергії за рік, з використанням розрахункових значень P_p та Q_p груп споживачів та річної кількості годин використання максимального навантаження T_M , слід скористатися наступними формулами [7]:

$$W_p = P_p \cdot T_M, \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (2.53)$$

$$V_p = Q_p \cdot T_M, \text{ кВар} \cdot \text{год}$$

За двох робочих змін для кар'єрів кількість годин використання максимального навантаження складає $T_M = 3500 \dots 4500$ год. Річні витрати активної ΔW_p та реактивної енергії ΔV_p в трансформаторах обчислюють за наступними формулами [1]:

$$\Delta W_{\text{тр}} = \Delta P_x \cdot T_p + \beta^2 \cdot \Delta P_K \cdot \tau; \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (2.55)$$

$$\Delta V_{\text{тр}} = \Delta Q_x \cdot T_p + \beta^2 \cdot \Delta Q_K \cdot \tau; \text{ кВар} \cdot \text{год}$$

$$\Delta Q_{\mu} = (I_K^{\%}) \cdot \frac{S_H}{100}; \quad (2.56)$$

$$\Delta Q_k = (U_K^{\%}) \cdot \frac{S_H}{100};$$

де $\Delta P_x, I_k^{\%}$ - втрати потужності та струм холостого ходу трансформатора згідно з каталогом; $\Delta P_k, U_k^{\%}$ - втрати потужності та напруги короткого замикання трансформатора згідно з каталогом; β - коефіцієнт завантаження трансформатора; T_p - час роботи трансформатора, в нашому випадку не заданий, тому прийнято $T_p = 1$, τ - час максимальних втрат (годин), який наближено можна знайти із співвідношення:

$$\tau = (0.124 + T_M \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760. \quad (2.57)$$

					Арк.
					56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ

Витрати активної $\Delta W_{\text{Л}}$ та реактивної $\Delta V_{\text{Л}}$ енергій в лініях обчислюють наступним чином:

$$\Delta W_{\text{Л}} = 3 \cdot I_{\text{р.л}}^2 \cdot R_{\text{Л}} \cdot \tau \cdot 10^{-3}; \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (2.58)$$

$$\Delta V_{\text{Л}} = 3 \cdot I_{\text{р.л}}^2 \cdot X_{\text{Л}} \cdot \tau \cdot 10^{-3}; \text{ кВар} \cdot \text{год},$$

де $I_{\text{р.л}}$, $R_{\text{Л}}$, $X_{\text{Л}}$ - розрахунковий струм, активний і реактивний опір лінії.

Розглянемо розрахунок річних втрат енергії на прикладі трансформатора ТМ-1600/6. Інші розрахуємо аналогічно та занесемо дані в таблицю 2.10.

Річні витрати активної та реактивної енергій:

$$W_p = P_p \cdot T_M = 1316,7 \cdot 4200 = 5530140 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$V_p = Q_p \cdot T_M = 773,25 \cdot 4200 = 3247650 \text{ кВар} \cdot \text{год}$$

Час максимальних втрат:

$$\begin{aligned} \tau &= (0.124 + T_M \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0.124 + 4200 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 \\ &= 2592,4 \text{ год} \end{aligned}$$

Річні витрати активної та реактивної енергій:

$$\begin{aligned} \Delta W_{\text{тр}} &= \Delta P_x \cdot Y_p + \beta^2 \cdot \Delta P_K \cdot \tau = 3,7 \cdot 3,4 + 0,75^2 \cdot 18 \cdot 2592,4 \\ &= 26254,034 \text{ кВт} \cdot \text{год} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta V_{\text{тр}} &= \Delta Q_{\mu} \cdot T_p + \beta^2 \cdot \Delta Q_K \cdot \tau = 54,44 + 0,75^2 \cdot 88 \cdot 2592,4 \\ &= 1299629 \text{ кВар} \cdot \text{год} \end{aligned}$$

$$\Delta Q_{\mu} = (I_K^{\%}) \cdot \frac{S_H}{100} = 3,4 \cdot \frac{1600}{100} = 54,4 \text{ кВар}$$

$$\Delta Q_K = (U_K^{\%}) \cdot \frac{S_H}{100} = 5,5 \cdot \frac{1600}{100} = 88 \text{ кВар}$$

Витрати активної та реактивної енергій в лінії:

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta W_{\text{Л}} = 3 \cdot I_{\text{р.л}}^2 \cdot R_{\text{Л}} \cdot \tau \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 146,92^2 \cdot 0,86 \cdot 2592,4 \cdot 10^{-3}$$

$$= 144372,19 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\Delta V_{\text{Л}} = 3 \cdot I_{\text{р.л}}^2 \cdot X_{\text{Л}} \cdot \tau \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 146,92^2 \cdot 0,4 \cdot 2592,4 \cdot 10^{-3}$$

$$= 67149,85 \text{ кВар} \cdot \text{год}$$

Таблиця 2.10 Річні витрати електроенергії

Трансформатор	Річні витрати електроенергії					
	W _р кВт·год д	V _р кВар·год д	ΔW _{тр} кВт·год	ΔV _{тр} кВар·год	ΔW _Л кВт·год	ΔV _Л кВар·год д
ТМ-1600/6	5530140	3247650	26254,03 4	1299629	144372,1 9	67149,85
ТМ-2500/6	3121689,7	1976526,15	38068,03 9	1884462,0 5	209339,6 7	97967,28
ТМ-400/6	456036,49	328346,27	6908,95	342007,63	37995,67	17657,16
ТМ-400/6	480038,41	345627,65	7056,58	347567,36	38465,79	18058,23
ТМ-160/6	210816,86	126490,12	2875,63	127865,8	13865,47	6514,902
ТМ-1000/6	797503,81	1292052,16	17648,29	876356,65	98356,89	24856,35
ТМ-400/6	456036,49	328346,27	6908,95	342007,63	37995,67	17657,16
ТМ-160/6	364029,12	161980,96	3715,087	178546,67	20136,68	6645,45
ТМ-160/6	413910	289590	3865,52	10503,06	121996,0 9	5004,96
Всього:	1.183·10 ⁷	8.096·10 ⁶				

Висновки за розділом

За підсумком розділу було розраховано системо електропостачання Малинського гранітного кар'єру. Джерелом електропостачання кар'єру є підстанція п/сп «Пенізевиці» 110/10 кВ, яка виконує живлення ділянки повітряною лінією електропередач напругою 10 кВ. Повітряна лінія під'єднана до двох РП-10 кВ які живлять праве та ліве крила кар'єру.

Обчислення потужностей споживачів показали що сумарні навантаження правого та лівого крил кар'єру склали $P_p = 1316,7$ кВт, $Q_p = 773,25$ кВАр, та $P_p = 1319,45$ кВт, $Q_p = 1018,6$ кВАр відповідно. Для живлення ділянок обрано 2 силових трансформатори ТМ-2500/6 та ТМ-1600/6. Під час розрахунку компенсаційних установок визначено що до компенсації косинус скаладав 0,95 для обох крил кар'єру, а після розрахунку вдалося досягти значень у 0,971 та 0,979 для лівого та правого крил відповідно, що говорить про забезпечення достатнього рівня компенсації реактивної потужності.

Виконані розрахунки кабельної мережі підприємства на напруги 0,4 кВ та 6 кВ, було прийнято провідники марки А та ЕВТ. Виконана перевірка кабельних та повітряних ліній показала що вони відповідають усім вимогам до механічної міцності, економічної густини, втрат напруги та допустимому нагріву. Граничне значення розрахункових струмів не перевищило 220,7 А, а потужність трифазного короткого замикання 100 МВА.

Всі автоматичні вимикачі марки ВМПП, трансформатори струму типу ТПЛК були обрані за умови тривалої роботи (за номінальним струмом та напругою) і перевірені для режиму КЗ на термічну та динамічну стійкість, які задовольняють нормативним вимогам, забезпечуючи надійний захист споживачів. Використана комірка ЯКНО-6 для приєднання до внутрішньокар'єрної мережі 6кВ.

Величина річних витрат активної та реактивної потужності підприємства склала $W_p = 1,183 \cdot 10^7$ кВт · год; $V_p = 8,096 \cdot 10^6$ кВАр · год., а середньозважені показники $\cos\varphi_{\text{свз}} = 0,82$ та $\text{tg}\varphi_{\text{свз}} = 0,68$.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Аналіз наукових публікацій

Актуальною задачею у сфері імпульсних виконавчих органів гірничих машин є гасіння резонансних коливань, що спричинені вібраційними процесами в ході імпульсно-хвильового руйнування гірських порід їх виконавчими органами. В ході роботи базової машини та вкорінення інструменту в масив необхідно забезпечити постійне підтискання його до вибою, для цього необхідно використовувати адаптивні гідравлічні механізми подачі або так звані механізми гравітаційної подачі, які підвішують базову машину до робочих інструментів або виносних опорних елементів. Виникаючі раптові зміщення вибою, та послідуочі сили реакції зумовлюють великі навантаження на опорні елементи машини та інструмент, суттєво впливаючи на надійність їх роботи.

У роботі [11] розроблена електрогідравлічна система приводу гідромолота з модулями адаптації до умов робочого середовища. Така система аналізує та регулює силу зведення, зменшуючи ступінь стиснення газу в пневмоакумуляторі в момент збільшення величини вкорінення інструменту. Внаслідок цих процесів енергія заряду акумулятора зменшується, що допомагає зменшити динамічне навантаження на корпус і привод, а також знизити надмірні енергетичні витрати при роботі гідромолота.

Результати моделювання показали, що контрольований діапазон енергії заряду за рахунок ходу сполученого ударника і клапана становить 1,7... 3.05 кДж, а об'єм камери пневмоакумулятора склав 2.6...3.05 кДж.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Биков К.В.			СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	Літ.	Арк.	Архувів
Перевір.							60	
Реценз.						ІЕЕ ОА-п11		
Н. Контр.								
Затверд.		Сліденко В.М.						

У рамках промислового випробування електрогідравлічної імпульсної системи, що впливає безпосередньо з поверхні на пластову систему нафтової свердловини, було проведено дослідження і встановлено час стабілізації коливань у межах 10-15 секунд, що важливо для визначення параметрів управління процесом адаптації. У результаті обробки низькодебітних нафтових свердловин ГІС безпосередньо з поверхні протягом 8 годин було досягнуто 20 %..30 %-ве поліпшення ефективності видобутку.

Слід згадати і роботу [12] у якій проведено дослідження адаптації гідромолота імпульсно-хвильовим пристроєм подачі – гідравлічним мультиплікатором тиску. Розглянуто систему у якій гідромолот монтується на стрілове робоче обладнання машини. Робочий цикл такої системи характеризується основними етапами позиціонування та ударної взаємодії. На етапі позиціонування інструмент гідромолота спрямовується на об'єкт, а маніпулятор створює зусилля подачі. Для забезпечення енергоощадного режиму роботи та зниження динамічного навантаження за рахунок кутового переміщення маніпулятора відносно кінця, що потенційно перекидається, між маніпулятором 1 і гідромолотом 2 введено силову ланку 3 з гідроциліндром 4 для переміщення гідромолота 2 уздовж його осі, за напрямними (рис. 3.1).

Для створення необхідного тиску гідромолота площа поршня подавального гідроциліндра 4 і тиск у його порожнині обмежені умовами, за яких не допускаються кутові коливання, пов'язані з підвіскою маніпулятора. Для забезпечення необхідної швидкості руху гідромолота під час швидкого і глибокого занурення інструменту в породу за величиною h_i передбачено мультиплікатор 5 з камерою 6, заповненою газом і з'єднаною з лінією нагнітання для збільшення витрати рідини. У разі використання такого пристрою забезпечується постійне зусилля подачі за будь-якого кута нахилу гідромолота, а енергія реакції віддачі, спрямована проти вибою, поглинається мультиплікатором 5 завдяки руху його поршня і підвищеного тиску в газовій камері 6. Накопичена енергія повертається для стабілізації головки гідромолота.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

У результаті проведеного дослідження визначено що приводи мультиплікаторної дії значно підвищують продуктивність гірничого обладнання. Мультиплікація тиску реалізується на всьому діапазоні ходу штока циліндра, що суттєво підвищує силову спроможність у випадку коли потрібно активно підтиснути інструмент, або при застряганні ковша екскаватора при руйнуванні міцної гірської породи.

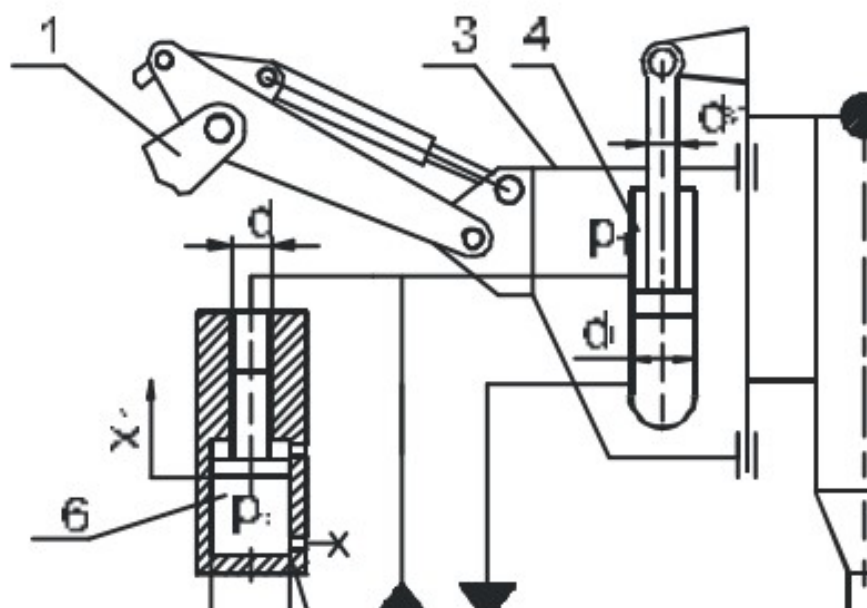


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема енергоощадного механізму подачі:

- 1 - маніпулятор; 2- гідромолот; 3 - силова ланка; 4 –гідроциліндр;
5 - мультиплікатор; 6 – камера

3.2. Патентний пошук

Патент України UA № № 28444, B25D 9/00. Гідроударний пристрій. Автори: Сліденко В.М., Лесик В.С., Шевчук С.П., Лістовщик Л.К.

Гідромолот містить гідравлічний пристрій адаптивного керування, з камерами, які зв'язані із зливною магістраллю, камеру демпфірування та стандартні послідовно з'єднані бойок, інструмент та пневмоакумулятор.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Пневмоакумулятор в свою чергу має додаткову камеру яка збільшує, або зменшує його об'єм. В камері акумулятора розташований поршень для врівноваження тиску газу акумулятора і тиску рідини з напірної лінії. Слід зазначити що рух поршня залежить від зміни тиску рідини камери демпфірування. Дана конструкція дозволяє регулювати енергію заряду акумулятора за допомогою поршня в залежності від зміни тиску в камері демпфірування. Таке рішення забезпечує рівномірність використання енергії гідромолота, підвищується продуктивність та знижується енергоємність процесу руйнування.

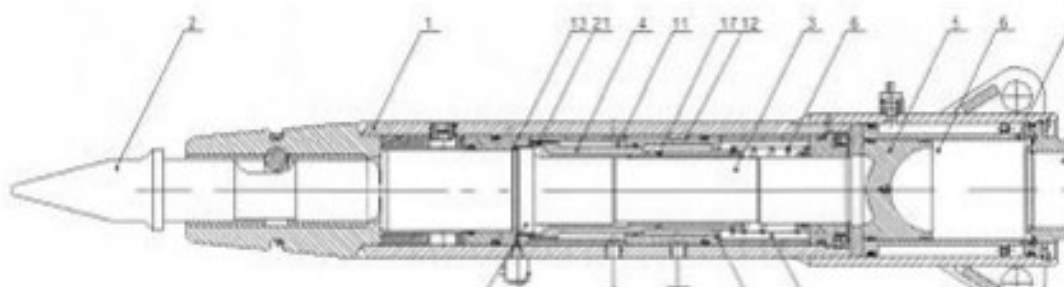


Рисунок 3.2 –Гідроударний пристрій: 1- корпус; 2-інструмент; 3- бойок; 4- клапан; 5- поршень; 6- стакан; 7- пружина; 8- акумулятор; 9- додаткова камера; 10- поршень; 11- нагнітальна порожнина; 12- зливна порожнина; 13- камера демпфірування; 14- блок автоматичного керування; 15- нагнітальна лінія; 16- керований зворотний клапан; 17- дросель; 18- датчик тиску; 19- нагнітальна магістраль; 20- зливна магістраль; 21,22- буртик; 20- клапан

Патент України UA № 18106, МПК В25D9/00, В25D17/00. Пневматичний молоток з амортизуючим пристроєм. Автори: Рутковський О. Ю., Сурело В. О., Мулов Д. В., Коробейников Ю. В.

Пневматичний молоток, в якому встановлений додатковий амортизуючий пристрій. Пристрій включає в себе корпус, в якому розташовується ударний вузол, порожниста рукоятка, в якій розміщений стакан ударного вузла. Сам стакан жорстко закріплений відносно корпусу. Конструктивна відмінність приладу полягає у тому що в порожнині рукоятки встановлений канатний віброізолятор, який складається з двох жорстко закріплених канатів на опорних площадках, при цьому одна з них взаємодіє з торцем стакана ударного вузла через

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

антифрикційну шайбу. Крім того віброізолятор має пружини, щот орцями взаємодіють з опорними площадками, а на зворотній стороні встановлений буфер з пружиною, один торець якої впирається у площадку, інший же в шайбу на кінці пускового клапана. Такий буфер взаємодіє з дном порожнини рукоятки. Задача полягає у гасінні резонансних коливань за умов зниження вібрацій в широкому діапазоні частот, що допоможе підвищити якість роботи з інструментом.

Патент України UA № 102864, МПКВ25D 17/00. Гідропневмомолот з антирезонансним пристроєм. Автори: Сліденко В.М., Переверзева Г.О., Лістовщик Л.К., Лесик В.С.

Розроблений гідропневмомолот відрізняється встановленим антирезонансним пристроєм, який виконує функцію віброзахисту корпусу. Антирезонансний пристрій конструктивно складається з пружинно-масового динамічного віброгасника, регульованого пакета пружин плунжера. Пакет пружин забезпечує динамічне віброгасіння. Принцип роботи антирезонансного пристрою полягає у тому, що під час холостих та робочих циклів роботи гідромолота плунжер 13 встановленого пристрою починає коливатися синхронно частоті коливань корпусу. Це забезпечується підбором маси плунжера та пакету пружин 14. Пакет пружин діє на корпус гідропневмомолота з силою, яка рівна змушуючій силі за модулем, але протилежній за напрямком, за рахунок чого і забезпечується згладжування вібрацій.

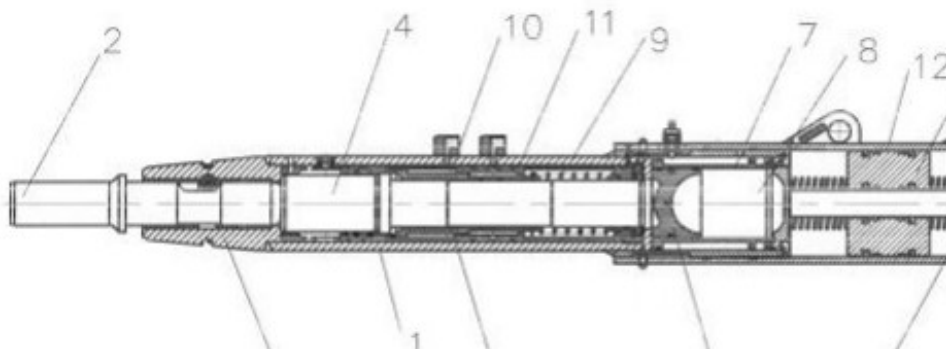


Рисунок 3.3 – Гідромолот з антирезонансним пристроєм: 1- корпус; 2- інструмент; 3- утримувач; 4- бойок; 5- клапан; 6- поршень; 7- стакан; 8- акумулятор; 9- пружина; 10- нагнітальна порожнина; 11- зливна порожнина; 12- торцева частина корпусу; 13- плунжер; 14- пакет пружин; 15- упор.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Патент України UA № 35067, МПКВ25D9/00. Гідромолот. Автори: Сліденко В.М., Шевчук С.П., Лістовщик Л.К., Лесик В.С.

Метою даної корисної моделі є зменшення впливу віддачі на інструмент, з одночасним підвищенням ефективності гідромолота за рахунок використання додаткового ударника з демпфером для рекуперації енергії удару. Серед недоліків пристрою є велика віддача на етапі удару та холостого ходу бойка, а також втрати у передачі енергії удару в гірський масив при відскоку інструменту.

Гідравлічний молот складається з корпусу 1, золотника 2, з'єданого з бойком 3 через демпфер 4, інструмента 5 і фазозсувного золотника 6, який періодично з'єднує розгінну камеру 9 або з напірною лінією 10, або зі зливною лінією 11, у вихідному положенні фазозсувний золотник притиснутий до торця пружиною 7. Він утримується на місці і має зарядну камеру 8, постійно з'єдану зі зливною лінією 10, і контрольну камеру 13, циклічно з'єдану із зарядною камерою 8. Робоча рідина під тиском з камери управління 13 через канал управління 12 впливає на золотник 7, змушуючи його переключитися в інше положення. У вихідному положенні ударник 3 притиснутий до інструменту 5. Робоча рідина під тиском надходить із насоса в нагнітальний канал 10, через нього в розгінну камеру 9, через зазор, утворений між фазозсувним золотником 6 і корпусом 1, у зливний канал 11 і далі в бак. Під час притискання гідромолота до масиву інструмент 5 ініціює рух бойка 3, виводячи золотник 2 з мертвої зони. Під дією тиску в заливній камері 8 золотник 2 починає відходити від інструмента 5 разом із бойком 3, ізолюючи заливну камеру 8 від зливної лінії 10. У цей час рідина в розгінній камері 9 виштовхується через зазор і зливну лінію 11 у резервуар. Подальший рух золотника 2 під дією бойка 3 з'єднує камеру змішування 8 з камерою управління 13. У цей самий час рідина під тиском надходить у лінію управління і штовхає пружину 7, змушуючи золотник 6 переміститися в інше положення. Фазозсувний золотник 6 з'єднує нагнітальний трубопровід 10 з камерою прискорення 9. У результаті золотник 2 з бойком гальмується і в підсумку починає рухатися з прискоренням до інструменту 5. Потім з'єднання між змішувальною камерою 8 і камерою управління 13

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

розривається, фазозсувний золотник 6 під дією пружини 7 повертається у вихідне положення, прискорювальна камера 9 з'єднується з нагнітальним трубопроводом 11, унаслідок чого ударник 3 за інерцією переміщується разом із золотником 2. Ударник 3 завдає удару по інструменту 5. Потім цикл повторюється, коли гідравлічний молот притискається до породи.

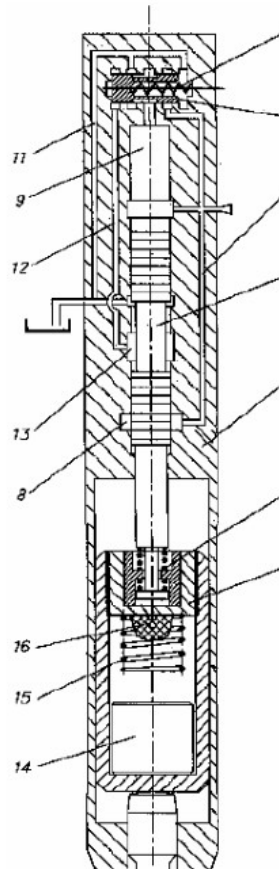


Рисунок 3.4 – Гідромолот: 1- корпус; 2-золотник; 3- бойок; 4- демпфер; 5- інструмент; 6- золотник фазових переключень; 7- пружина; 8- камера зведення; 9- камера розгону; 10- напірна магістраль ; 11- зливна магістраль; 12- канал управління; 13- камера управління; 14- ударник; 15- пружний рекуперативний елемент; 16- дисипативний обмежувач

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

3.3. Аналіз джерел з мережі Інтернет

Проаналізувавши сучасний ринок гідромолотів можна виділити те, що їх поділяють на декілька груп за їх максимальною силою удару, та масою обладнання, на яке може встановлюватися інструмент. Класифікація досить проста: легкі (до 1.5 кДж), середні (від 1.5 кДж до 3.5 кДж), важкі (3.5 кДж і більше). Застосування легких гідромолотів досить широке, і враховуючи їх невеликі габарити – їх можна використовувати в тісних умовах міста, задля дорожніх та будівельних робіт які не потребують великого об'єму робіт. Можна сказати що вони використовуються там, де необхідна висока мобільність, компактність та точність роботи.

Гідромолоти виробника SOOSANSQ 10 відносять до серії легких та застосовуються для ремонтних та будівельних робіт у місцях, де обмежений доступ техніки. Завдяки своїй конструкції можуть працювати в будь-якому положенні, навіть горизонтальному. Модель є відносно тихою, що є значною перевагою, її гучність не перевищує 105 дБ. Акумулятор гідромолота зменшує нерівномірність тиску в гідравлічному колі, знижений тиск сальника дозволяє продовжити термін роботи гідромолота[13].



Рисунок 3.5 – Гідромолот SOOSAN SQ10

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Таблиця 3.1 Технічні характеристики SOOSAN SQ10

Вага гідромолота	104 кг
Вага екскаватора	0.8-2.5 т
Діаметр інструменту	40 мм
Робочий тиск	120 бар
Частота ударів	1530 уд./хв.
Сила удару	0.2 кДж
Витрата олії	35 л/хв

Гідравлічний молот середнього типу JCB HM049T - це навісне обладнання, що встановлюється на екскаватори замість ковшів. Ці гідравлічні системи JCB широко використовуються в будівництві, під час знесення будівель, споруд та їхніх фундаментів, розрізання бітумних покриттів, руйнування поперечних перерізів мостів, вирівнювання ґрунту, риття котлованів і прокладання трубопроводів.

Регулятори ходу, встановлені на відбійних молотках HM049T і вище, дозволяють оператору регулювати швидкість руху інструменту і довжину ходу для підвищення продуктивності та зниження ризику пошкодження відбійного молотка або кріплення. Двошвидкісне керування дозволяє адаптувати частоту для будь-якого застосування для підвищення продуктивності. Щоб зменшити кількість холостих пострілів, передбачена функція автоматичної зупинки. Гумові буфери VibroIsolation поглинають удари, мінімізуючи пошкодження обладнання та підвищують довговічність носія [14].

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68



Рисунок 3.6 – Гідромолот JCBHM049T

Таблиця 3.2 Технічні характеристики JCBHM049T

Вага гідромолота	420 кг
Вага екскаватора	4.5-8 т
Діаметр інструменту	80 мм
Робочий тиск	140-170 бар
Частота ударів	400-800 уд/хв
Сила удару	1.80 кДж
Витрата олії	38-85 л/хв

Гідравлічні молоти марки Rhino 135 є прикладом важкогочасу таможуть використовуватися на будь-яких моделях гідравлічних екскаваторів, а також інших гідравлічних машинах. Застосування гідромолоти цієї моделі знайшли в дорожніх, кар'єрних та тунельних видах робіт. За наявності відповідного змінного інструменту можуть бути застосовані для вирівнювання ґрунтів, забивання стійок в ґрунти та інших конструкцій. Сучасні гідромолоти RHINO 135 конструктивно оснащені механізмом захисту від холостого удару, що дає змогу подовжити термін служби найбільш важливих частин; механізму гідромолота, циліндра і

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

бойка. Вони мають закритий корпус для запобігання пошкодженню механізму гідромолота, а також для зменшення шуму і вібрації завдяки високоякісним демпферам спеціальної форми [15].



Рисунок 3.7 – Гідромолот Rhino 135

Таблиця 3.3 Технічні характеристики Rhino 135

Вага гідромолота	1893 кг
Вага екскаватора	18-26 т
Діаметр інструменту	135 мм
Робочий тиск	160-180 бар
Частота ударів	400-800 уд/хв
Сила удару	6.83 кДж
Витрата олії	130-150 л/хв

Гідромолоти марки BROKK відрізняються тим, що використовуються на спеціальних роботизованих комплексах, що дозволяють виконувати роботи по

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

демонтажу в надважких умовах та тонелебудуванні. Такі комплекси використовують з використанням дистанційного керування. Досить потужні технічні характеристики дозволяють проводити великий об'єм робіт, при цьому даючи змогу керувати гідромолотом на відстані. Найбільш потужним з лінійки даних гідромолотів є BROKKBHB 1500, технічні характеристики якого вказані нижче (табл. 3.4) [16].



Рисунок 3.8 – Гідромолот BHB 1500

Таблиця 3.4 Технічні характеристики BHB 1500

Вага гідромолота	1500 кг
Тип робота	BROKKB 900
Діаметр інструменту	135 мм
Робочий тиск	185 бар
Частота ударів	330-680 уд/хв
Сила удару	3.05 кДж
Витрата олії	120-155 л/хв

3.4. Опис конструкції та принципу дії енергопоглинаючого амортизатора та гідромолота з електрогідравлічним керуванням

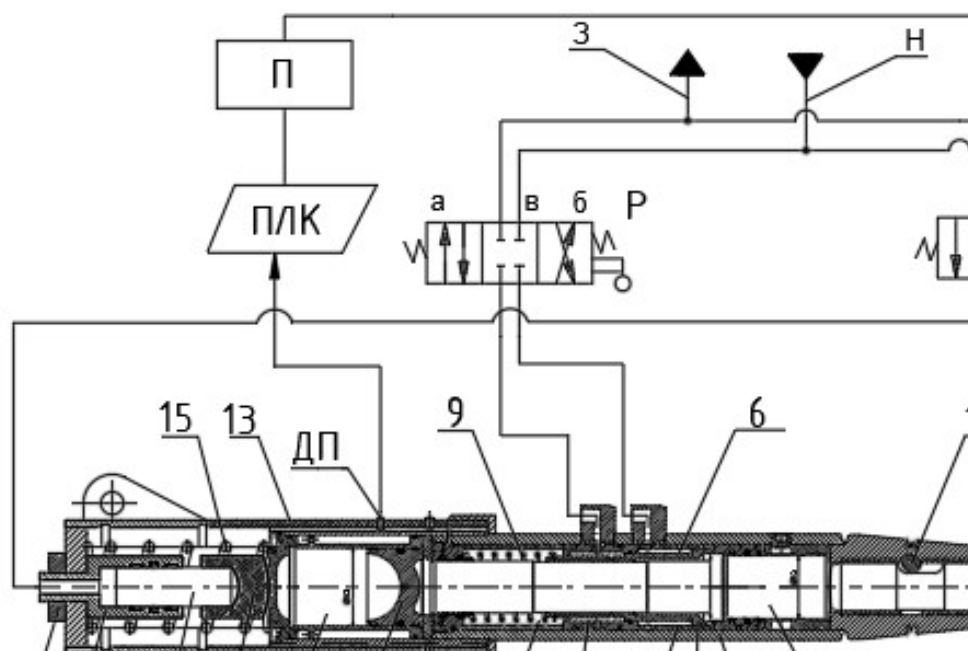


Рисунок 3.8 – Гідромолот з енергопоглинаючим амортизатором та електрогідравлічним керуванням: 1- корпус; 2-інструмент; 3- бойок; 4- клапан; 5- втулка; 6- камера нагнітання; 7- камера зливу; 8- камера реверсу бойка; 9- пружина реверсу бойка; 10- елемент клапана направляючий ; 11- поршень (шліцевого пневмоакумулятора); 12- камера пневмоакумулятора; 13- корпус податчика амортизатора; 14- демпфер амортизатора; 15- пружина амортизатора; 16- шток; 17- вставка направляюча; 18- гайка; 19- фіксатор; П- підсилювач; ПЕМК- пілотний електромагнітний клапан; ПЛК- програмований логічний контролер; Р- розподільник; ДП- датчик переміщення.

Гідромолот складається з корпусу 1 та послідовно з'єднаних бойка 3 та інструмента 2 та клапана 4. Бойок гідромолота 3 має пружину реверсу 9, яка знаходиться в камері реверсу бойка 8. Торцева частина бойка 3 має контакт з поршнем пневмоакумулятора 11. Подача і злив рідини відбувається через лінії зливу (З) та нагнітання (Н) за допомогою розподільвача (Р), що має 3 позиції

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

відповідно: а- робоча б- нейтральна в-промивка. Рідина нагнітається в камеру нагнітання 6, а злив рідини здійснюється з камери реверсу 8, яка знаходиться в зоні розташування пружини 9 між корпусом 1 і бойком 3. Переміщення інструменту 2 гідравлічного молота обмежується фіксатором 19. Фіксація величини зміщення бойка виконується датчиком переміщення (ДП), і ця інформація приходить на програмований логічний контролер (ПЛК) та передається на пілотний електромагнітний клапан (ПЕМК), який регулює подачу рідини до штоку 16 енергопоглинаючого амортизатора.

В початковому положенні рідина, надходячи в камеру нагнітання 6 із лінії нагнітання (Н), проходить через розподілювач Р, секція б якого знаходиться в робочому положенні, і через радіальні отвори, камеру зливу 7 зливається в лінію нагнітання. При підтискуванні інструмента 2 гідромолота до вибою, торець бойка 3 спрягається з конусною частиною клапана 4 і перекриває злив рідини. Тиск в камері нагнітання наростає, спряжені бойок 3 і клапан 4 переміщуються до контакту з поршнем акумулятора 11. Величина тиску на початку переміщення визначається опором пружини реверсу бойка 9 та тиском акумулятора 12. Переміщення спряжених бойка і клапана здійснюється на величину, при якій отвір камери зливу 7 перекривається втулкою 5. В цей момент рідина затримується в камері реверсу бойка 8 різко перекривається і в камері реверсу виникає гідроудар. Сила гідравлічного удару визначається кінетичною енергією, що накопичена спряженими бойком і клапаном на момент перекриття витoku рідини із камери реверсу бойка [17].

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

3.4.1 Енергопоглинаючий амортизатор гідромолота

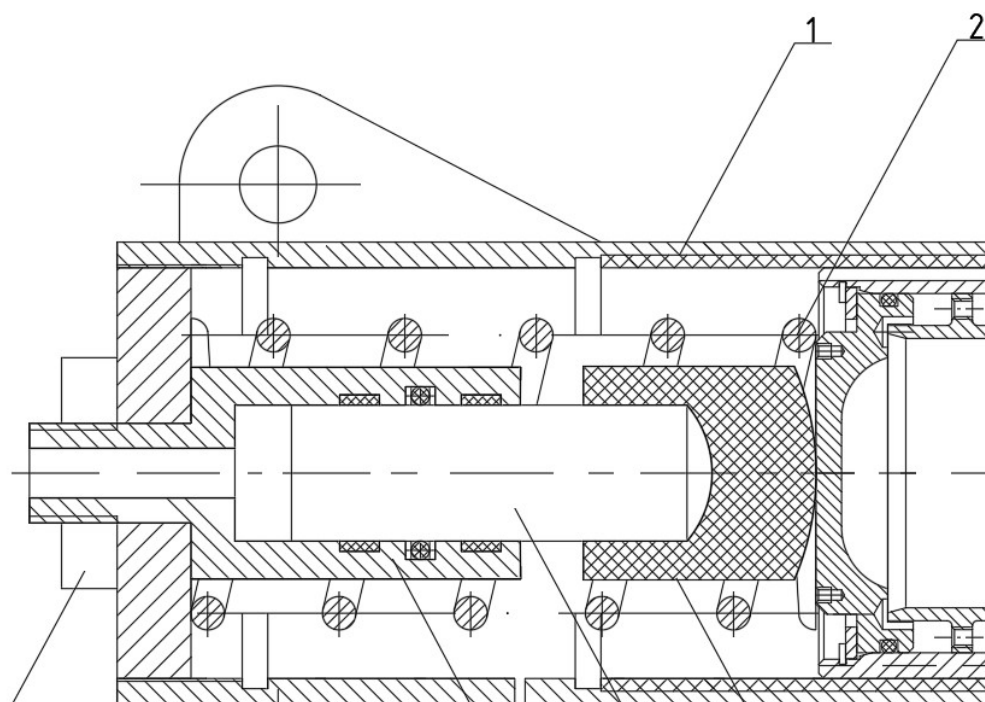


Рисунок 3.9 – Податчик-амортизатор гідромолота: 1- корпус; 2-пружина амортизатора; 3- камера пневмоакумулятора; 4- гайка; 5- направляюча вставка; 6- шток; 7- демпфер

Податчик-амортизатор, що використаний для зменшення ударного навантаження та зниження впливу вимушених коливань та вібрацій, що виникають в ході періодичних імпульсів при роботі гідромолота, на робочий орган машини складається з корпусу 1 та витієї пружини 2 з демпфером 7, який виконаний з еластичного матеріалу, та має здібність до великої зворотної деформації, що дозволяє додатково гасити віддачу гідромолота та згладити вібраційне навантаження. Демпфуючий елемент закріплений на штоку 6, який в свою чергу розміщений в направляючій вставці 5. На додачу, амортизатор в процесі роботи забезпечує пружне підтискування гідромолота до вибою в діапазоні низькоамплітудних переміщень[17].

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

3.4.2. Електрогідравлічна адаптація

До системи електрогідравлічної адаптації входить таке обладнання як ПЕМК та ПЛК. Тож доцільно буде обрати відповідні пристрої, аби забезпечити оптимальний режим функціонування адаптивної системи керування гідроімпульсною системою. Типорозміри розподільника та ПЕМК підбираються за максимальним значенням тиску p_{\max} та витрати рідини Q_{\max} в гідролінії системи гідромолота[18].

Вибір гідравлічного розподільника

Серед запропонованих до встановлення у систему електрогідравлічної адаптації приладів є трьохпозиційний гідророзподільювач 4WE-10E фірми Oleodinamica Mozioni. Застосування даного приладу полягає у зміні напрямку потоку робочої рідини у гідролінії. Даний розподільник має електрогідравлічне керування, тобто керуючий сигнал на зміну напрямку робочої рідини подається на котушку розподільника. Лінія P (рис. 3.10) відповідає за підведення рідини, А і В – злив. Золотник 2 розподіляє потоки рідини від сигналу електромагнітів 3. Пружина 4 повертає золотник у вихідне положення, а кнопка 5 переміщує золотник в ручному режимі, коли електромагніт знеструмлений. Нижче наведені технічні характеристики розподільника (табл. 3.5)[19, 20].

Таблиця 3.5 Технічні характеристики гідророзподільника

Максимальний тиск, бар	315
Максимальна витрата, л/хв	120
Гідравлічна схема	E
Робоча напруга, В	12/24

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

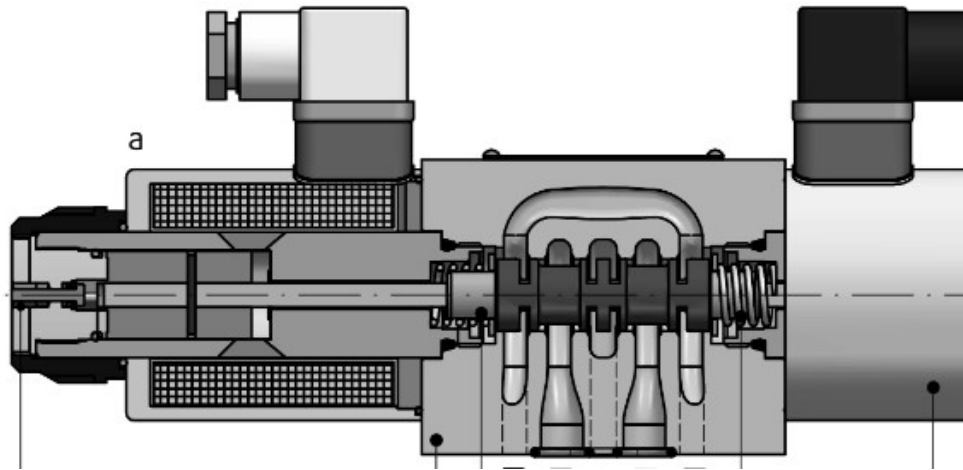


Рисунок 3.10 – Електромагнітний розподільник 4WE-10E: 1- корпус;
2- золотник; 3- електромагніт; 4- пружина; 5-кнопка

Вибір програмованого логічного контролера

Панель оператора TP04P 22XA1R з вбудованим програмованим логічним контролером дозволить забезпечити процес керування гідравлічною системою гідромолота. Прилад спроможний фіксувати дані з різноманітних датчиків, в тому числі і датчика переміщення, та давати керуючі сигнали на пілотний електромагнітний клапан, для регулювання подачі рідини та забезпечення оптимального режиму роботи гідромолота. Панель має вбудований текстографічний термінал для контролю параметрів системи та ручного керування режимами роботи. Пристрій має 8 КБ пам'яті для зберігання програм, а також має можливість комунікаційними інтерфейсами RS-232 та RS-485, що робить його сумісним з багатьма іншими приладами [21].



Рисунок 3.12 – Панель оператора TR04P 22XA1

Таблиця 3.7 Технічні характеристики TR04P 22XA1

Робоча напруга, В	24
Тип вбудованого ПЛК	DVP-SS2
Flashпам'ять, Мб	1
К-ть дискретних входів/виходів	8/4
К-ть аналогових входів/виходів	8/2
Робочі температури, ° С	0 ... 50
Ступінь захисту	IP65

Висновки

1. Аналіз сучасних рішень, щодо проблематики гасіння коливань задля підвищення ефективності та безпеки роботи ударних пристроїв дозволив зробити висновок, що одним із провідних шляхів забезпечення ефективності роботи ударних систем є їх спроможність гасити вимушені коливання та вібрації під час роботи, а також ситуативно регулювати подачу рідини в систему задля нівелювання надлишкових втрат енергії та підвищення надійності роботи обладнання. Такі адаптивні системи дозволяють знижувати вплив резонансних коливань в широкому діапазоні частот, що також є ефективним методом зниження впливу вібрацій, як на робочий орган машини, так і на організм людини. Серед зазначених рішень наявні гідромолоти з встановленими антирезонансними пристроями та регульованими пакетами пружин, які забезпечують динамічне гасіння коливань. Світові виробники гідромолотів, такі як JCB та Rhino інтегрують в конструкції гідромолотів системи віброізоляції, у вигляді демпферів, та системи захисту від холостих ударів задля підвищення довговічності носія та самого гідромолота.

2. Проведений опис принципу роботи гідромолота з електрогідравлічною адаптацією. Така гідросистема дозволяє керувати подачею рідини на податчик-амортизатор, який в свою чергу дозволяє в момент удару гасити віддачу, що виникає при співударі інструменту гідромолота з гірським масивом та підтискати його до породи. Керування системою відбувається через програмований логічний контролер та електромагнітний клапан (розподільника). Запропоноване використання двопозиційного електромагнітного клапана марки 4WE-10E, з максимальним тиском 31,5 МПа та витратою рідини у 120 л/хв, що відповідає номінальним характеристикам гідромолота. Обрана панель оператора марки TP04P 22XA1 дозволить контролювати параметри в гідросистемі, а також давати керуючі сигнали на електромагнітний клапан для зливу та нагнітання рідини в систему

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

4.1 Визначення енергетичних характеристик пневмоакумулятора

Пневмоакумулятор, в складі гідромолота, складається з корпусу 1, поршня 2, циліндра поршня 3 (рис. 4.1). На поршень діє бойок 4, а на корпус 1 діє амортизаційний елемент 5. Пневмокамера 6 змінює свій об'єм при русі поршня 2 під дією бойка 4 при його зведенні. При переміщенні поршня тиск газу в камері зростає, що дозволяє збільшити ефективність роботи інструменту для подальшого руйнування масиву. Якщо ж міцність гірського масиву знижується, то ця інформація обробляється програмованим логічним контролером (ПЛК) та передається сигнал на електромагнітний клапан, який регулює подачу рідини в гідросистемі, та знижує її.

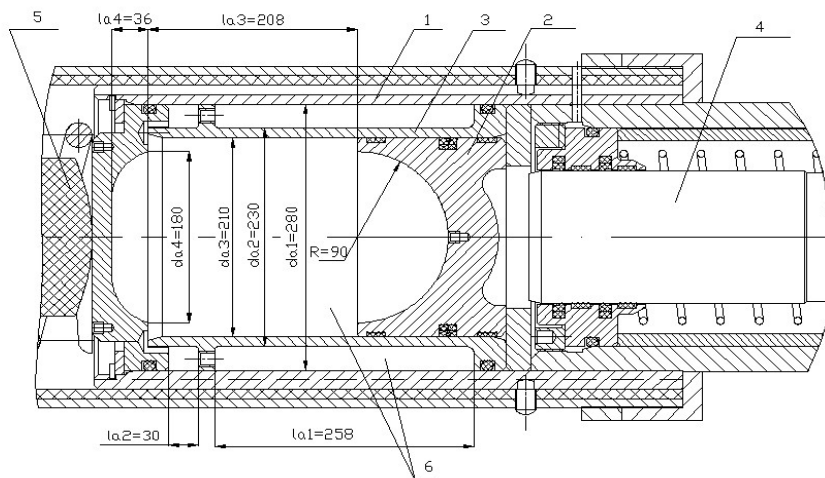


Рисунок 4.1 – Параметризована конструктивна схема камери пневмоакумулятора гідромолота: 1 – корпус; 2-поршень пневмоакумулятора; 3- циліндр поршня; 4- бойок ; 5- амортизаційний елемент; 6- пневмокамера.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Биков К.В.				ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.							80	
Реценз.						ІЕЕ ОА-п11		
Н. Контр.								
Затверд.	Сліденко В.М.							

Геометричні параметри пневмоакумулятора наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри пневмоакумулятора

Діаметр	Значення, м	Довжина	Значення, м
d_{a1}	0,28	l_{a1}	0,258
d_{a2}	0,23	l_{a2}	0,030
d_{a3}	0,21	l_{a3}	0,206
d_{a4}	0,18	l_{a4}	0,036
R	0,09	x	0,..., 0.2

Початковий тиск зарядки: $p_{a0}=1,0$ МПа.

..Для політропічного процесу стиснення газу поточний тиск в камері пневмоакумулятора[22]:

$$p_a(x) = p_{a0} \left(\frac{V_{a0}}{V_{a0} - S_a \cdot x} \right)^n \quad (4.1)$$

де, S_a - площа поршня 2 акумулятора; p_{a0} , V_{a0} , – початкові тиск та об'єм камери б; n – показник політропи (для процесу політропічного стиснення газу, приймаємо $n = 1,3$); ступінь стиснення газу[22]:

$$e(x) = p_{at}/p_{a0} = \left(\frac{V_{a0}}{V_{a0} - S_a \cdot x} \right)^n \quad (4.2)$$

Енергія зарядки пневмоакумулятора в процесі зведення бойка:

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

$$L(x) = \frac{p_{a0} \cdot V_{a0}}{n-1} \cdot \left(e(x)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right) \quad (4.3)$$

Вхідні дані: (табл.1); $p_{a0} = 1,0 \cdot 10^6 \text{Па}$.

$V_{a0} = \frac{2}{3} \pi \cdot R^3 + \pi \cdot \frac{d_{a1}^2 - d_{a2}^2}{4} \cdot (l_{a1} + l_{a2}) + \frac{\pi \cdot d_{a3}^2}{4} \cdot l_{a3} + \frac{\pi \cdot d_{a4}^2}{4} \cdot l_{a4}$ – максимальний початковий об'єм камери пневмоакумулятора; $S_a = \frac{\pi \cdot d_{a3}^2}{4}$ - площа торцевої частини поршня пневмоакумулятора; $n=1,3$ – показник політропи; $l_{зв} = x$ – величина зведення поршня пневмоакумулятора.

Розрахунок енергетичних параметрів пневмоакумулятора:

1. Початковий об'єм камери пневмоакумулятора:

$$V_{a0} = \frac{2}{3} \pi \cdot R^3 + \pi \cdot \frac{d_{a1}^2 - d_{a2}^2}{4} \cdot (l_{a1} + l_{a2}) + \frac{\pi \cdot d_{a3}^2}{4} \cdot l_{a3} + \frac{\pi \cdot d_{a4}^2}{4} \cdot l_{a4} = 0.015 \text{ м}^3$$

2. Площа торцевої частини поршня пневмоакумулятора:

$$S_a = \frac{\pi \cdot d_{a3}^2}{4} = 0,35 \text{ м}^2$$

3. Визначення ступеня стиснення газу та енергії зарядки пневмоакумулятора без застосування адаптації:

Для того аби визначити поточний тиск газу в системі, при зведенні бойка, скористаємось формулою (4.1). Із побудованого графіку видно що найбільший тиск при максимальному зведенні бойка $x_{зв}=0,08$ м складає $p_a= 1.295 \cdot 10^6 \text{ Па}$.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

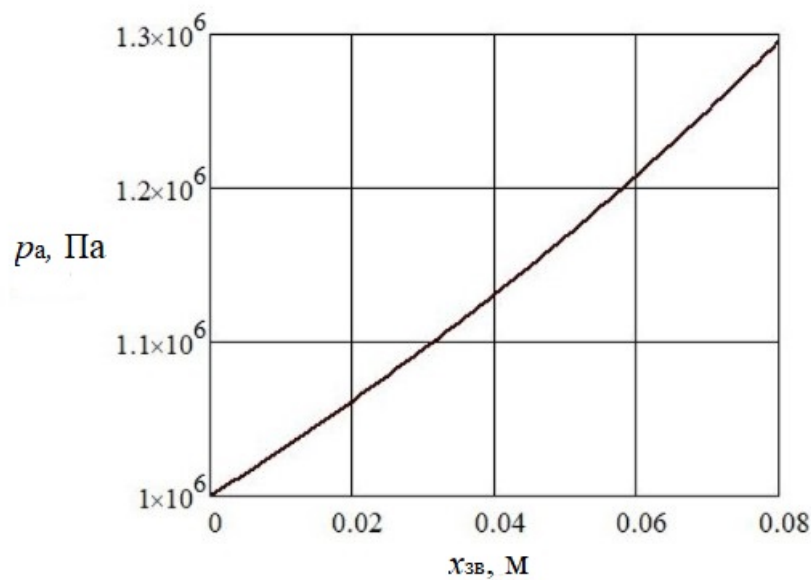


Рисунок 4.2 - Графік залежності поточного значення тиску в пневмоакумуляторі p_a від величини зведення бойка x_{zv}

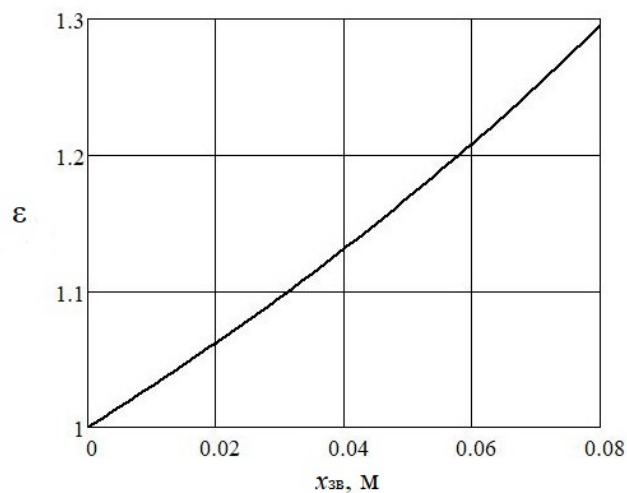


Рисунок 4.3 - Графік залежності ступеня стиснення газу в пневмоакумуляторі ϵ від величини зведення бойка x_{zv}

Також наведено графік ступеню стиснення газу в акумуляторі який показує у скільки разів газ стиснувся при зведенні бойка гідромолота. Скориставшись формулою (4.2) визначено, що найбільшим показником даного графіку при

максимальному зведенні бойка $x_{зв} = 0,08$ м $\epsilon \epsilon = 1.295$, тобто газ стискається трохи менше аніж у 1,5 рази.

Скориставшись формулою (4.3) визначимо енергію заряду пневмоакумулятора. Максимальне реальне переміщення поршня, враховуючи зазор $x_3 = 0,03$ м, дорівнює:

$$x_{\text{пш}} = x_{зв} - x_3 \quad (4.4)$$

Згідно графіку енергія заряду пневмоакумулятора при максимальному реальному переміщенні поршня акумулятора $x_{\text{пш}} = 0,05$ м склала $L(0.05) = 1.87$ кДж. Не менш важливим було створення комбінованого графіку, де показана ступінь стиснення газу та енергія зарядки пневмоакумулятора, для наочного розуміння взаємозв'язку між цими двома величинами.

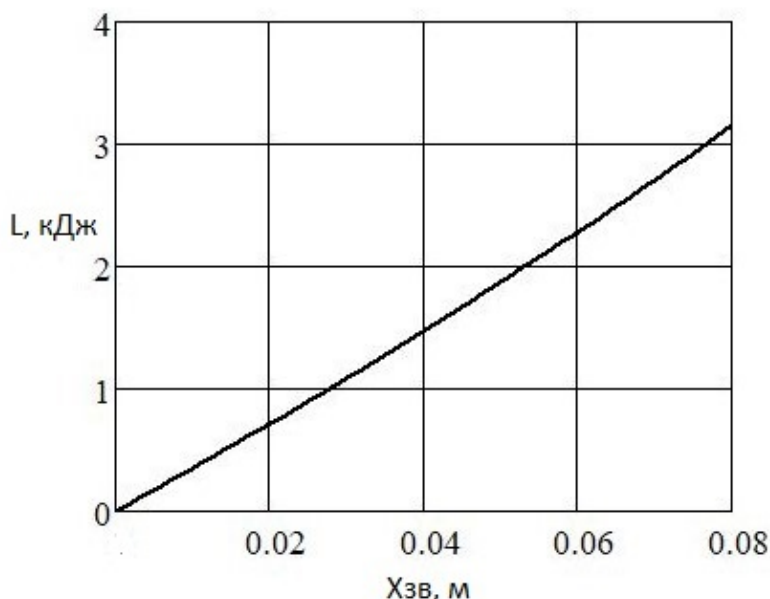


Рисунок 4.4 - Графік залежності енергії заряду акумулятора L_x від величини зведення бойка $x_{зв}$

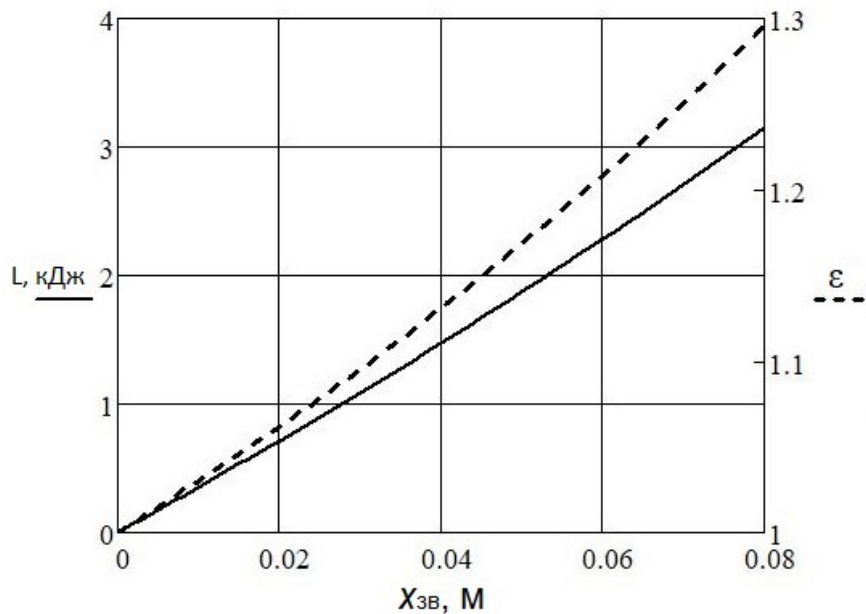


Рисунок 4.5 - Графік залежності енергії заряду акумулятора L_x та ступеню стиснення газу ϵ від величини зведення бойка x_{zv}

У роботі [23] досліджено що у фазі ударної взаємодії її можна розділити на ще дві фази: фазу розгону бойка вниз і його удару у гірський масив з послідуочим виникненням віддачі у результаті генерації ударно-хвильової дії на масив. Однак це не єдина ситуація коли виникає віддача, у роботі [24] вказано, що максимальний вплив віддачі на корпус гідромолота досягається саме в процесі розгону бойка. Отже, сукупність цих взаємопов'язаних динамічних процесів суттєво впливають на стабільність та ефективність роботи гідромолота.

Сила віддачі визначається таким співвідношенням [23]:

$$F_a(x) = p_a(x) \cdot S_a. \quad (4.5)$$

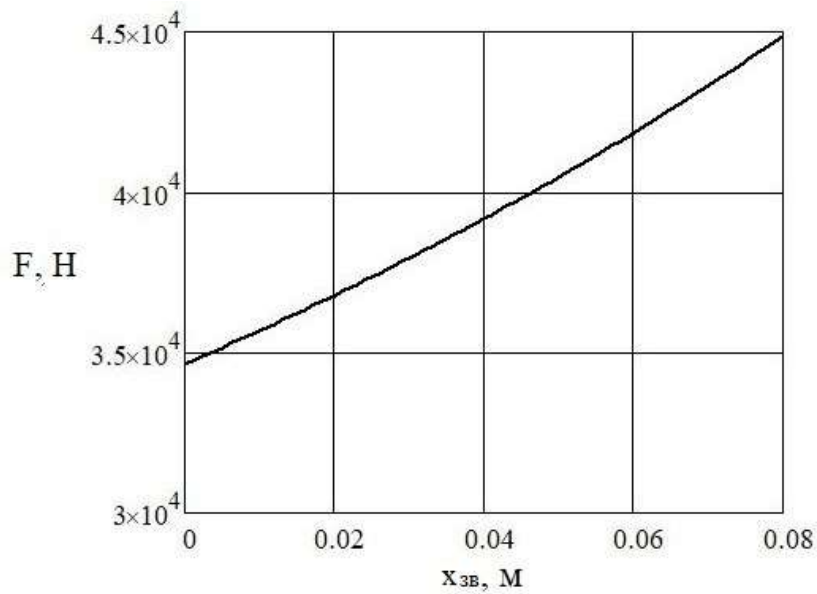


Рисунок 4.6 - Графік залежності сили віддачі F_x від величини зведення бойка x_{zv}

Із графіку видно, що максимальне значення реакції віддачі $F(0,08) = 4.047 \cdot 10^4$ Н спостерігається саме при максимальному зведенні бойка, у процесі його розгону.

4.2 Встановлення параметрів пружини амортизатора

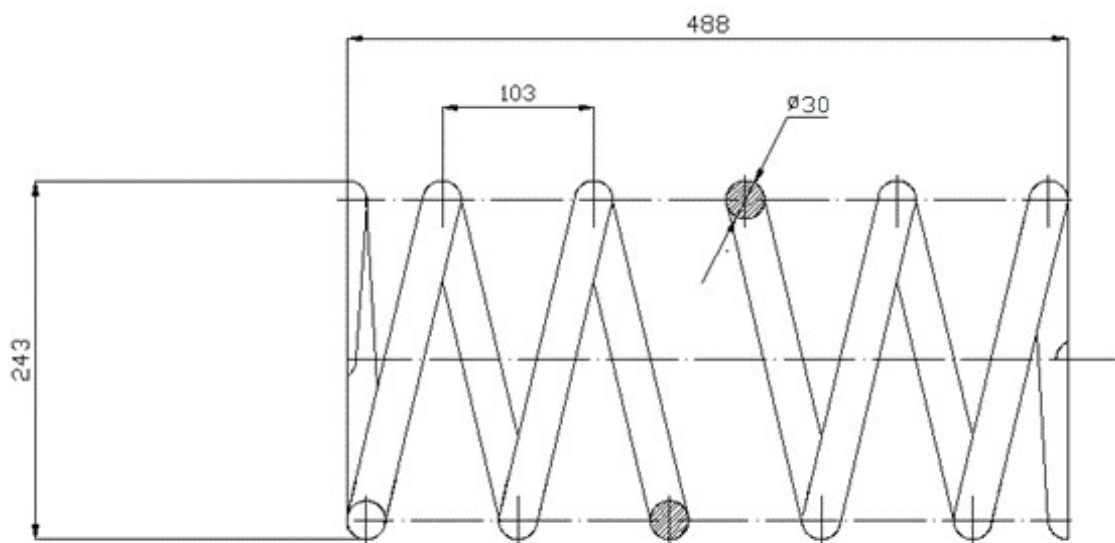


Рисунок 4.7 – Вита пружина амортизатора

Конструктивні параметри використаної витої пружини: довжина розгорнутої пружини $L_p = 1027$ мм, зовнішній діаметр $D_1 = 243$ мм, внутрішній діаметр $D = 213$ мм, діаметр дроту $d = 30$ мм, крок $t = 103$ мм, загальна кількість витків $n = 6$, кількість робочих витків $i = 4$, матеріал пружини – сталь 65Г ГОСТ 9369-60, модуль пружності $G = 8.2 \times 10^4$ МПа, густина сталі $\rho = 7800$ кг/м³.

Жорсткість пружини визначається за формулою [25]:

$$c = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot i} = 2.148 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Максимальне стиснення пружини:

$$X_{\max} = (t-d) \cdot i = 0.292 \text{ м}$$

Опір пружини стисненню та потенціальна енергія деформації визначені за формулами:

$$F(x_{\text{ст}}) = x_{\text{ст}} \cdot c \quad (4.6)$$

$$E_{\text{п}} = \frac{c \cdot x^2}{2} \quad (4.7)$$

Побудований графік силової характеристики витої пружини на якому показано зростання потенціальної енергії деформації пружини, реакції віддачі, сили опору стиснення від величини стиснення пружини на проміжку 0..0,3 м.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

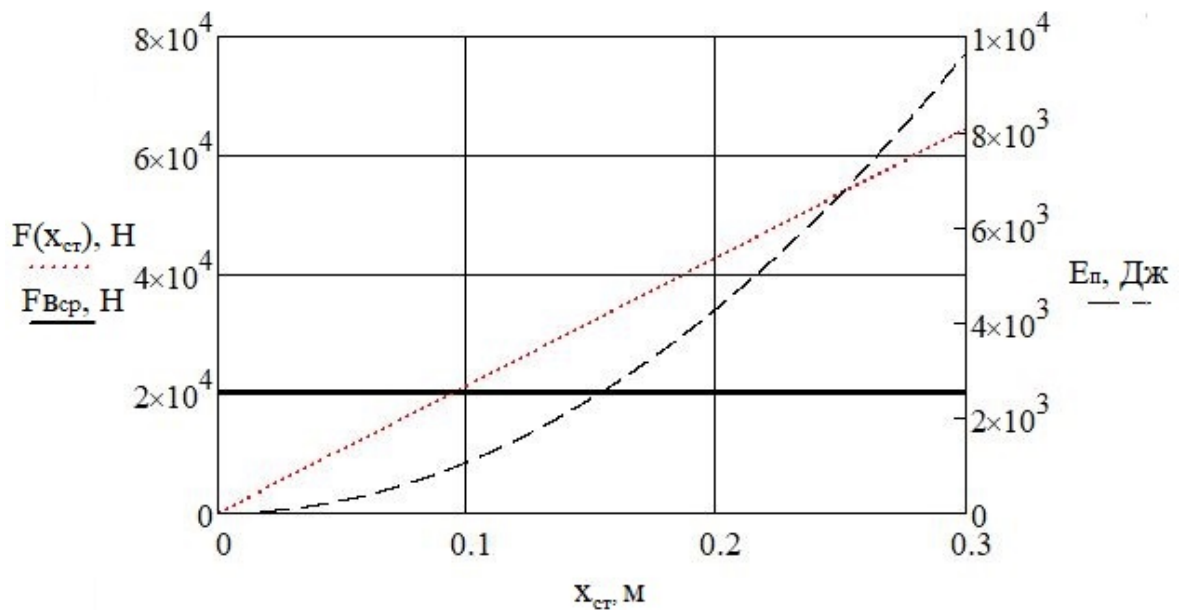


Рисунок 4.8 – Силова характеристика пружини

Максимальна сила опору стисненню пружини склала $F(0,3) = 6,44 \cdot 10^4$ Н, а потенціальна енергія деформації $E_п(0,3) = 9,65 \cdot 10^3$ Дж, сила реакції віддачі $F_{всп} = 2,02 \cdot 10^4$ Н, яка дає розуміння про те що дана пружина здатна гасити віддачу при роботі гідромолота.

4.3 Дослідження вимушених коливань

Для дослідження вимушених коливань знайдені наступні параметри: жорсткість пружини $c = 2,148 \cdot 10^5$ Н/м, маса гідромолотам = 830 кг, сила віддачі $F_{всп} = 2,02 \cdot 10^4$ Н. Частота зовнішніх навантажень складає при роботі гідромолота: $f = 3$ Гц.

Визначимо кутову швидкість за формулою:

$$\omega = f \cdot 2\pi, \text{ рад/с} \quad (4.8)$$

$$\omega = f \cdot 2\pi = 18,85 \text{ рад/с}$$

Для пружини визначимо частоту власних коливань:

$$\omega_{\text{в}} = \sqrt{\frac{c}{m}} = 16.08 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Переводимо в Гц:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = 2.56 \text{ Гц}$$

Згідно роботи [26] логарифмічний декремент затухання демпфера рівний $\ln(\Delta) = 0,336$, а коефіцієнт дисипації рівний:

$$k = \frac{\ln(\Delta) \cdot \omega}{\sqrt{4 \cdot \pi^2 + \ln(\Delta)^2}} = 0.86 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Частота власних затухаючих коливань:

$$k_1 = \sqrt{\omega^2 - k^2} = 16.064 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Оберемо результативну гармоніку із співвідношення:

$$n = \frac{k_1}{\omega} = 0,852$$

Приймаємо ціле число $n = 1$.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
						88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кінцеве розрахункове значення частоти зовнішніх навантажень:

$$\omega_p = \omega \cdot n = 18,85 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Прискорення поршня та переміщення в межах деформації пружини:

$$A = \frac{F_{\text{всп}}}{m} = 24,38 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$X_p = \frac{F_{\text{всп}}}{c} = 0,094 \text{ м}$$

4.4 Дослідження перехідного процесу

В якості моделі коливального процесу прийнята модель Кельвіна-Фойхта (рис. 4.9) [27].

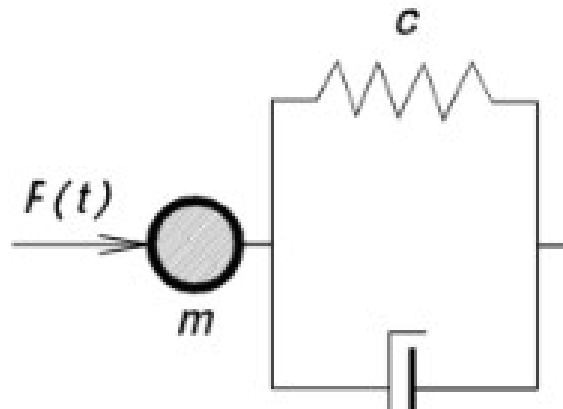


Рисунок 4.9 – Модель коливального процесу

Рівняння руху такої моделі описується наступним чином:

$$x'' + 2kx' + \omega^2 = N \sin \omega_1 t \quad (4.9)$$

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

Розв'язок даного неоднорідного рівняння:

$$X_{no}(t) = X_o(t) + X_{ch}(t) \quad (4.10)$$

Неоднорідне рівняння вироджується в однорідне:

$$x'' + 2kx' + \omega^2 = 0 \quad (4.11)$$

Розв'язком такого рівняння буде:

$$x = A \cdot e^{-kt} \sin(\omega \cdot t + \varphi_0), \quad (4.12)$$

де φ_0 – початкова фаза, яку приймаємо як $\varphi_0 = \pi/2$, A – переміщення в межах деформації пружини $A = 0.094$ м.

Визначення параметрів частинного розв'язку:

$$N = \frac{a(\omega^2 - \omega_1^2)}{(\omega^2 - \omega_1^2)^2 + 4 \cdot k^2 \cdot \omega_1^2} = -0.227$$

$$M = \frac{-2 \cdot k \cdot \omega_1 \cdot a}{(\omega^2 - \omega_1^2)^2 + 4 \cdot k^2 \cdot \omega_1^2} = -0.076$$

Амплітуда вимушених коливань:

$$A1 = \sqrt{M^2 + N^2} = 0.239 \text{ м}$$

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Початкова фаза:

$$\phi_1 = \arctg \left(\frac{M}{N} \right) = 0.324 \text{ рад}$$

Частинний розв'язок неоднорідного рівняння:

$$x_{ch(t)} = A1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t + \phi_1) \quad (4.13)$$

Загальний розв'язок неоднорідного рівняння:

$$x_{no(t)} = A1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t + \phi_1) \quad (4.14)$$

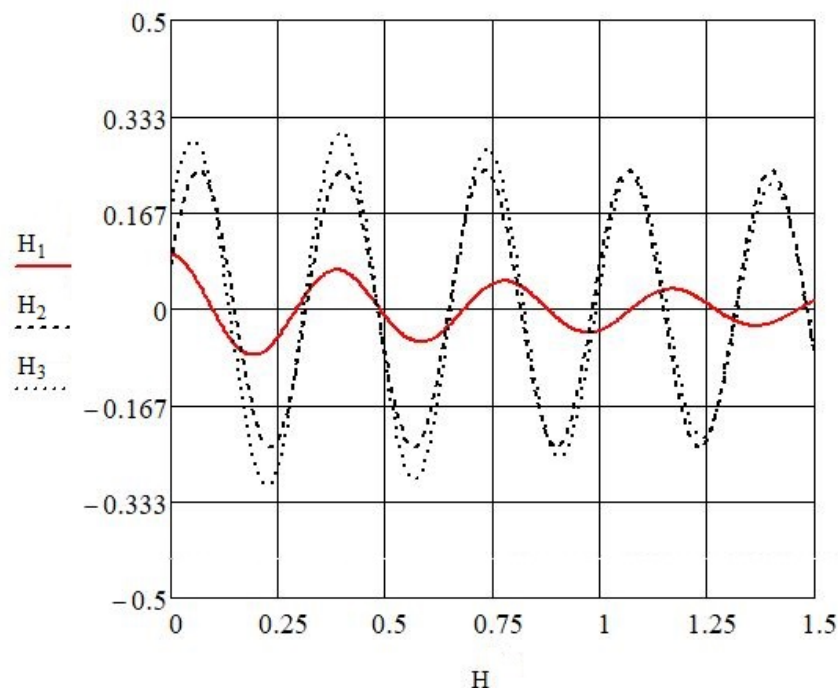


Рисунок 4.10 - Графіки складових перехідного процесу

На графіку зображені такі складові перехідного процесу: H1 – затухаючих коливань, H2 – гармонічних незатухаючих коливань, H3 – результуючих коливань.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

Проведемо дослідження коливань одномасової моделі за умов резонансу.

Графік функції в точці резонансу на проміжку 1,3 с:

$$x_q(t) = \frac{-a_1}{2 \cdot \omega_{1r}} \cdot t \cdot \cos(\omega_{1r} \cdot t) \quad (4.15)$$

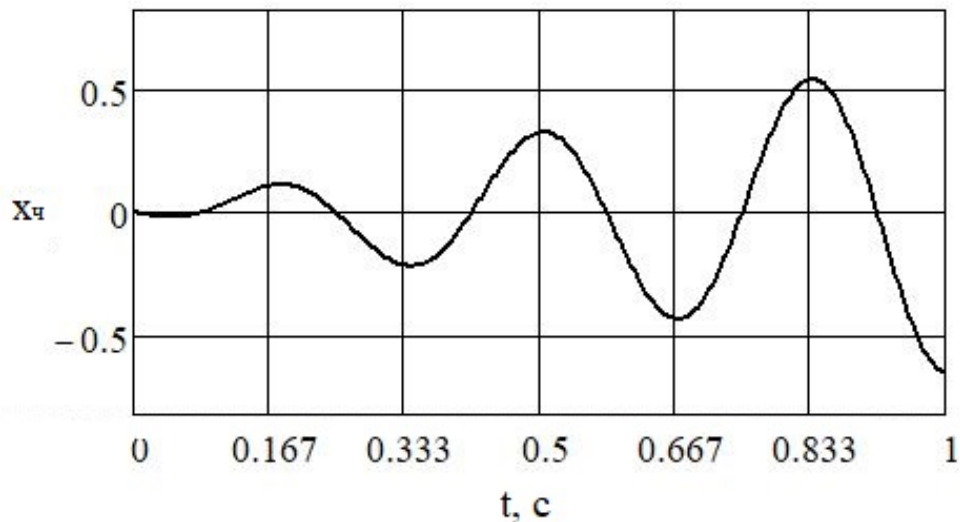


Рисунок 4.11 – Графік коливань в точці резонансу

З отриманого графіку видно що амплітуда коливань зростає з часом t , та має лінійний характер, що пояснюється незначним розсіюванням енергії.

Проведемо дослідження резонансу. Вхідні параметри: прискорення поршня $a_1 = 24.38 \text{ м/с}^2$, частота власних незатухаючих коливань амортизатора $\omega = 16,087 \text{ рад/с}$, коефіцієнт дисипації $k = 0.86 \text{ рад/с}$, частота власних незатухаючих коливань гідромолота $\omega_1 = 18,85 \text{ рад/с}$.

Діапазоном зміни частотного параметру для побудови графіку обрано таким $-q = 0, 0.001 \dots 2$.

Розраховуємо частотний параметр:

$$\alpha = \frac{2 \cdot k}{\omega} = 0.107$$

Визначаємо амплітуди вимушених коливань [28]:

$$A_{11}(q) = \frac{a_1}{\omega^2 \cdot \sqrt{(1 - q^2)^2 + \alpha^2 \cdot q^2}}$$

$$A_{12}(q) = \frac{a_1}{\omega^2 \cdot \sqrt{(1 - q^2)^2 + 0.3^2 \cdot q^2}}$$

$$A_{13}(q) = \frac{a_1}{\omega^2 \cdot \sqrt{(1 - q^2)^2 + 0.5^2 \cdot q^2}}$$

$$A_{14}(q) = \frac{a_1}{\omega^2 \cdot \sqrt{(1 - q^2)^2 + 0.7^2 \cdot q^2}}$$

Крива максимальних амплітуд:

$$A_{\max}(q) = \frac{a_1}{\omega^2 \cdot \sqrt{1 - q^4}} \quad (4.16)$$

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

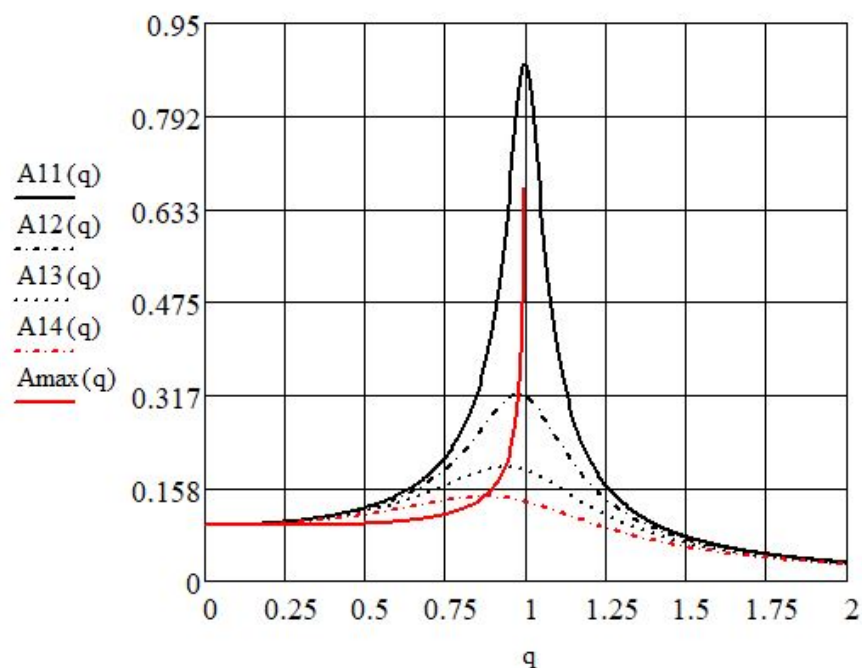


Рисунок 4.12 – Графік залежностей амплітуд вимушених коливань від значення частотного параметра q

Отримана амплітудно-частотна характеристика показує, що максимальна амплітуда коливань ударної машини досягається коли частотний параметр наближається до 1, а амплітуди вимушених коливань суттєво зростають, що говорить про те що система потребує встановлення динамічного гасника коливань для компенсації резонансних коливань які виникають при роботі інструменту.

Висновки за розділом

1. Проведене дослідження енергетичних характеристик акумулятора гідромолота дало змогу оцінити силу впливу на податчика-амортизатора та обрати раціональні параметри для подальшої його розробки. Визначено, що максимальна енергія зарядки акумулятора при максимальному реальному переміщенні поршня пневмоакумулятора $L(0,05) = 1,87$ кДж, а максимальний тиск досягає $p_a(0,08) = 1,295 \cdot 10^6$ Па. Сила реакції віддачі склала $F(0,08) = 4,047 \cdot 10^4$ Н при максимальному значенні зведення бойка.

2. Розрахунок силових характеристик пружини амортизатора показав, що її максимальна сила опору стисненню склала $F_{ст} = 6,44 \cdot 10^4$ Н, а потенціальна енергія деформації $E_{п} = 9,65 \cdot 10^3$ Дж, що говорить про те що пружина здатна витримати віддачу гідромолота.

3. Проведене моделювання та дослідження вимушених коливань, що виникають при роботі гідромолота, показало підвищення амплітуд коливань об'єкту в зоні резонансних частот, яка перевищує амплітуду коливань в джерелі вібрацій. Амплітуди коливань навколо точки резонансу значно зростають, тож для зменшення їх максимальних значень та усунення резонансу рекомендовано ввести динамічний гасник коливань.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Структура та функції служби охорони праці. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів.

Охороною праці називають систему правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Згідно Закону України від 14.10.1992 №2695-ХІІ «Про охорону праці» керівництво підприємство має створити систему управління охороною праці, і назначити відповідних осіб які мають забезпечувати вирішення конкретних питань, пов'язаних з безпекою на виробництві. Також обов'язково має проводитись контроль за додержанням вимог відповідних інструкцій та виконання функцій даної системи.

Система управління охороною праці має наступні основні функції:

- проведення ланових інструктажів з безпеки виробничого обладнання та устаткування, а також з надання першої медичної допомоги, залучення працівників до перевірок знань з питань охорони праці;
- забезпечення та контроль за належними умовами праці та стабільності виробничих процесів на підприємстві;
- попередження виникнення, своєчасне реагування та вирішення наслідків нещасних випадків і небезпечних ситуацій;
- ведення пропаганди безпечних методів та гігієни праці.

Служба з охорони праці створюється на підприємствах з кількістю працюючих не менше 50 осіб. В іншому випадку обов'язки можуть виконувати особи, що мають відповідну підготовку. Вона має бути інтегрована в локальну систему нормативної бази.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

Структура керування охороною праці є однаковою для усіх підприємств, відповідальність за невиконання вимог і норм несуть: - роботодавці та керівники підприємств; - керівники структурних підрозділів (начальник цеху, департаменту, керівник бригади, тощо) [29].

Гірничі роботи в кар'єрах тісно пов'язані з небезпечними технологічними процесами, тому мають чітко виконуватися згідно вимог чинного законодавства, а саме: Наказу від 23.03.2018 №61 «Правила охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом», «Правил безпечної експлуатації електроустановок», та вимог охорони праці. Для відкритих гірничих робіт можна встановити наступний перелік шкідливих факторів: шум та вібрація від роботи промислових машин, пил від добутих порід, гази від вибухових робіт.

Не менш важливим є окреслення ситуацій небезпечних для здоров'я людини: попадання в зону ураження вибухом, удар електричним струмом, травмування робочими органами гірничого обладнання при виконанні добутку копалин, падіння уламків порід або обвал ґрунту.

Небезпека підривних робіт полягає в тому, що людина може знаходитись на небезпечній відстані від зони вибуху, наражаючи себе на можливе ураження уламками каміння та іншими об'єктами.

При експлуатації промислових машин на підприємстві, що живляться від електромережі та мають електричний привід, робітник може ненавмисно отримати удар електричним струмом при контакті зі струмоведучими частинами або оголеним проводом. Електричний струм є вкрай небезпечним та шкідливим для серцево-судинної системи, нервової системи, м'язів людини і може призвести до опіків, електроофтальмії, фібриляції серця та інших фатальних наслідків для життєдіяльності організму.

Постійна робота гірничих верстатів, екскаваторів та самоскидів призводить до того, що в повітрі постійно знаходяться частки пилу. Високодисперсний пил, розміром 0.1 – 10 мкм, потрапляючи в легені порушує процес дихання та при

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

тривалому впливі може призвести до ускладнення роботи дихальних шляхів, погіршення наявних захворювань дихальних шляхів, появи патології легень, таких як астма. Тому важливим є використання респіраторів та інших засобів захисту від часток пилу і дотримання вимог безпеки роботи в шкідливих середовищах.

Також слід згадати і про можливість зіткнень робочого обладнання при недотриманні правил безпеки, випадкові нещасні випадки при розвантаженні та завантаженні самоскидів, наїзди на працівників, тощо.

Шкідливе середовище, утворене постійною розробкою кар'єру, створює необхідність приділення великої уваги санітарно-гігієнічним нормам й безпечним умовам праці, згідно діючих норм законодавства України. Вони були забезпечені проектними рішеннями.

5.2 Заходи захисту від шкідливих та небезпечних факторів

5.2.1 Основні заходи безпеки роботи в кар'єрі

До роботи з транспортними та гірськими машинами допускають робітників, які пройшли інструктаж з безпеки, склали іспити про відповідні знання, мають посвідчення водія. Перед експлуатацією обладнання необхідно провести його огляд на справність. Перевірити чи працюють без збоїв сигнальні пристрої, вимірювальна апаратура, гальма, чи захищені механізми від навмисного потрапляння об'єктів, знаходяться в швидкому доступі до засобів пожежогасіння. Технічне обслуговування відбувається лише за наявності захисного обладнання, яке гарантує безпеку роботи.

Необхідним є подача відповідних світлових або звукових сигналів при переміщенні та пуску машин, з якими робітники мають бути ознайомлені.

В рамках проекту передбачені заходи для забезпечення дотримання правил безпеки праці:

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
						98
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- кожен робітник, що працює в кар'єрі, повинен пройти обов'язковий первинний інструктаж з безпеки обладнання та устаткування та періодичний (раз в рік) – з надання домедичної екстренної допомоги, а також проходити періодичний медичний огляд та відмічати це у спеціальному журналі;
- небезпечні місця, такі як: провали, вирви, зумпфри – мають бути позначеними застерігаючими знаками та освітлюватись вночі. Недіючі виробки мають бути надійно перекриті;
- гірничі, будівельні та транспортні машини, після закінчення робіт, мають бути доставлені в безпечне місце з опущеними робочими органами та знеструмлені;
- не дозволено захащення робочих місць та підходів до місця вибою будь-якими предметами;
- козирки та уступи мають бути зруйновані наявним обладнанням [30].

5.2.2 Заходи безпеки при роботі транспортними засобами та екскаваторами

При русі екскаватора по горизонтальній площині або підйому – вісь ведуча повинна знаходитися позаду, а при спуску з ухилу - попереду. Ківш повинен бути порожнім і утримуватися на відстані 1 м від землі, стріла повинна бути встановлена вздовж екскаватора. Перегін машини здійснюється за постійної сигналізації з боку помічника машиніста, який має знаходитись у зоні його видимості. При завершенні робіт екскаватор повинен бути відключеним від мережі, закритим, ківш опущеним на землю.

Екскаватор має бути розташований на твердій основі і ходовою частиною повністю контактувати з поверхнею. Робота екскаватора під нависаючою гірською масою заборонена. При загрозі обвалу або сповзанні гірської маси робота екскаватора має бути припинена, а екскаватор переміщений у безпечне місце. Працівники повинні знаходитись подалі від зони дії ковша.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

Канати стріли мають періодично оглядатись відповідальною особою, та мати не більше 15% пошкоджених дротин. Пошкоджені дротини мають бути обрізаними, а канат перевірений на міцність. Живильний кабель екскаватора повинен бути обгорнутий гофрою або бути прокладеним на опорах в 15 м від машини [30].

Буровий верстат встановлюється на майданчику уступу поза призмою обвалення, а під час буріння першого ряду - гусениці верстата повинні знаходитись у 2ох метрах від бровки уступу. Заборонено підставляти шматки порід під домкрат верстату.

При переміщенні бурових верстатів потрібно знімати робочий інструмент та опускати щогла. Машиніст повинен керувати буровим верстатом за допомогою переносного пульта і стояти поодаль від шляху переміщення верстату.

Шнек верстату обертального буріння з немеханізованим монтажем та демонтажем бурового ставу і очисткою устя свердловин повинен бути огороженим і об'єднаним, з подачею електроживлення на двигун обертального пристрою. Якщо несправні обмежувач перепідйому бурового снаряда, а також якщо несправні гальма лебідки і система пилопридушення, то робота на такому верстаті **не дозволяється**. Канатні замки повинні мати протилежні напрямки скрутки пасма каната та нарізки різьбових з'єднань бурового інструменту.

До експлуатації транспортних засобів та гірничих машин допускаються працівники, що мають цільову кваліфікацію та пройшли навчання з питань охорони праці згідно НПАОП 0.00-4.12-05 і мають посвідчення водія гірничої або транспортної машини. Зона розвантаження самоскидів має бути позначена відповідною табличкою зеленого кольору. Відстань між транспортними засобами при розвантаженні повинна складати не менше 5 м. Швидкість руху транспорту в місці розвантаження не повинна перевищувати 10 км/год. Розвантаження поблизу місця роботи екскаватора заборонене.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		100

Дороги кар'єру повинні постійно обслуговуватись, адже це дозволить підвищити ефективність роботи підприємства та зменшить витрати на обслуговування транспорту. За нормативними вимогами дороги потрібно посипати піском в ожеледь та прибирати сніг в зимову пору, також зволожувати влітку і прибирати багно. Рух транспорту по кар'єрним дорогам проходить без обгону. Залишати машини на схилах заборонено, а також заводити двигун. Проїзд через кабельні лінії та рух машини з піднятим кузовом не дозволено [30].

5.2.3 Заходи безпеки та боротьби з шкідливим впливом шуму та вібрації

Вібраційний вплив на тіло людини є дуже вагомим фактором у питанні безпеки праці. Вібрації – це механічні коливання робочих органів машин, які передаються тілу людини, коли вона взаємодіє з ними. Такі коливання розповсюджуються по всьому тілу, викликаючи втому, порушення роботи ССС, деформації м'язів та кісток, тощо. Особливу чутливість організм людини має до вертикальних вібрацій. Наприклад вібрації частотою у 6 Гц визначають як резонансні для всього організму [31].

До заходів боротьби з шкідливим впливом вібрацій належать: встановлення віброізоляторів в робочі механізми машин, своєчасне обслуговування механізмів, вібродемпферування, використання засобів індивідуального захисту, періодичні перерви при роботі з обладнанням яке створює вібраційний вплив.

Згідно державних санітарних норм, затверджених наказом МОЗ України від 22.02.2019 №463, шум це сукупність звуків різних частот та тональностей яка викликає неприємні відчуття. Для боротьби з шумом запропонована низка заходів: використання звукопоглинаючих матеріалів в конструкціях механізмів машин, змащення деталей, використання навушників, глушників, а також режим праці та відпочинку, проведення медоглядів.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

5.3. Електробезпека

Електробезпека на підприємстві забезпечується згідно вимог зазначених у Наказі Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 6 жовтня 1997 року № 257 зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 13 січня 1998 р. за № 11/2451 «Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок». Кожен працівник, який виконує роботи в електроустановках, повинен мати відповідний допуск до роботи та пройти навчання і перевірку знань. Обслуговування електроустановок відбувається із застосуванням захисних засобів, які виключають ураження робітника струмом (діелектричні черевики та рукавиці, діелектричний килим, ізолюючі підставки), захисні окуляри, кігті, монтажні пояси, шоломи, захисне заземлення, індикатори напруги. Захисне обладнання та засоби індивідуального захисту повинні піддаватися періодичному випробуванню у встановлені терміни, а також перевірятись на справність і строк працездатності перед застосуванням [32].

Електропостачання кар'єру має в своєму складі пересувні електроустановки, що живляться від силових трансформаторів з ізолюваною нейтраллю. Вони повинні бути обладнані реле витоку на землю з автоматичним вимкненням електроустановки при виникненні струмів витоку. Час спрацювання на вимкнення пошкодженої лінії не повинен перевищувати 200 мс.

Так як гірничі машини тісно пов'язані з оперативним вмиканням та вимкненням електроустановок – машиністи та їхні помічники повинні мати допуск з електробезпеки. При напрузі більше 1 кВ: машиніст - IV група, помічник – не нижче III групи. При напрузі нижче 1 кВ: машиніст – III група, помічник – не нижче II групи [32].

Усі відхідні фідери напругою вище 1 кВ, що живлять пересувні електроустановки, повинні бути обладнані апаратурою автоматичного вимкання ліній при однофазних і багатофазних замиканнях на землю. Повинен бути впроваджений двоступеневий захист від однофазних замикань на землю.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

Перевірку ступенів захисту прийнято: I ступінь захисту - не менше ніж один раз на шість місяців, II ступінь захисту - не менше одного разу на рік.

5.4 Протипожежна безпека

Протипожежні заходи повинні бути забезпечені на усіх видах гірничих підприємств, вони мають запобігати виникненню пожеж та у випадку виникнення - максимально швидко локалізувати та ліквідувати пожежу на початковій стадії. Правила пожежної безпеки в Україні затверджені Наказом Міністерства внутрішніх справ України 30 грудня 2014 року № 1417, який зареєстровано в Міністерстві юстиції України 05 березня 2015 р. за №252/26697.

Організаційні заходи, які керівництво підприємства мають запровадити для забезпечення пожежної безпеки включають: проведення навчання, інструктаж і в працівників і з протипожежної безпеки; створення підрозділу або осіб відповідальних за пожежну безпеку підприємства; розробка інструкцій щодо протипожежного режиму підприємства; періодичний контроль стану протипожежного обладнання та інвентаря; створення системи оповіщення про пожежу та розробка плану евакуації персоналу.

Не менш важливими є і заходи з впровадження технічних засобів щодо дотримання протипожежного режиму на підприємстві, які включають конкретні проектні та технічні рішення. Серед них: освітлення протипожежного обладнання та встановлення засобів пожежогасіння безпосередньо на робочому обладнанні (екскаваторах, бурових верстатах); підтримка робочого обладнання та машин в задовільному технічному стані та періодична перевірка і обслуговування; контроль технічного стану електрообладнання та забезпечення його інвентарем для пожежогасіння згідно норм і вимог.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

Висновки за розділом

1. Система охорони праці забезпечує безпосередню безпеку праці на підприємствах, включаючи Малинський кар'єр. Важливими аспектами з впровадження безпеки праці є проведення періодичних інструктажів та перевірка персоналу щодо знань правил і вимог безпеки праці на виробничому підприємстві, своєчасне вирішення питань з обслуговування виробничих машин, ведення обліку щодо проходження працівниками медичних комісій. Всі ці речі дозволять оптимізувати роботу підприємства та забезпечити здорове робоче середовище.

2. Надано рекомендації до забезпечення належного захисту та уникнення небезпечних факторів під час роботи на підприємстві. Наведено основні небезпечні фактори та вимоги до роботи з механічним обладнанням, яке застосовується в Малинському кар'єрі, а саме: бурові верстати, екскаватори, самоскиди. Дано характеристику шкідливому впливу шуму та вібрацій на людину.

3. Заходи з електробезпеки включають періодичне, сплановане завчасно, обслуговування електричних приладів і з використанням засобів індивідуального захисту, правильне проектування системи електропостачання з дотриманням правил зазначених у відповідних нормативних документах. Також кожен працівник повинен проходити періодичну перевірку знань з техніки безпеки під час обслуговування та користування електроустановками, і мати відповідний рівень допуску.

4. Пожежна безпека запроваджується згідно чинних вимог законодавства, та включає заходи з навчання персоналу щодо реагування на надзвичайні ситуації та встановлення засобів пожежогасіння в необхідних місцях.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
						104
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Малинський гранітний кар'єр є одним із провідних постачальників граніту для будівельної промисловості Житомирської області. Підприємство має в своєму розпорядженні кар'єр площею в 72 гектари для видобутку граніту буропідривним методом та перетворення його у щебінь та бутове каміння різних фракцій. Щорічний видобуток оцінюється у 1,14 млн м³. В своєму парку техніки підприємство має, як радянські бурові верстати типу СБШ та екскаватори ЕКГ-5, так і сучасні екскаватори Volvo та навантажувачі САТ 998 G та самоскиди БелАЗ. Запропоноване використання комплексу екскаватора з встановленим на ньому гідромолотом типу ГПМ для ефективного та економічно вигіднішого дроблення негабаритів.

Розрахована система електропостачання кар'єру показала що річні витрати активної та реактивної потужностей склали $1,183 \cdot 10^7$ кВт · год, та $8,096 \cdot 10^6$ кВАр · год відповідно. За розрахунком компенсації реактивної потужності обрані відповідні компенсаційні установки для лівого та правого крил кар'єру. Використані трансформатори марки ТМ-2500/6 та ТМ-1600/6 були обрані згідно сумарного навантаження електроприймачів, за тим же принципом обрані силові трансформатори для кожного електроприймача окремо, а саме трансформатори марок ТМ-400/6 та ТМ-160/6. Автоматичні вимикачі марки ВМПШ, трансформатори струму типу ТПЛК були обрані за умови тривалої роботи (за номінальним струмом та напругою) і перевірені для режиму КЗ на термічну та динамічну стійкість, які задовольняють нормативним вимогам, забезпечуючи необхідний рівень захисту споживачів. Використана комірка ЯКНО-6 для приєднання до внутрішньо кар'єрної мережі 6кВ забезпечує мобільність та безперебійність системи живлення обладнання при динамічному фронті робіт.

Аналіз сучасних рішень щодо модернізації гідроімпульсних систем, а саме гідромолотів, дозволив зробити висновок, що актуальною проблематикою для покращення безпеки та ефективності роботи гідромолотів є максимізація усунення впливу шкідливих вимушених коливань та вібрацій, що виникають при ударі інструменту в гірський масив. Наукові розробки включають встановлення у

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

конструкції гідромолотів додаткових антирезонансних пристроїв, а також системи для ситуативного регулювання зарядом пневмоакумулятора. Розроблена адаптивна система гідромолота з електрогідравлічним керуванням за допомогою програмованого ПЛК та з використанням податчика-амортизатора для гасіння вібрації та віддачі, також така система дозволяє притискати гідромолот до гірського масиву для уникнення з'їжджання інструменту та подальшого пошкодження робочого органа машини з гідромолотом.

Дослідження енергетичних параметрів пневмоакумулятора гідромолота дозволило обрати раціональні параметри для вибору пружини та пружно-диссипативного елемента. Проведене моделювання та дослідження вимушених коливань, що виникають при роботі гідромолота, показало підвищення амплітуд коливань об'єкту в зоні резонансних частот, яка перевищує амплітуду коливань в джерелі вібрацій. Амплітуди коливань навколо точки резонансу значно зростають, тож для зменшення їх максимальних значень та усунення резонансу рекомендовано ввести динамічний гасник коливань в конструкцію існуючого податчика-амортизатора.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. АТ «Малинський каменедробильний завод».[Електронний ресурс]Режим доступу: <https://mkdz.com.ua/> (дата звернення 07.05.2024).
2. Диняк С.В., Ткачук К.К. Розробка циклічно-поточної технології виробництва щебеню на гранітних кар'єрах: дисертація. Київ: НТУУ «КПІ», 2016. 146 с.
3. В.Г. Кравець, А. Шукюров, К.Ю. Вахрушев. Оцінка ефективності руйнування гідромолотом негабаритів природного каменю [Електронний ресурс] // Вісник ЖДТУ Серія «Технічні науки». – 2017. – № 2(80). – Режим доступу: <http://vtn.ztu.edu.ua/article/view/118421> (дата звернення 24.05.24).
4. Єфімов В.Н., Цветков В.Н., Садовніков Е.М. Кар'єрні екскаватори: Довідник працівника: Вид-во Надра, 1994. 381 с.
5. Подерні Р. Ю. Гірничі машини та комплекси для відкритих робіт: Підручник для вузів - 2-ге вид., перероб. і доп.- М.: Надра. 1985 -544 с.
6. А.В. Раннєв, В.Ф. Корелін, А.В. Жоворонков: Будівельні машини: Довідник: Том 1: Машини для будівництва промислових, цивільних споруд та доріг /За ред. Е.Н. Кузіна – К.: Машинобудівництво, 1991. – 496 с.
7. Проектування електропостачання та електрообладнання машин і установок геотехнічних виробництв: Навчальний посібник для курсового та дипломного проектування: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних виробництв» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: І. С. Рябенко, О. В. Мейта.– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 244 с.
8. Електричні мережі та системи: Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. П. Шевчук, О. В. Мейта. – Електронні текстові данні (1 файл: 4,46 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.– 167 с.

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		107

9. Електричні мережі та системи: Розрахункова робота [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних виробництв» та «Інжиніринг автоматизованих електротехнічних комплексів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. П. Шевчук, О. В. Мейта. – Електронні текстові данні (1файл: 6,99 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019.– 50 с.
10. Енергоспецсервіс ВП. Ячейка кар’єрна ЯКНО-6(10) [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://energyservisvp.kr.ua/ua/p1416160771-yachejka-karyerna-yakno.html> (дата звернення 21.05.2024).
11. В.М. Сліденко, С.П. Шевчук. Електрогідравлічна адаптивна гідроімпульсна система. Журнал: Енергетика: економіка, технології, екологія. 2020. № 3. Київ 2020.
12. Замараєва О.В., В.М. Сліденко, С.П. Шевчук. Адаптивні виконавчі органи машин мультиплікаторної дії. Вісник КДПУ ім. Михайла Остроградського. 2008. № 4. Київ 2008.
13. Made-in-China [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://soosanheavy.en.made-in-china.com/product/OwltsaVTfZpD/China-Soosan-Concrete-Rock-Stone-Hydraulic-Breaker-Sq10-for-Excavator-Heavy-Equipment.html> (дата звернення 24.05.2024).
14. JCB. Contractor Breaker Range. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.jcb.com/en-us/attachments/hydraulic-breakers/contractor-breaker-range> (дата звернення: 24.05.2024).
15. Ukrtehsnab. RHINO Breaker 135. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://ukrtehsnab.com/product/gidromoloty/rhino-breaker-135/> (дата звернення: 24.05.2024).
16. Brokk. Breakers. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.brokk.com/product-attachment/breakers/> (дата звернення: 24.05.2024).

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		108

- 17.Сліденко В.М., Шевчук С.П., Замараєва О.В., Лістовщик Л.К. Адаптивне функціонування імпульсних виконавчих органів гірничих машин: монографія. Київ: НТУУ "КПІ", 2013. 180 с .
18. Дідур В.А., Журавель Д.П., Палішкін М.А., Міщенко А.В., Борхаленко Ю.О. Гідравліка. Підручник. - 2015. – 546 с.
- 19.Ковальов М. О., Єгорова І. М. Гідравліка і гідропривід: Конспект лекцій. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – 74 с.
- 20.Hydraulic UA. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://hydraulic.ua/gidrorozpodiluvach-4we-10e-3-kh-poz.-24v-315-bar-120-l-min-oleodinamica-mozioni> (дата звернення: 27.05.2024).
- 21.RTSUkraine. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.rts.ua/rus/catshop/626/0/26285/delta-electronics/> (дата звернення: 27.05.2024).
- 22.Сліденко В.М. Шевчук С.П. Стабілізація функціонування гірничої машини з імпульсним виконавчим органом: монографія. Київ: НТУУ "КПІ", 2010. 192с.
- 23.Сліденко В.М. , Розвиток наукових основ стабілізації ударно-хвильових процесів гідроімпульсних систем гірничих машин: док.тех. наук : Київ, 2019, 492 с.
24. Москофіді Р.А., Янцен І.А., Комов Ю.К. Алгоритм оптимізації динамічної системи «базова машина – ударний орган – середовище обробки» // Сб. «Будівельно-дорожні машини та механізми». Караганда, КПТІ, 1976, №2. с. 20-25.
- 25.Навчальний посібник до курсового та дипломного проектування для студентів механічних спеціальностей. Розрахунок пружин, ресор та пружних амортизаторів / Роганов Л.Л., Карнаух С.Г. – Краматорськ: ДДМА, 2000. – 112 с.
- 26.Осипова Т. Н. Коэффициент диссипации резинометаллического демпфирующего устройства в канатах подъемников / Т. Н. Осипова, А. П. Нестеров, Л. А. Родионов // Машинобудування. - 2014. - № 14. - С. 24-29. -

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		109

Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mashbud_2014_14_6. (дата звернення 01.06.24).

27. Сліденко В.М. Математичне моделювання ударно-хвильових процесів гідроімпульсних систем гірничих машин: монографія / В.М. Сліденко, – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во —Політехніка, 2017. – 220 с.
28. В.П. Бригінець, С.О. Подласов. Курс фізики для бакалаврів. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://physics.zfftt.kpi.ua/>(дата звернення: 02.06.2024).
29. Про охорону праці: Закон України. Верховна Рада України (ВРУ), 1992, № 2694-XXI [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (Дата звернення 15.05.2024).
30. Про затвердження Правил охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом : Наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. Верховна Рада України (ВРУ), 2010, № 61 [Електронний ресурс]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0356-10#Text> (Дата звернення 15.05.2024).
31. Фахівець Управління Держпраці – про шкідливий вплив виробничої вібрації на здоров'я людини [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://te.dsp.gov.ua/fahivets-upravlinnya-derzhpratsi-pro-shkidlyvyj-vplyv-vyrobnychoyi-vibratsiyi-na-zdorov-ya-lyudyny> (Дата звернення 15.05.2024).
32. Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок: Наказ Державного комітету України по нагляду за охороною праці. Верховна Рада України (ВРУ), 1994, № 19 [Електронний ресурс]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98#Text> (Дата звернення 15.05.2024)

					ОА-п11.02.2183-С.002.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		110

